

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5445044号
(P5445044)

(45) 発行日 平成26年3月19日 (2014. 3. 19)

(24) 登録日 平成26年1月10日 (2014. 1. 10)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/31 (2006. 01)
C 2 3 C 16/455 (2006. 01)H O 1 L 21/31 B
C 2 3 C 16/455

請求項の数 15 (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2009-258644 (P2009-258644)
 (22) 出願日 平成21年11月12日 (2009. 11. 12)
 (65) 公開番号 特開2011-100956 (P2011-100956A)
 (43) 公開日 平成23年5月19日 (2011. 5. 19)
 審査請求日 平成24年7月4日 (2012. 7. 4)
 (31) 優先権主張番号 特願2009-233047 (P2009-233047)
 (32) 優先日 平成21年10月7日 (2009. 10. 7)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2008-292508 (P2008-292508)
 (32) 優先日 平成20年11月14日 (2008. 11. 14)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000219967
 東京エレクトロン株式会社
 東京都港区赤坂五丁目3番1号
 (74) 代理人 100091513
 弁理士 井上 俊夫
 (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 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

審査官 大塚 徹

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】

真空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の表面に供給しかつこの供給サイクルを実行することにより反応生成物の層を多数積層して薄膜を形成する成膜装置において、

前記真空容器内に設けられた回転テーブルと、

この回転テーブルに基板を載置するために設けられた基板載置領域と、

前記回転テーブルの回転方向に、当該回転テーブル上方に互いに離れて固定して設けられ、夫々基板に第1の反応ガス及び第2の反応ガスを供給するための第1の反応ガス供給手段及び第2の反応ガス供給手段と、

前記第1の反応ガスが供給される第1の処理領域と第2の反応ガスが供給される第2の処理領域との雰囲気とを分離するために前記回転方向においてこれら処理領域の間に位置し、分離ガスを供給する分離ガス供給手段が設けられた分離領域と、

前記真空容器内を真空排気するための排気口と、
を備え、

前記第1の反応ガス供給手段及び第2の反応ガス供給手段の少なくとも一方は、前記基板載置領域の移動方向と交差するように伸びると共に、前記回転テーブルに向けて反応ガスを吐出する吐出孔が、その長さ方向に沿って形成されたガスノズルとして構成され、

前記ガスノズルの上方側には、分離ガスを通流させるための通流空間が形成され、

前記ガスノズルにおける前記回転方向の上流側及び下流側の少なくとも一方にはガスノ

ズルの長さ方向に沿った整流部材を備えたことを特徴とする成膜装置。

【請求項 2】

前記整流部材は、前記ガスノズルにおける回転方向の前記上流側及び前記下流側の両方に設けられていることを特徴とする請求項 1 記載の成膜装置。

【請求項 3】

各整流部材は回転テーブルの中心部側から離れる部位ほど前記回転方向の幅が大きいことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の成膜装置。

【請求項 4】

前記整流部材の平面形状は扇型に形成されていることを特徴とする請求項 3 記載の成膜装置。

【請求項 5】

前記分離領域は、前記分離ガス供給手段の前記回転方向両側に位置し、当該分離領域から処理領域側に分離ガスが流れるための狭隘な空間を回転テーブルとの間に形成するための天井面を備えたことを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか一つに記載の成膜装置。

【請求項 6】

前記第 1 の処理領域と第 2 の処理領域との雰囲気とを分離するために真空容器内の中心部に位置し、回転テーブルの基板載置面側に分離ガスを吐出する吐出孔が形成された中心部領域が設けられたことを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか一つに記載の成膜装置。

【請求項 7】

前記中心部領域は、回転テーブルの回転中心部と真空容器の上面側とにより区画され、分離ガスがパージされる領域であることを特徴とする請求項 6 記載の成膜装置。

【請求項 8】

前記排気口は、分離領域の両側に拡散する分離ガス及び前記中心部領域から吐出する分離ガスと共に前記反応ガスを排気するように設けられていることを特徴とする請求項 7 記載の成膜装置。

【請求項 9】

前記排気口は、各反応ガスの排気を専用に行うために、平面で見たときに前記分離領域の前記回転方向両側に設けられていることを特徴とする請求項 1 ないし 8 のいずれか一つに記載の成膜装置。

【請求項 10】

前記分離ガス供給手段は分離ガスを吐出するためのガス吐出孔を備え、この吐出口は、回転テーブルの回転中心部及び周縁部の一方側から他方側に向かって配列されていることを特徴とする請求項 1 ないし 9 のいずれか一つに記載の成膜装置。

【請求項 11】

前記分離領域の天井面における真空容器の外縁側の部位は、前記回転テーブルの外端面に対向するように屈曲して真空容器の内周壁の一部を構成し、当該天井面の屈曲部位と前記回転テーブルの外端面との隙間は、反応ガスの侵入防止効果が得られる寸法に設定されていることを特徴とする請求項 1 ないし 10 のいずれか一つに記載の成膜装置。

【請求項 12】

前記分離領域の天井面において、前記分離ガス供給手段に対して回転テーブルの相対的回転方向の上流側部位は、外縁に位置する部位ほど前記回転方向の幅が大きいことを特徴とする請求項 1 ないし 11 のいずれか一つに記載の成膜装置。

【請求項 13】

真空容器内にて複数の基板を載置した回転テーブルを回転して、
前記基板が複数の異なる処理領域に供給された反応ガスと順次接触することにより、前記基板の表面に薄膜を形成する成膜装置において、

前記複数の処理領域の間に設けられ、異なる反応ガスが前記基板表面から離れた空間で反応することを防止する分離ガスを供給する分離領域と、

前記処理領域の天井から離間して基板近傍において基板の方向に反応ガスを供給する反応ガス供給手段と、

10

20

30

40

50

前記分離領域から前記処理領域に流入した分離ガスが前記反応ガス供給手段と前記基板との隙間に流入して前記基板に供給される反応ガスの濃度が低下することを抑制する整流部材と

前記処理領域の天井と、前記反応ガス供給手段との間に設けられ、前記整流部材により分離ガスがガイドされる通流空間と、

を設けたことを特徴とする成膜装置。

【請求項 14】

前記回転テーブルに載置された基板表面から前記処理領域の天井の高さは、前記回転テーブルに載置された基板表面から前記分離領域の天井よりも高く形成されていることを特徴とする請求項 13 記載の成膜装置。

10

【請求項 15】

複数の異なる反応領域に於いて、処理領域の天井の高さは、前記処理領域に供給される反応ガスの種類、供給されるガス量に応じて夫々選択的に決められることを特徴とする請求項 13 または 14 記載の成膜装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、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の表面に供給しかつこの供給サイクルを多数回実行することにより反応生成物の層を多数積層して薄膜を形成する成膜装置に関する。

20

【背景技術】

【0002】

半導体製造プロセスにおける成膜手法として、基板である半導体ウエハ（以下「ウエハ」という）等の表面に真空雰囲気下で第 1 の反応ガスを吸着させた後、供給するガスを第 2 の反応ガスに切り替えて、両ガスの反応により 1 層あるいは複数層の原子層や分子層を形成し、このサイクルを多数回行うことにより、これらの層を積層して、基板上への成膜を行うプロセスが知られている。このプロセスは、例えば A L D (Atomic Layer Deposition) や M L D (Molecular Layer Deposition) などと呼ばれており、サイクル数に応じて膜厚を高精度にコントロールすることができると共に、膜質の面内均一性も良好であり、半導体デバイスの薄膜化に対応できる有効な手法である。

30

【0003】

このような成膜方法が好適である例としては、例えばゲート酸化膜に用いられる高誘電体膜の成膜が挙げられる。一例を挙げると、シリコン酸化膜 (SiO_2 膜) を成膜する場合には、第 1 の反応ガス (原料ガス) として、例えばビスターシャルブチルアミノシラン (以下「B T B A S」という) ガス等が用いられ、第 2 の反応ガス (酸化ガス) としてオゾンガス等が用いられる。

【0004】

このような成膜方法を実施する装置としては、真空容器の上部中央にガスシャワーヘッドを備えた枚葉の成膜装置を用いて、基板の中央部上方側から反応ガスを供給し、未反応の反応ガス及び反応副生成物を処理容器の底部から排気する方法が検討されている。ところで上記の成膜方法は、パージガスによるガス置換に長い時間がかかり、またサイクル数も例えば数百回にもなることから、処理時間が長いという問題があり、高スループットで処理できる装置、手法が要望されている。

40

【0005】

上述の背景から、複数枚の基板を真空容器内の回転テーブルに回転方向に配置して成膜処理を行う装置を用いて A L D または M L D を行うことが検討されている。より具体的に、このような成膜装置では、例えば前記真空容器内の回転テーブルの回転方向に互いに離れた位置に夫々異なる反応ガスが供給されて成膜処理が行われる処理領域が複数形成され、また、前記回転方向において処理領域と処理領域との間の領域は、これら処理領域の雰囲気を分離するための分離ガスが供給される分離ガス供給手段を備えた分離領域として構

50

成される。

【 0 0 0 6 】

成膜処理時には、前記分離ガス供給手段から分離ガスが供給され、その分離ガスが回転テーブル上を回転方向両側に広がり、分離領域にて各反応ガス同士の混合を阻止するための分離空間が形成される。そして、処理領域に供給された反応ガスは例えばその回転方向両側に広がった分離ガスと共に真空容器内に設けられた排気口から排気される。このように処理領域にて処理ガスを、分離領域にて分離ガスを夫々供給する一方で、前記回転テーブルを回転させてそのテーブルに載置されたウエハを一の処理領域から他の処理領域へ、他の処理領域から一の処理領域へと交互に繰り返し移動させ、A L DまたはM L D処理を行う。このような成膜装置では、上記のような処理雰囲気におけるガス置換が不要になり、また複数枚の基板に同時に成膜することができるので、高いスループットが得られることが見込まれる。

10

【 0 0 0 7 】

特許文献 1 には、扁平な円筒状の真空容器を左右に分離し、左側半円の輪郭と右側半円の輪郭の間、つまり真空容器の直径領域には分離ガスの吐出口が形成された成膜装置について記載されている。また、特許文献 2 には、ウエハ支持部材（回転テーブル）の上に回転方向に沿って 4 枚のウエハを等距離に配置する一方、ウエハ支持部材と対向するように第 1 の反応ガス吐出ノズル及び第 2 の反応ガス吐出ノズルを回転方向に沿って等距離に配置しかつこれらノズルの間に分離ガスノズルを配置し、ウエハ支持部材を水平回転させて成膜処理を行う装置の構成が記載されている。しかしこれらの特許文献の成膜装置において、後述の処理領域における反応ガスの濃度及び基板への接触時間が低下する結果として、基板への成膜速度が低下するという問題は記載されておらず、この問題を解決できるものではない。

20

【 0 0 0 8 】

更にまた特許文献 3（特許文献 4、5）には、ターゲット（ウエハに相当する）に複数のガスを交互に吸着させる原子層 C V D 方法を実施するにあたり、ウエハを載置するサセプタを回転させ、サセプタの上方からソースガスとパージガスとを供給する装置が記載されている。段落 0 0 2 3 から 0 0 2 5 には、チャンバの中心から放射状に隔壁が延びており、隔壁の下に反応ガスまたはパージガスをサセプタに供給するガス流出孔が設けられていること、隔壁からのガス流出孔から不活性ガスを流出させることでガスカーテンを形成することが記載されている。しかしこの例においても分離ガスによる基板への成膜速度が低下するという問題は記載されておらず、この問題を解決できるものではない。

30

【 0 0 0 9 】

更に特許文献 6 には回転方向に沿って複数枚のウエハがその表面に配置される回転テーブルと、前記回転テーブルに対向するチャンバ上部と、を備えた A L D 装置について記載されている。チャンバ上部の裏面には回転テーブルの径方向に伸び、夫々異なる反応ガスを供給する複数の吸気ゾーン（供給口）が、周方向に間隔をおいて設けられ、周方向に隣接する各供給口間には前記径方向に伸びる 2 つの排気ゾーン（排気口）が互いに周方向に設けられている。このチャンバ上部の裏面において、各吸気ゾーンと各吐出口との間は回転テーブルからの距離が互いに等しく、平坦な天井面として形成されている。そして、回転テーブルの回転中に各吸気ゾーンから供給された各反応ガスは、前記天井面と回転テーブルとの間の隙間を流れ、その反応ガスを供給した吸気ゾーンに隣接する排気ゾーンから排気される。これにより各反応ガスが供給される領域を区画して A L D 処理または M L D 処理を行うことが記載されている。しかし、互いに隣接する排気ゾーン同士は近接しているため、実際には各吸気ゾーンからこれらの排気ゾーンへ向かった各反応ガスが互いに混ざり合い、チャンバ内部でパーティクルの原因となる反応副生成物が生じるおそれがある。

40

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 1 0 】

50

【特許文献 1】米国特許公報 7, 153, 542 号：図 6 (a)、(b)

【特許文献 2】特開 2001 - 254181 号公報：図 1 及び図 2

【特許文献 3】特開 2007 - 247066 号公報：段落 0023 ~ 0025、0058、図 12 及び図 18

【特許文献 4】米国特許公開公報 2007 - 218701 号

【特許文献 5】米国特許公開公報 2007 - 218702 号

【特許文献 6】特表 2008 - 516428 号公報 (US 2006 / 0073276) : 段落 0035、図 1 ~ 図 4

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0011】

ところで、上記のように複数枚の基板を真空容器内の回転テーブルに回転方向に配置して成膜処理を行う装置において、発明者は図 29 に示す構成を検討している。この図 29 を参照しながら成膜装置の構成を具体的に説明する。図 29 は回転テーブル 2 の回転方向に装置を縦断して展開した展開図である。図中 31 は B T B A S ガスの供給手段である第 1 の反応ガスノズルであり、この第 1 のガスノズル 31 の下方の領域が第 1 の処理領域 P 1 として構成されている。41, 42 は分離ガス供給手段である分離ガスノズルである。これら反応ガスノズル及び分離ガスノズルは回転テーブル 2 上に、その回転テーブル 2 の径方向に伸びるように形成されており、下方に向けて前記径方向に沿って成膜ガスである B T B A S ガス、分離ガスである N₂ ガスを夫々吐出する。

20

【0012】

分離領域 D の圧力の低下を防ぐために、吐出された前記 N₂ ガスは分離領域 D から直接排気されず、処理領域に向かった後に排気されるようになっている。具体的に説明すると、図 29 に実線の矢印で示すように分離領域 D から回転テーブル 2 の回転方向の下流側に向かって流れて処理領域 P 1 に向かった N₂ ガスは、第 1 の反応ガスノズル 31 の上方を乗り越えて、反応ガスノズル 31 とその上方の天井面 45 との間に設けられた隙間 R を通過し、その反応ガスノズル 31 からさらに前記回転方向下流側における当該回転テーブル 2 の外側位置に設けられた排気口に反応ガスノズル 31 から吐出された B T B A S ガスと共に流入して排気される。

【0013】

30

ところが、発明者は、この装置において検討の結果、以下の知見を得た。回転テーブル 2 の回転数が低い場合には B T B A S ガスの分子がガスノズル 31 の下方に飽和し、ウエハ W に対して飽和吸着すると考えられるが、高いスループットを得るために回転テーブル 2 は例えば 120 r p m 以上で高速回転する必要がある。しかし、このように回転数を高くすると、図 30 に実線の矢印でその流れを示すように N₂ ガスが、その流速が高くなることにより反応ガスノズル 31 の下方に潜り込み、第 1 の処理領域 P 1 における B T B A S ガス濃度が低下する。そうすると B T B A S ガスの飽和吸着は行われず、B T B A S 分子のウエハ W への吸着量は当該処理領域 P 1 におけるガスの濃度と接触時間とに比例するようになる。そして、この場合は上記のようにガス濃度が低下しているため、B T B A S ガス分子の吸着量が低下してしまう。

40

【0014】

また、ある物体に向かって流れるガス流は流体力学上、物体のそのガス流を受ける側を正面側とすると、圧力が低い背面側へと回り込もうとする性質を有する。つまり、反応ガスノズル 31 に向かって流れて当該反応ガスノズル 31 の下方に潜り込んだ N₂ ガスは回転テーブル 2 から見て上方へと舞い上がり、ガスノズル 31 の前記回転方向の下流側へと回り込む。このとき、図中点線の矢印でその流れを示すように、反応ガスノズル 31 から処理領域 P 1 に吐出された B T B A S ガスもその N₂ ガスの流れに従い、回転テーブル 2 から上方へと舞い上がるので、処理領域 P 1 における B T B A S ガス濃度が更に低くなると共に B T B A S ガスのウエハ W への接触時間が短くなってしまう。結果として B T B A S ガス分子の吸着量がさらに低下してしまう。

50

【 0 0 1 5 】

これらの理由から反応ガスのウエハWへの接触時間を稼ぎ、反応ガス濃度の低下を防いで、反応ガスに含まれる分子を正常にウエハWに吸着させるためには回転テーブル2の回転数を制限することが必要になるので、スループットを十分に上昇させることができなくなる恐れがあった。

【 0 0 1 6 】

本発明はこのような事情に基づいて行われたものであり、その目的は、真空容器内にて基板の表面に互いに反応する複数の反応ガスを順番に供給して反応生成物の層を多数積層して薄膜を形成し、基板が載置される回転テーブルの周方向に沿って設けられる第1の反応ガスが供給される第1の処理領域と、第2の反応ガスが供給される第2の処理領域とをこれら処理領域の雰囲気を分離するための分離領域とを備えた成膜装置において、成膜速度の低下を抑えることができる成膜装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 7 】

本発明の成膜装置は、真空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の表面に供給しかつこの供給サイクルを実行することにより反応生成物の層を多数積層して薄膜を形成する成膜装置において、

前記真空容器内に設けられた回転テーブルと、

この回転テーブルに基板を載置するために設けられた基板載置領域と、

前記回転テーブルの回転方向に、当該回転テーブル上方に互いに離れて固定して設けられ、夫々基板に第1の反応ガス及び第2の反応ガスを供給するための第1の反応ガス供給手段及び第2の反応ガス供給手段と、

前記第1の反応ガスが供給される第1の処理領域と第2の反応ガスが供給される第2の処理領域との雰囲気を分離するために前記回転方向においてこれら処理領域の間に位置し、分離ガスを供給する分離ガス供給手段が設けられた分離領域と、

前記真空容器内を真空排気するための排気口と、

を備え、

前記第1の反応ガス供給手段及び第2の反応ガス供給手段の少なくとも一方は、前記基板載置領域の移動方向と交差するように伸びると共に、前記回転テーブルに向けて反応ガスを吐出する吐出孔が、その長さ方向に沿って形成されたガスノズルとして構成され、

前記ガスノズルの上方側には、分離ガスを通流させるための通流空間が形成され、

前記ガスノズルにおける前記回転方向の上流側及び下流側の少なくとも一方にはガスノズルの長さ方向に沿った整流部材を備えたことを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

前記整流部材は、前記ガスノズルにおける回転方向の前記上流側及び前記下流側の両方に設けられてもよく、各整流部材は例えば回転テーブルの中心部側から離れる部位ほど前記回転方向の幅が大きく、その場合前記整流部材の平面形状は扇型に形成されていてもよい。前記分離領域は、例えば前記分離ガス供給手段の前記回転方向両側に位置し、当該分離領域から処理領域側に分離ガスが流れるための狭隘な空間を回転テーブルとの間に形成するための天井面を備えており、前記第1の処理領域と第2の処理領域との雰囲気を分離するために真空容器内の中心部に位置し、回転テーブルの基板載置面側に分離ガスを吐出する吐出孔が形成された中心部領域が設けられていてもよく、その場合例えば前記中心部領域は、回転テーブルの回転中心部と真空容器の上面側とにより区画され、分離ガスがバージされる領域である。また、その場合例えば前記排気口は、分離領域の両側に拡散する分離ガス及び前記中心部領域から吐出する分離ガスと共に前記反応ガスを排気するように設けられている。排気口は各反応ガスの排気を専用に行うために、平面で見たときに前記分離領域の前記回転方向両側に設けられていてもよい。

【 0 0 1 9 】

さらに、他の成膜装置は、前記分離ガス供給手段のガス吐出孔は、例えば回転テーブルの回転中心部及び周縁部の一方側から他方側に向かって配列されており、前記分離領域の

天井面における真空容器の外縁側の部位は、前記回転テーブルの外端面に対向するように屈曲して真空容器の内周壁の一部を構成し、当該天井面の屈曲部位と前記回転テーブルの外端面との隙間は、反応ガスの侵入防止効果が得られる寸法に設定されていてもよい。また、前記分離領域の天井面において、前記分離ガス供給手段に対して回転テーブルの相対的回転方向の上流側部位は、例えば外縁に位置する部位ほど前記回転方向の幅が大きい。真空容器内にて複数の基板を載置した回転テーブルを回転して、

前記基板が複数の異なる処理領域に供給された反応ガスと順次接触することにより、前記基板の表面に薄膜を形成する成膜装置において、

前記複数の処理領域の間に設けられ、異なる反応ガスが前記基板表面から離れた空間で反応することを防止する分離ガスを供給する分離領域と、

前記処理領域の天井から離間して基板近傍において基板の方向に反応ガスを供給する反応ガス供給手段と、

前記分離領域から前記処理領域に流入した分離ガスが前記反応ガス供給手段と前記基板との隙間に流入して前記基板に供給される反応ガスの濃度が低下することを抑制する整流部材と

前記処理領域の天井と、前記反応ガス供給手段との間に設けられ、前記整流部材により分離ガスがガイドされる通流空間と、

を設けたことを特徴とする。前記回転テーブルに載置された基板表面から前記処理領域の天井の高さは、前記回転テーブルに載置された基板表面から、前記分離領域の天井よりも高く形成されていてもよく、複数の異なる反応領域に於いて、処理領域の天井の高さは、前記処理領域に供給される反応ガスの種類、供給されるガス量に応じて夫々選択的に決められていてもよい。

【発明の効果】

【0020】

本発明の成膜装置は、回転テーブルの基板載置領域の移動方向と交差するように伸び、その長さ方向に沿って形成された吐出孔を備えた反応ガス供給手段をなすガスノズルと、そのガスノズルから前記回転テーブルの回転方向上流側または下流側の少なくとも一方に向かって張り出した整流部材と、を備えており、この整流部材により前記上流側及び下流側のいずれか一方側から他方側に分離ガスを通流させるための通流空間に分離ガスがガイドされる。その結果として分離ガスによる処理領域の反応ガス濃度の低下を抑えることができるので、回転テーブルの回転数を上げて処理領域にて基板へ反応ガスを吸着させることができる。従って、成膜速度の低下が抑えられる。又、基板に均一性高く成膜することができる。膜質を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の実施の形態に係る成膜装置の縦断面図である。

【図2】上記の成膜装置の内部の概略構成を示す斜視図である。

【図3】上記の成膜装置の横断平面図である。

【図4】上記の成膜装置における処理領域及び分離領域を示す縦断面図である。

【図5】反応ガスノズル及び整流部材の構成図である

【図6】上記の成膜装置の縦断面図である。

【図7】反応ガスノズルを示す縦断面図である。

【図8】分離ガスあるいはパージガスの流れる様子を示す説明図である。

【図9】上記の成膜装置の一部破断斜視図である。

【図10】第1の反応ガス及び第2の反応ガスが分離ガスにより分離されて排気される様子を示す説明図である。

【図11】上記の成膜装置の回転テーブル上のガスの流れを示した説明図である。

【図12】整流部材により規制されたガスの詳細な流れを示した説明図である。

【図13】分離領域に用いられる凸状部の寸法例を説明するための説明図である。

【図14】ガスノズルの他の例を示した斜視図及び縦断面図である。

【図 1 5】整流板の他の例を示した上面図である。

【図 1 6】更に他のガスノズルの構成を示した縦断面図及び破断斜視図である。

【図 1 7】前記ガスノズルの側面図及び上面図である。

【図 1 8】更に他のガスノズルの構成を示した縦断面図及び破断斜視図である

【図 1 9】本発明の他の実施の形態に係る成膜装置を示す横断側面図である。

【図 2 0】本発明の他の実施の形態に係る成膜装置を示す横断側面図である。

【図 2 1】本発明の更に他の実施の形態に係る成膜装置を示す縦断側面図である。

【図 2 2】本発明の成膜装置を用いた基板処理システムの一例を示す概略平面図である。

【図 2 3】評価試験を行うためにシミュレーションで設定した反応ガスノズルの上面図である。

10

【図 2 4】評価試験の結果を示したグラフ図である。

【図 2 5】評価試験の結果を示したグラフ図である。

【図 2 6】評価試験で用いたウエハの膜厚測定範囲及びその結果を示した説明図である。

【図 2 7】評価試験におけるガスの濃度分布を示した説明図である。

【図 2 8】評価試験におけるガスの濃度分布を示した説明図である。

【図 2 9】従来の成膜装置におけるガスの流れを示した説明図である。

【図 3 0】ガスノズルの周囲におけるガス流を詳細に示した説明図である。

【図 3 1】実施の形態の成膜装置における処理領域及び分離領域の他の例を示す縦断面図である。

【発明を実施するための形態】

20

【0022】

本発明の実施の形態である成膜装置は、図 1（図 3 の I - I' 線に沿った断面図）に示すように平面形状が概ね円形である扁平な真空容器 1 と、この真空容器 1 内に設けられ、当該真空容器 1 の中心に回転中心を有する回転テーブル 2 と、を備えている。真空容器 1 は天板 1 1 が容器本体 1 2 から分離できるように構成されている。天板 1 1 は、内部の減圧状態により封止部材例えば O リング 1 3 を介して容器本体 1 2 側に押し付けられていて気密状態を維持しているが、天板 1 1 を容器本体 1 2 から分離するときには図示しない駆動機構により上方に持ち上げられる。

【0023】

回転テーブル 2 は、中心部にて円筒形状のコア部 2 1 に固定され、このコア部 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 は真空容器 1 の底面部 1 4 を貫通し、その下端が当該回転軸 2 2 を鉛直軸回りにこの例では時計方向に回転させる駆動部 2 3 に取り付けられている。回転軸 2 2 及び駆動部 2 3 は、上面が開口した筒状のケース体 2 0 内に収納されている。

30

【0024】

回転テーブル 2 の表面部には、図 2 及び図 3 に示すように回転方向（周方向）に沿って複数枚例えば 5 枚の基板であるウエハ W を載置するための基板載置領域である円形状の凹部 2 4 が設けられており、この凹部 2 4 はその直径がウエハ W の直径よりも僅かに大きく形成され、ウエハ W を位置決めして回転テーブル 2 の回転に伴う遠心力により飛び出さないようにする役割を有する。なお、図 3 には便宜上 1 個の凹部 2 4 だけにウエハ W を描いてある。複数のウエハ W は共通の平坦な回転テーブル 2 に載置され、この回転テーブル 2 は、凹部 2 4 にウエハ W が載置されたときに、当該ウエハ W 表面の高さと回転テーブル 2 の表面の高さとが略一致するように構成されている。具体的な例としては、例えばこれらの高さの差が 5 mm 以内であることをいう。このような回転テーブル 2 を用いることで、複数の分割された部材が組み合わされて構成された回転テーブルを用いる場合や凹部 2 4 に載置されたウエハ W 表面の高さとその表面の高さとが略一致しない回転テーブルを用いる場合に比べて、回転テーブル 2 の表面及びウエハ W 表面を流れる気流が乱れることが抑えられる。

40

【0025】

ここで図 3 1 は、回転テーブル 2 を同心円に沿って切断し且つ横に展開して示す展開図

50

である。図 3 1 に示すようにウエハを凹部 2 4 に落とし込むと、ウエハの表面と回転テーブル 2 の表面（ウエハが載置されない領域）とがおおむねゼロになるように凹部 2 4 が形成されており、ウエハ W の表面と回転テーブル 2 の表面との間の高さの差によって生じる圧力変動を抑え、膜厚の面内均一性を揃えることができるようになっている。凹部 2 4 の底面には、ウエハ W の裏面を支えて当該ウエハ W を昇降させて、ウエハ W の搬送機構 1 0 と受け渡しを行うための例えば後述する 3 本の昇降ピン（図 9 参照）が貫通する貫通孔（図示せず）が形成されている。

【 0 0 2 6 】

図 2 及び図 3 に示すように真空容器 1 には、回転テーブル 2 における凹部 2 4 の通過領域と各々対向する位置に第 1 の反応ガスノズル 3 1 及び第 2 の反応ガスノズル 3 2 と 2 本の分離ガスノズル 4 1、4 2 とが真空容器 1 の周方向（回転テーブル 2 の回転方向）に互いに間隔をおいて中心部から放射状に伸びている。これら反応ガスノズル 3 1、3 2 及び分離ガスノズル 4 1、4 2 は、例えば真空容器 1 の側周壁に取り付けられており、その基端部であるガス導入ポート 3 1 a、3 2 a、4 1 a、4 2 a は当該側壁を貫通している。

【 0 0 2 7 】

反応ガスノズル 3 1、3 2 は、夫々第 1 の反応ガスである B T B A S（ビスターシャルブチルアミノシラン）ガスのガス供給源及び第 2 の反応ガスである O_3 （オゾン）ガスのガス供給源（いずれも図示せず）に接続されており、分離ガスノズル 4 1、4 2 はいずれも分離ガスである N_2 ガス（窒素ガス）のガス供給源（図示せず）に接続されている。この例では、第 2 の反応ガスノズル 3 2、分離ガスノズル 4 1、第 1 の反応ガスノズル 3 1 及び分離ガスノズル 4 2 がこの順に時計方向に配列されている。

【 0 0 2 8 】

反応ガスノズル 3 1、3 2 には、下方側に反応ガスを吐出するための吐出孔 3 3 がノズルの長さ方向に間隔を置いて配列されている。この例では各ガスノズルの吐出口の口径は 0.5 mm であり、各ノズルの長さ方向に沿って例えば 10 mm の間隔をおいて配列されている。反応ガスノズル 3 1、3 2 は夫々第 1 の反応ガス供給手段及び第 2 の反応ガス供給手段に相当し、その下方領域は夫々 B T B A S ガスをウエハ W に吸着させるための第 1 の処理領域 P 1 及び O_3 ガスをウエハ W に吸着させるための第 2 の処理領域 P 2 となる。なお、厳密に言えばウエハ W は処理領域 P 1 を通過した後も上方に残留している B T B A S ガスが吸着し、また処理領域 P 2 を通過した後も上方に残留している O_3 ガスがウエハ W 上の B T B A S ガスの成分と反応する。

【 0 0 2 9 】

後述するように前記分離ガスノズル 4 1、4 2 は、第 1 の天井面 4 4 により形成される 2 つの分離領域 D に含まれており、各分離領域 D は平面視扇状であり、回転テーブル 2 の回転方向に互いに離れて形成されている。これらの分離領域 D に隣接するように平面視扇状の領域 4 8、4 9 が設けられている。これら領域を他の領域の名称と区別するために、以後拡散領域と呼ぶ。拡散領域 4 8、4 9 は、回転テーブル 2 からの高さが、前記分離領域 D を形成する第 1 の天井面 4 4 よりも高い第 2 の天井面 4 5 により形成されており、前記処理領域 P 1、P 2 は拡散領域 4 8、4 9 に夫々含まれる。ウエハ W への各ガスの吸着性、反応時間の特性、回転テーブル 2 の回転速度（処理速度）などを考慮して最適な処理を行うために、拡散領域 4 8、4 9 の大きさ、即ち当該拡散領域 4 8、4 9 の回転方向の長さ及び前記第 2 の天井面 4 5 の高さ位置が、適宜設計される。

【 0 0 3 0 】

また、拡散領域 4 8、4 9 において、反応ガスノズル 3 1、3 2 は、夫々前記回転方向の中央部か、その中央部よりも当該回転方向の上流側に設けられることが望ましい。これは、ウエハ W に供給した反応ガスの成分を十分にウエハ W に吸着にさせたり、既にウエハ W に吸着された反応ガスの成分と新たにウエハ W に供給した反応ガスとを十分に反応させるためである。この実施例では後述の成膜処理が行われるにあたってウエハ W に吸着された B T B A S を確実に酸化させるために、図 3 に示すように第 2 の反応ガスノズル 4 2 は、拡散領域 4 9 の前記回転方向の中央よりも上流側に設けられ、さらにこの第 2 の反応ガ

スノズル４２が含まれる拡散領域４９の回転方向の長さは、第１の反応ガスノズル４１が含まれる拡散領域４８の回転方向の長さよりも長く構成されている。

【００３１】

そして、第１の反応ガスノズル４１からのＢＴＢＡＳガスの流量は例えば１００ｓｃｃｍに設定されるのに対して、酸化を確実にを行うために第２の反応ガスノズル４２からの O_3 ガスの流量は例えば１００００ｓｃｃｍに設定される。このように比較的大きな流量の O_3 ガスを供給するために、拡散領域４９の天井面４５は拡散領域４８の天井面４５よりも高く形成されている。なお、図４（ａ）（ｂ）は各拡散領域４８、４９の第２の天井面４５を同じ高さに構成した例を示しており、このように装置を構成してもよい。図４（ｂ）では分離ガスの流れを実線の矢印で示している。

10

【００３２】

前記反応ガスノズル３１、３２には図５（ａ）に示すノズルカバー３４が設けられている。ノズルカバー３４は、ガスノズル３１、３２の長さ方向に沿って伸長し、その縦断面がコ字型をなす基部３５を備えており、この基部３５によりガスノズル３１、３２の上方及び側方が被覆される。そして基部３５の下端の左右から水平方向に、つまり回転テーブル２の回転方向の上流側、下流側に整流板３６Ａ、整流板３６Ｂが突出している。図２及び図３に示すように板３６Ａ、３６Ｂは回転テーブル２の中心部側から周縁部側に向かうほど大きく基部３５から突出するように形成され、平面視扇状に構成されている。この例では整流部材をなす扇板３６Ａ、３６Ｂは基部３５に対して左右対称に形成されており、図５（ｂ）中に点線で示した扇板３６Ａ、３６Ｂの輪郭線の延長線がなす角度（扇の開き角度）は例えば１０°である。ここで、 N_2 ガスが供給される分離領域Ｄの周方向の大きさや前記拡散領域４８、４９の周方向の大きさを考慮することで適宜設計されるが、例えば５°以上９０°未満である。

20

【００３３】

図３に示すようにノズルカバー３４は、平面視その扇板３６Ａ、３６Ｂの先端側（幅が狭い側）が突出部５に近接すると共に後端側（幅が広い側）が回転テーブル２の外縁に向かうように設けられている。また、ノズルカバー３４は分離領域Ｄから離れ、且つ第２の天井面４５との間にガスの通流空間である隙間Ｒを介するように設けられている。この図３１では回転テーブル２上における各ガスの流れを点線の矢印で示しており、この図に示すように隙間Ｒは、分離領域Ｄから処理領域Ｐ１、Ｐ２に向かった N_2 ガスの通流路をなしている。

30

【００３４】

図３１に h_3 で示した拡散領域４８（反応ガスノズル３１が配置された領域）におけるこの隙間Ｒの高さは例えば１０～７０ｍｍであり、 h_5 で示した拡散領域４９（反応ガスノズル３２が配置された領域）における隙間Ｒの高さは例えば１０ｍｍ～１００ｍｍである。また、図中 h_3' で示した拡散領域４８におけるウエハＷ表面から第２の天井面４５までの高さは１５～１００ｍｍ例えば３２ｍｍであり、 h_5' で示した拡散領域４９におけるウエハＷ表面から第２の天井面４５までの高さは例えば１５ｍｍ～１５０ｍｍである。ここで、隙間Ｒの高さ h_3 、 h_5 についてはガス種やプロセス条件により適宜その大きさを変更することができ、ノズルカバー３４による分離ガス（ N_2 ガス）を隙間Ｒにガイドして処理領域Ｐ１、Ｐ２への流れ込みを抑える整流効果ができるだけ有効になるような大きさに設定される。そのような整流効果を得るために例えば h_3 及び h_5 は、回転テーブル２とガスノズル３１、３２の下端との高さ以上であることが望ましい。

40

【００３５】

また、図３１に示すようにノズルカバー３４の扇板３６、３６の下面は反応ガスノズル３１、３２の吐出口３３の下端と同じ高さ位置に形成されており、この図中に h_4 として示す扇板３６Ａ、３６Ｂの回転テーブル２表面（ウエハＷの表面）からの高さは０．５ｍｍ～４ｍｍである。なお、高さは０．５ｍｍ～４ｍｍに限られるものではなく、 N_2 ガスを上記のように隙間Ｒへとガイドし、処理領域Ｐ１、Ｐ２における反応ガス濃度をウエハＷに処理を行うことができるような十分な濃度に確保できる高さに設定すればよく、例え

50

ば、0.2 mm ~ 10 mmでもよい。ノズルカバー34の扇板36A, 36Bは、後述するように分離領域Dから進入したN₂ガスのガスノズル31, 32の下方側に潜り込む流量を減少させると共に、反応ガスノズル31, 32から夫々供給されたBTBASガス、O₃ガスの回転テーブル2からの舞い上がりを防ぐ役割を有しており、その役割を果たすことができれば、ここに示した位置に設けることに限られない。

【0036】

ところで、回転テーブル2においては回転中心から回転テーブル2の周縁部に向かうほどその回転速度が大きくなるので、例えば回転する回転テーブルの中心側と、周縁部側とで、夫々同じ流量のガスを供給した場合、周縁部側のガス濃度が中心側に比べて低下しやすくなる。しかし、この成膜装置では、反応ガスノズル31, 32及び分離ガスノズル41、42は真空容器1の外周側から回転テーブル2の回転中心に向かって伸びるように設けられ、前記外周側から各ノズルに分離ガス及び反応ガスが供給されている。従って、各ノズルにおいて回転テーブル2の周縁部側ほどガス圧が高いため、長さ方向において例えばガス孔の径を同じにすれば回転テーブル2の周縁部側ほど流量を大きくすることができる。各ノズルのガス孔の径を長さ方向において同じにすることに限られないが、このような吐出流量分布を容易に形成できる点で好ましい。そして、このようなノズルの長さ方向の吐出流量分布は、周縁部側でのガス濃度の低下を抑えることができ、回転テーブル2の長さ方向におけるガス濃度が揃えられる点で好ましい。

【0037】

また、前記扇板36A, 36Bの作用について詳しくは後述するが、これら扇板36A, 36Bは回転テーブルの回転方向に伸びており、当該扇板36A, 36Bにより当該扇板36A, 36Bの下方側に潜り込むN₂ガスの流量を減少させ、扇板36A, 36Bの下方での反応ガスの濃度を向上させることができる。また、扇板36A, 36Bの前記回転方向への長さを調整することにより、反応ガスの濃度をコントロールするエリアの面積及び隙間RへガイドするN₂ガスの量を調整することもできる。

【0038】

分離ガスノズル41、42には、下方側に分離ガスを吐出するための吐出孔40が長さ方向に間隔を置いて穿設されており、この例では各ガスノズルの吐出口の口径は0.5 mmであり、各ノズルの長さ方向に沿って例えば10 mmの間隔をおいて配列されている。これら分離ガスノズル41、42は、前記第1の処理領域P1と第2の処理領域P2とを分離するための分離領域Dを形成するためのものであり、この分離領域Dにおける真空容器1の天板11には図2 ~ 図3及び図31に示すように、回転テーブル2の回転中心を中心としかつ真空容器1の内周壁の近傍に沿って描かれる円を周方向に分割してなる、平面形状が扇形で下方に突出した凸状部4が設けられている。分離ガスノズル41、42は、この凸状部4における前記円の周方向中央にて当該円の半径方向に伸びるように形成された溝部43内に収められている。即ち分離ガスノズル41(42)の中心軸から凸状部4である扇型の両縁(回転方向上流側の縁及び下流側の縁)までの距離は同じ長さに設定されている。なお、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ているが、例えば当該溝部43から見て凸状部4における回転テーブル2の回転方向上流側が前記回転方向下流側よりも広くなるように形成されていてもよい。

【0039】

分離ガスノズル41、42における前記周方向両側には、前記凸状部4の下面である例えば平坦な低い天井面44(第1の天井面)が存在し、この天井面44の前記周方向両側には、当該天井面44よりも高い天井面45(第2の天井面)が存在することになり、これらは天板11の下面を構成する。この凸状部4の役割は、回転テーブル2との間に第1の反応ガス及び第2の反応ガスの侵入を阻止してこれら反応ガスの混合を阻止するための狭隘な空間である分離空間を形成することにある。

【0040】

即ち、分離ガスノズル41を例にとると、回転テーブル2の回転方向上流側からO₃ガスが侵入することを阻止し、また回転方向下流側からBTBASガスが侵入することを阻

10

20

30

40

50

止する。「ガスの侵入を阻止する」とは、分離ガスノズル41から吐出した分離ガスである N_2 ガスが第1の天井面44と回転テーブル2の表面との間に拡散して、この例では当該第1の天井面44に隣接する第2の天井面45の下方側空間に吹き出し、これにより当該隣接空間からのガスが侵入できなくなることを意味する。そして「ガスが侵入できなくなる」とは、隣接空間から凸状部4の下方側空間に全く入り込むことができない場合のみを意味するのではなく、多少侵入はするが、両側から夫々侵入した O_3 ガス及びBTBASガスが凸状部4内で混じり合わない状態が確保される場合も意味し、このような作用が得られる限り、分離領域Dの役割である第1の処理領域P1の雰囲気と第2の処理領域P2の雰囲気との分離作用が発揮できる。

【0041】

10

従って狭隘な空間における狭隘の程度は、狭隘な空間（凸状部4の下方空間）と当該空間に隣接した領域（この例では第2の天井面45の下方空間）との圧力差が「ガスが侵入できなくなる」作用を確保できる程度の大きさになるように設定され、その具体的な寸法は凸状部4の面積などにより異なるといえる。またウエハに吸着したガスについては当然に分離領域D内を通過することができ、ガスの侵入阻止は、気相中のガスを意味している。分離ガスとしては N_2 ガスに限られず、成膜処理に影響を与えないガスであれば、ガスの種類に関しては特に限定されるものではない。

【0042】

一方天板11の下面には、回転テーブル2におけるコア部21よりも外周側の部位と対向するようにかつ当該コア部21の外周に沿って突出部5が設けられている。この突出部5は凸状部4における前記回転中心側の部位と連続して形成されており、その下面が凸状部4の下面（天井面44）と同じ高さに形成されている。図2及び図3は、前記第2の天井面45よりも低くかつ分離ガスノズル41、42よりも高い位置にて天板11を水平に切断して示している。なお突出部5と凸状部4とは、必ずしも一体であることに限られるものではなく、別体であってもよい。

20

【0043】

この例では直径300mmのウエハWを被処理基板としており、この場合凸状部4は、回転中心から140mm離れた突出部5との境界部位においては、周方向の長さ（回転テーブル2と同心円の円弧の長さ）が例えば146mmであり、ウエハの載置領域（凹部24）の最も外側部位においては、周方向の長さが例えば502mmである。なお当該外側部位において分離ガスノズル41（42）の両脇から夫々左右に位置する凸状部4の周方向の長さLは246mmである。

30

【0044】

図31に示すように凸状部4の下面即ち天井面44における回転テーブル2の表面からの高さh1は、例えば0.5mm～4mmであり、分離ガスノズル41（42）の下端から回転テーブル2の表面までの高さh2は0.5mm～4mmである。

【0045】

図1、図6では、高い第2の天井面45、低い第1の天井面44が設けられている領域についての夫々の縦断面を示している。扇型の凸状部4の周縁部（真空容器1の外縁側の部位）は図2及び図6に示されているように回転テーブル2の外端面に対向するようにL字型に屈曲して屈曲部46を形成している。この屈曲部46も凸状部4と同様に両側から反応ガスが侵入することを防止して、両反応ガスの混合を防止する目的で設けられており、屈曲部46の内周面と回転テーブル2の外端面との隙間、及び屈曲部46の外周面と容器本体12との隙間は、回転テーブル2の表面に対する天井面44の高さh1と同様の寸法に設定されている。

40

【0046】

容器本体12の内周壁は、分離領域Dにおいては図6に示すように前記屈曲部46の外周面と接近して垂直面に形成されているが、分離領域D以外の部位においては、図1に示すように例えば回転テーブル2の外端面と対向する部位から底面部14に亘って縦断面形状が矩形に切り欠かれて外方側に窪んだ構造になっている。この窪んだ部分を排気領域6

50

と呼ぶことにすると、この排気領域 6 の底部には図 1 及び図 3 に示すように例えば 2 つの排気口 6 1、6 2 が設けられている。これら排気口 6 1、6 2 は各々排気管 6 3 を介して真空排気手段である例えば共通の真空ポンプ 6 4 に接続されている。なお図 1 中、6 5 は圧力調整手段であり、排気口 6 1、6 2 ごとに設けてもよいし、共通化されていてもよい。このような構造により、回転テーブル 2 の外側に向かう排気流を形成して、真空容器 1 に供給されたガスを排気することができる。

【0047】

ところで、このように回転テーブル 2 の外側領域に排気口 6 1、6 2 を設けてガスを排気する場合、排気口 6 1、6 2 としては下方に開口することに限られず、上方や側方に開口するような構成であってもよい。また、回転テーブル 2 の周端よりも内側領域に排気口を設ける場合も上方や側方に開口するように排気口を設けてもよいが、パーティクルの発生を抑えることを考慮すると、下方へ開口していることが好ましい。また、通常真空容器 1 は、例えばメンテナンスなどを容易に行うために、床から離れた上方位位置に設けられる。従って下方へ向けて排気口 6 1、6 2 が開口すると、排気管 6 3 も下方へ引き出すことができ、床と真空容器 1 との間におけるスペースに当該配管 6 3 を引き回すことができる。従って、装置の設置スペースを抑えることができる。

【0048】

さらに、排気口 6 1 (6 2) あるいは排気口に相当する真空容器 1 内のガスをより多く排気する部位は、反応ガスノズル 3 1 (3 2) よりも回転テーブル 2 の回転方向の下流側に位置し、さらにその位置は反応ガスノズル 3 1 (3 2) が含まれる拡散領域 4 8 (4 9) 内あるいは当該拡散領域 4 8 (4 9) の外周側であることが望ましい。このような配置によって反応ガスが回転方向に対して逆流したり、回転テーブル 2 の外周側に向かわずに内周側に向かうことが抑えられる。また、扇板 3 6 A、3 6 B の整流作用により、分離ガスは隙間 R を通ってスムーズに排気口 6 1、6 2 に流れ込む。排気口 6 1、6 2 は夫々排気領域 6 の中に設けられている。更には排気領域 6 は、第 1 及び第 2 の拡散領域 4 8、4 9 における回転テーブル 2 の径方向外側に配置されているが、分離領域 D における回転テーブル 2 の径方向外側には設けられていない。従って、このような扇板 3 6 A、3 6 B の整流作用及び排気口 6 1、6 2 の配置により、各ガスノズルから供給された各ガスは、スムーズに排気口 6 1、6 2 へと流れ込み、回転テーブル 2 上の拡散領域 4 8、4 9 で第 1 及び第 2 の反応ガスが分離される流れが形成されている。

【0049】

排気口 6 1、6 2 は、分離領域 D の分離作用が確実に働くように、平面で見たときに前記分離領域 D の前記回転方向両側に設けられ、各反応ガス (BTBAS ガス及び O_3 ガス) の排気を専用に行うようにしている。排気口 6 1 は第 1 の反応ガスノズル 3 1 とこの反応ガスノズル 3 1 に対して前記回転方向下流側に隣接する分離領域 D との間に設けられ、排気口 6 2 は、第 2 の反応ガスノズル 3 2 とこの反応ガスノズル 3 2 に対して前記回転方向下流側に隣接する分離領域 D との間に設けられている。また、例えば排気口 6 1 は第 1 の反応ガスノズル 3 1 とこの反応ガスノズル 3 1 に対して前記回転方向上流側に隣接する分離領域 D との間に設けられていてもよく、排気口 6 2 は、第 2 の反応ガスノズル 3 2 とこの反応ガスノズル 3 2 に対して前記回転方向上流側に隣接する分離領域 D との間に設けられていてもよい。

【0050】

前記回転テーブル 2 と真空容器 1 の底面部 1 4 との間の空間には、図 1 及び図 7 に示すようにヒータユニット 7 が設けられ、回転テーブル 2 上のウエハをプロセスレシピで決められた温度に加熱する。図中 7 1 はその上縁が外側に屈曲されてフランジ形状に形成されたカバー部材であり、その内側に外方からガスが侵入することを抑えている。ヒータユニット 7 が配置されている空間よりも回転中心寄りの部位における底面部 1 4 は、回転テーブル 2 の下面の中心部付近、コア部 2 1 に接近してその間は狭い空間になっており、また当該底面部 1 4 を貫通する回転軸 2 2 の貫通穴についてもその内周面と回転軸 2 2 との隙間が狭くなっており、パージガス供給管 7 2 からのパージガスである N_2 ガスによりパー

10

20

30

40

50

ジされる。また図中 7 3 はヒータユニット 7 の配置空間をパージするためのパージガス供給管である。

【 0 0 5 1 】

図 8 ではパージガスの流れを矢印で示しており、ケース体 2 0 内からヒータユニット 7 の配置空間に至るまでの空間が N_2 ガスでパージされ、このパージガスが回転テーブル 2 とカバー部材 7 1 との間の隙間から排気領域 6 を介して排気口 6 1、6 2 に排気される。これによって既述の第 1 の処理領域 P 1 と第 2 の処理領域 P 2 との一方から回転テーブル 2 の下方を介して他方に B T B A S ガスあるいは O_3 ガスが回り込むことが防止されるため、このパージガスは分離ガスの役割も果たしている。

【 0 0 5 2 】

また真空容器 1 の天板 1 1 の中心部には分離ガス供給管 5 1 が接続されていて、天板 1 1 とコア部 2 1 との間の空間 5 2 に分離ガスである N_2 ガスを供給するように構成されている。この空間 5 2 に供給された分離ガスは、前記突出部 5 と回転テーブル 2 との狭い隙間 5 0 を介して回転テーブル 2 のウエハ載置領域側の表面に沿って周縁に向けて吐出される。この突出部 5 で囲まれる空間には分離ガスが満たされているので、第 1 の処理領域 P 1 と第 2 の処理領域 P 2 との間で回転テーブル 2 の中心部を介して反応ガス (B T B A S ガスあるいは O_3 ガス) が混合することを防止している。即ち、この成膜装置は、第 1 の処理領域 P 1 と第 2 の処理領域 P 2 との雰囲気と分離するために回転テーブル 2 の回転中心部と真空容器 1 1 とにより区画され、分離ガスがパージされると共に当該回転テーブル 2 の表面に分離ガスを吐出する吐出口が前記回転方向に沿って形成された中心部領域 C を備えているといえることができる。なお、ここでいう吐出口は前記突出部 5 と回転テーブル 2 との狭い隙間 5 0 に相当する。

【 0 0 5 3 】

更に真空容器 1 の側壁には図 2、図 3 及び図 9 に示すように外部の搬送アーム 1 0 と回転テーブル 2 との間でウエハの受け渡しを行うための搬送口 1 5 が形成されており、搬送口 1 5 は図示しないゲートバルブにより開閉される。

【 0 0 5 4 】

またこの実施の形態の成膜装置は、装置全体の動作のコントロールを行うためのコンピュータからなる制御部 1 0 0 が設けられ、この制御部 1 0 0 のメモリ内には装置を運転するためのプログラムが格納されている。このプログラムは後述の装置の動作を実行するようにステップ群が組まれており、ハードディスク、コンパクトディスク、光磁気ディスク、メモリカード、フレキシブルディスクなどの記憶媒体から制御部 1 0 0 内にインストールされる。

【 0 0 5 5 】

次に上述の実施の形態の作用について説明する。先ず図示しないゲートバルブを開き、外部から搬送アーム 1 0 により搬送口 1 5 を介してウエハを回転テーブル 2 の凹部 2 4 内に受け渡す。この受け渡しは、凹部 2 4 が搬送口 1 5 に臨む位置に停止したときに図 9 に示すように凹部 2 4 の底面の貫通孔を介して真空容器の底部側から昇降ピン 1 6 が昇降することにより行われる。このようなウエハ W の受け渡しを回転テーブル 2 を間欠的に回転させて行い、回転テーブル 2 の 5 つの凹部 2 4 内に夫々ウエハ W を載置する。

【 0 0 5 6 】

続いて真空ポンプ 6 4 により真空容器 1 内を予め設定した圧力に真空引きすると共に、回転テーブル 2 を時計回りに回転させながらヒータユニット 7 によりウエハ W を加熱する。詳しくは、回転テーブル 2 はヒータユニット 7 により予め例えば 3 0 0 度 に加熱されており、ウエハ W がこの回転テーブル 2 に載置されることで加熱される。ウエハ W の温度が図示しない温度センサにより設定温度になったことを確認した後、第 1 の反応ガスノズル 3 1 及び第 2 の反応ガスノズル 3 2 から夫々 B T B A S ガス及び O_3 ガスを吐出させると共に、分離ガスノズル 4 1、4 2 から分離ガスである N_2 ガスを吐出する。また、このとき分離ガス供給管 5 1 から分離ガスである N_2 ガスを供給し、これにより中心部領域 C から即ち突出部 5 と回転テーブル 2 の中心部との間から回転テーブル 2 の表面に沿って N

10

20

30

40

50

N_2 ガスが吐出される。ところで、この実施例のように排気口 6 1、6 2 を配置することにより分離ガスノズル 4 1、4 2 から供給された N_2 ガスが、夫々反応ガスノズル 3 1、3 2 が配置された領域を通過して、排気口 6 1、6 2 に流れ込む。このような N_2 ガスの気流が形成されると、発明が解決しようとする課題の欄で説明したように前記 N_2 ガスの気流が反応ガスノズル 3 1、3 2 の下方に流れ込んでしまう。この問題について、発明者は鋭意研究し、この実施例ではその下方への流れ込みを抑えるためにガスノズル 3 1、3 2 へ扇板 3 6 A、3 6 B を取り付けられている。

【0057】

分離ガスノズル 4 1、4 2 から下方側に吐出された N_2 ガスは、回転テーブル 2 の表面（ウエハ W の表面及びウエハ W の非載置領域の表面の両方）に当たってその表面に沿って回転方向上流側、下流側に向かう。また、各反応ガスノズル 3 1、3 2 から夫々下方側に吐出された B T B A S ガス、 O_3 ガスは前記回転テーブル 2 の表面に当たって、前記分離ガスの流れに乗って回転方向下流側に向かう。

【0058】

この例では反応ガスノズル 3 1、3 2 が配置されている第 2 の天井面 4 5 の下方側の空間に沿った容器本体 1 2 の内周壁においては、既述のように内周壁が切り欠かれて広くなっており、この広い空間の下方に排気口 6 1、6 2 が位置しているので、第 1 の天井面 4 4 の下方側の狭隘な空間及び前記中心部領域 C の各圧力よりも第 2 の天井面 4 5 の下方側の空間の圧力の方が低くなる。

【0059】

図 1 0 は各部位から吐出された回転テーブル 2 上のガスの流れの状態を模式的に示したものであり、図 1 1 は回転テーブル 2 の周方向に沿って装置を縦断し、紙面に展開した展開図である。なお、この成膜装置では処理領域 P 1、P 2 及び分離領域 D よりも外方領域に外方領域に排気口 6 1、6 2 が設けられているが、図 1 1 では各ガスの流れを示すために便宜上処理領域 P 1、P 2 及び分離領域 D と排気口 6 1、6 2 とを同一平面に示している。ただし、この図 1 1 では便宜上図 4 と同様に拡散領域 4 8、4 9 の第 2 の天井面 4 5 の高さを同じ高さに構成した装置について示している。図 3 1 のように各第 2 の天井面 4 5 の高さ位置が夫々異なる場合もこの図 1 1 と同様に各ガスが流れる。これら図 1 0、図 1 1 を参照しながら回転テーブル 2 上における各ガスの流れを説明すると、分離ガスノズル 4 1 から吐出されて回転方向下流側に流れた N_2 ガスは、分離領域 D から第 2 の天井面 4 5 の下方へと流れ、そして、第 1 の反応ガスノズル 3 1 の下流側に設けられた排気口 6 1 により排気が行われていることから、その天井面 4 5 の下方を下流側の第 1 の反応ガスノズル 3 1 へ向かって流れる。

【0060】

図 1 2 (a) にはその N_2 ガスの第 1 の反応ガスノズル 3 1 周辺における流れを実線の矢印で示している。反応ガスノズル 3 1 の下方の第 1 の処理領域 P 1 には B T B A S ガスが吐出されており、点線の矢印でその流れを示している。吐出された B T B A S ガスは扇板 3 6 A、3 6 B により、扇板 3 6 A、3 6 B の下方から上方への舞い上がりが規制されているため、扇板 3 6 A、3 6 B の下方領域は、扇板 3 6 A、3 6 B の上方領域に比べて圧力が高くなっている。回転方向の上流側から反応ガスノズル 3 1 に向かう N_2 ガスについては、このような圧力差及び回転方向の上流側に突出した扇板 3 6 A により、その流れが規制されるため、前記処理領域 P 1 への潜り込みが防がれて下流側へと向かう。そして、前記 N_2 ガスは、ノズルカバー 3 4 と天井面 4 5 との間に設けられた隙間 R を通って前記回転方向を第 1 の反応ガスノズル 3 1 の下流側へと向かう。つまり、反応ガスノズル 3 1 の上流側から下流側へ向かう N_2 ガスについて、その多くを反応ガスノズル 3 1 の下方側を迂回して隙間 R にガイドすることができると位置に前記扇板 3 6 A は配置されており、従って第 1 の処理領域 P 1 に流れこむ N_2 ガスの量が抑えられる。

【0061】

また、発明が解決しようとする課題の欄で説明したように、第 1 の処理領域 P 1 に流れ込んだ N_2 ガスは、ガスを受ける反応ガスノズル 3 1 の上流側（正面側）に比べて下流側

(背面側)の圧力が低くなっていることから、この反応ガスノズル31の下流側の位置へ向けて上昇しようとし、それに伴って反応ガスノズル31から吐出されて回転方向下流側に向かうBTBASガスも回転テーブル2から舞い上がろうとする。しかし、図12(a)に示すように、回転方向下流側に設けられた扇板36BによってこれらBTBASガス及び N_2 ガスは、その舞い上がりが防がれ、当該扇板36Bと回転テーブル2との間を下流側へと向かい、そして処理領域P1の下流側で上記した反応ガスノズル31の上側の隙間Rを通過して下流側へ流れた N_2 ガスと合流する。

【0062】

そして、これらBTBASガス及び分離ガスノズル41から供給された N_2 ガスは、処理領域P1の下流側に位置する分離ガスノズル42から上流側に向かった N_2 ガスに押されて、当該分離ガスノズル42が設けられた凸状部4の下方側に侵入することが防がれて、この分離ガスノズル42からの N_2 ガスと、中心部領域Cから吐出されている N_2 ガスと共に排気領域6を介して排気口61から排気される。

10

【0063】

また、分離ガスノズル42から吐出されて回転方向下流側に流れた N_2 ガスは、分離領域Dから第2の天井面45の下方へと流れ、第2の反応ガスノズル32の下流側に設けられた排気口62により排気が行われていることから、その天井面45の下方を第2の反応ガスノズル32へ向かって流れる。反応ガスノズル32の下方の第2の処理領域P2には O_3 ガスが吐出されており、図12(b)では点線の矢印でその流れを示している。吐出された O_3 ガスは扇板36A、36Bにより、扇板36A、36Bの下方から上方への舞い上がりが規制されているため、扇板36A、36Bの下方領域は、扇板36A、36Bの上方領域に比べて圧力が高くなっている。そして、回転方向の上流側から反応ガスノズル32に向かう前記 N_2 ガスについては、このような圧力差及び回転方向の上流側に突出した扇板36Aによりその流れが規制される。そのため、前記 N_2 ガスが反応ガスノズル32の下方の処理領域P2に潜り込むことが防がれて、ノズルカバー34上を下流側へと向かい、ノズルカバー34と天井面45との間に設けられた隙間Rを通過して処理領域P2の下流側へと流れる。つまり、反応ガスノズル32の上流側から下流側へ向かう N_2 ガスについて、その多くを反応ガスノズル32の下方側を迂回して隙間Rにガイドすることができるように前記扇板36Aは配置されており、従って第2の処理領域P2に流れこむ N_2 ガスの量が抑えられる。

20

30

【0064】

また、第2の処理領域P2に流れ込んだ N_2 ガスは、その N_2 ガス流を受ける反応ガスノズル32の上流側(正面側)に比べて下流側(背面側)の圧力が低くなっていることから、この反応ガスノズル32の下流側の位置へ向けて上昇しようとし、それに伴って反応ガスノズル32から吐出されて回転方向下流側に向かう O_3 ガスもその位置へと舞い上がろうとする。しかし、図12(b)に示すように、回転方向下流側に設けられた扇板36Bによってこれら O_3 ガス及び N_2 ガスは、その舞い上がりが防がれ、当該扇板36Bと回転テーブル2との間を下流側へと向かい、処理領域P2の下流側で上記した反応ガスノズル32の上側の隙間Rを通過して下流側へ流れた N_2 ガスと合流する。

【0065】

40

そして、これら O_3 ガス及び分離ガスノズル42から供給された N_2 ガスは、処理領域P2の下流側に位置する分離ガスノズル41から上流側に向かった N_2 ガスに押されて、当該分離ガスノズル41が設けられた凸状部4の下方側への侵入が防がれ、この分離ガスノズル41からの N_2 ガスと、中心部領域Cから吐出されている N_2 ガスと共に排気領域6を介して排気口62から排気される。

【0066】

ウエハWは回転テーブル2の回転により、第1の反応ガスノズル31が設けられる第1の処理領域P1と第2の反応ガスノズル32が設けられる第2の処理領域P2とを交互に通過するため、BTBASガスが吸着し、次いで O_3 ガスが吸着してBTBAS分子が酸化されて酸化シリコンの分子層が1層あるいは複数層形成され、こうして酸化シリコンの

50

分子層が順次積層されて所定の膜厚のシリコン酸化膜が成膜される。

【0067】

この成膜装置では、凸状部4の天井面44の高さ及び周方向の長さは、各ガスの流量などを含む運転時のプロセスパラメータにおいて当該天井面44の下方側へのガスの侵入を防止できる寸法に設定されているため、BTBASガス及び O_3 ガスは扇型の凸状部4の下方側にほとんど流入できないかあるいは少し流入したとしても分離ガスノズル41付近までには到達できるものではなく、分離ガスノズル41から吐出した N_2 ガスにより回転方向上流側、下流側に押し戻されて、既述のように排気される。また、各分離領域Dにおいては、雰囲気中を流れる反応ガスであるBTBASガスあるいは O_3 ガスの侵入を阻止するが、ウエハに吸着されているガス分子はそのまま分離領域つまり扇型の凸状部4による低い天井面44の下方を通過し、成膜に寄与することになる。

10

【0068】

こうして成膜処理が終了すると、各ウエハは搬入動作と逆の動作により順次搬送アーム10により搬出される。ここで処理パラメータの一例について記載しておく、回転テーブル2の回転数は、300mm径のウエハWを被処理基板とする場合例えば1rpm~500rpm、プロセス圧力は例えば1067Pa(8Torr)、ウエハWの加熱温度は例えば350℃、BTBASガス及び O_3 ガスの流量は例えば夫々100sccm及び10000sccm、分離ガスノズル41、42からの N_2 ガスの流量は例えば20000sccm、真空容器1の中心部の分離ガス供給管51からの N_2 ガスの流量は例えば5000sccmである。また1枚のウエハに対する反応ガス供給のサイクル数、即ちウエハが処理領域P1、P2の各々を通過する回数は目標膜厚に応じて変わるが、多数回例えば6000回である。以上のようなガスの流量の比率から言えることは、第1の処理領域P1及び第2の処理領域P2におけるガスの流れは分離領域Dから供給される N_2 ガスにより大きく影響を受ける。従って N_2 ガスの第1の処理領域P1及び第2の処理領域P2への流入を抑えることが重要であり、そのために既述のように扇板36A、36Bを設けることが有効である。

20

【0069】

上述の実施の形態によれば、ウエハWが載置された回転テーブル2上に設けられた第1の反応ガスノズル31の上方に分離領域Dから回転テーブル2の回転方向の上流側から下流側に向かう N_2 ガスの通流路をなす隙間Rが設けられると共に第1の反応ガスノズル31には前記回転方向の上流側に突出した扇板36Aを備えたノズルカバー34が設けられている。この扇板36Aにより分離ガスノズル41が設けられた分離領域Dから、第1の処理領域P1側に向かって流れる N_2 ガスについては、その多くが前記隙間Rを介して当該第1の処理領域P1の下流側へと流れて排気口61に流入するので、第1の処理領域P1に流入することが抑えられる。従って、第1の処理領域P1におけるBTBASガスの濃度が低下することが抑えられ、回転テーブル2の回転数を上昇させた場合でもBTBASガスの分子を確実にウエハWに吸着させて、正常に成膜を行うことができる。従ってウエハWへの成膜速度が向上するので、スループットを向上させることができる。また、ウエハWに均一性高く成膜することができる。さらに、膜質が向上する、つまり所望の性質の膜を得ることができる。

30

40

【0070】

また、前記ノズルカバー34には、回転方向の下流側に突出するように扇板36Bが設けられている。この扇板36Bにより上流側の分離領域Dから第1の処理領域P1に流れた N_2 ガスが、その処理領域P1から当該反応ガスノズル31から吐出されたBTBASガスを伴って回転テーブル2から第1の反応ガスノズル31の回転方向下流側にて第1の反応ガスノズル31の背面へと上昇することが抑えられる。従って、処理領域P1においてBTBASガスの濃度の低下が抑えられると共にBTBASガスのウエハWとの接触時間が低下することが抑えられるので、回転テーブル2の回転数を上昇させた場合でもBTBASガスの分子を確実にウエハWに吸着させて、正常に成膜を行うことができる。結果として、スループットを向上させることができる。また、ウエハWに均一性高く成膜する

50

ことができ、膜質を向上させることができる。

【0071】

また、上述実施の形態によれば、第2の反応ガスノズル32の上方にも第1の反応ガスノズルと同様に回転テーブル2の回転方向の上流側から下流側に向かうN₂ガスの通流路をなす隙間Rが設けられると共に、この第2の反応ガスノズル32には前記回転方向の上流側に突出した扇板36Aを備えたノズルカバー34が設けられている。この扇板36Aにより分離ガスノズル41が設けられた分離領域Dから、第2の処理領域P2側に向かって流れるN₂ガスについては、その多くが前記隙間Rを介して当該第2の処理領域P2の下流側へと流れて排気口62に流入するので、第2の処理領域P2に流入することが抑えられる。従って第2の処理領域P2にそのN₂ガスが流入することが抑えられ、第2の処理領域P2のO₃ガス濃度が低下することが抑えられる。従って、回転テーブル2の回転数が高い場合にもBTBASの酸化を十分行うことができ、不純物の少ない膜を形成することができるので、成膜速度を高めることができる。結果としてスループットを向上させることができる。また、ウエハWに均一性高く成膜することができ、膜質を向上させることができる。

10

【0072】

また、第2の反応ガスノズル32にも第1の反応ガスノズル31と同様に回転方向の下流側に向かって突出した扇板36Bが設けられており、分離領域Dから、第2の処理領域P2に流れたN₂ガスが、その処理領域P2から当該反応ガスノズル32から吐出されたO₃ガスを伴って回転テーブル2から第2の反応ガスノズル32の回転方向下流側へ上昇することが抑えられるので、処理領域P2においてO₃ガスの濃度が低下することが抑えられると共に当該O₃ガスとウエハWとの接触時間が低下することが抑えられる。このことから回転テーブル2の回転数が高い場合にもBTBASの酸化を十分行うことができ、不純物の少ない膜を形成することができるので、成膜速度を高めることができる。結果としてスループットを向上させることができる。また、ウエハWに均一性高く成膜することができ、膜質を向上させることができる。

20

【0073】

なお、ガスノズル31、32の上下に圧力差を形成し、この圧力差によってガスノズル31、32と回転テーブルとの間に分離ガスであるN₂ガスの流入を抑えるためには、ガスノズル31、32から夫々回転方向の上流側のみに扇板36Aを突出させる構成であってもよい。しかし、回転方向下流側にも扇板36Bを突出させることで、より確実に前記圧力差を形成できるので、上記の効果が確実に得られる。また、反応ガスの舞い上げを防ぐためには、ガスノズル31、32から夫々回転方向の下流側のみに扇板36Bを突出させる構成であってもよい。しかし、上流側にも扇板36Aを突出させることで、例えば反応ガスが回転テーブル2に衝突した勢いで、一旦ガスノズル31、32の上流側に流れてから下流側に向かう場合、この上流側に流れたガスが、分離ガスにより舞い上がることを当該扇板36Aで防ぐことができる。従って、このように両方向に扇板36A、36Bを設けることで、より確実に反応ガスの舞い上げを防ぐことができる。

30

【0074】

また、上記の例では、回転テーブル2の回転方向の上流側から反応ガスノズル31、32に分離ガスが流れているが、分離ガスノズル41、42、反応ガスノズル31、32及び排気口61、62の各配置や、各ガスノズルから吐出されるガスの圧力によっては、前記分離ガスは、回転方向の上流側及び下流側の両方向から反応ガスノズル31、32に向かう場合もある。そのように分離ガスが回転方向の下流側からも反応ガスノズル31、32に向かう場合、前記下流側に突出した扇板36Bが、その上下に圧力差を形成すると共に前記下流側から当該反応ガスノズル31、32に向かう分離ガスを隙間Rにガイドする。つまり、扇板36Bは、回転方向の下流側から反応ガスノズル31、32に流れる分離ガスに対して、回転方向の上流側から流れる分離ガスに対する扇板36Aの役割と同様の役割を果たす。また、同様に分離ガスが回転方向の下流側からも反応ガスノズル31、32に向かう場合、前記分離ガスによる反応ガスノズル31、32の回転方向上流側への反

40

50

応ガスの舞い上げを、前記上流側に突出した扇板 3 6 A により防ぐことができる。つまり、扇板 3 6 A は、回転方向の下流側から流れる分離ガスに対して、回転方向の上流側から流れる分離ガスに対する扇板 3 6 B の役割と同様の役割を果たす。また、扇板 3 6 は回転方向の下流側のみに設けられていてもよい。下流側のみに設けた場合、下流側から反応ガスノズル 3 1、3 2 に向かう分離ガスを隙間 R へガイドし、処理領域 P 1、P 2 の反応ガスの濃度の低下を防ぐことができる。

【0075】

本発明で適用される処理ガスとしては、上述の例の他に、DCS[ジクロロシラン]、HCD[ヘキサクロロジシラン]、TMA[トリメチルアルミニウム]、3DMS[トリスジメチルアミノシラン]、TEMAZ[テトラキスエチルメチルアミノジルコニウム]、TEMHF[テトラキスエチルメチルアミノハフニウム]、Sr(THD)₂ [ストロンチウムビステトラメチルヘプタンジオナト]、Ti(MPD)(THD)₂ [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]、モノアミノシランなどを挙げることができる。

【0076】

また前記分離領域 D の天井面 4 4 において、前記分離ガスノズル 4 1、4 2 に対して回転テーブル 2 の回転方向の上流側部位は、外縁に位置する部位ほど前記回転方向の幅が大きいことが好ましい。その理由は回転テーブル 2 の回転によって上流側から分離領域 D に向かうガスの流れが外縁に寄るほど速いためである。この観点からすれば、上述のように凸状部 4 を扇型に構成することは得策である。

【0077】

そして前記分離ガス供給ノズル 4 1 (4 2) の両側に各々位置する狭隘な空間を形成する前記第 1 の天井面 4 4 は、図 1 3 (a)、(b) に前記分離ガス供給ノズル 4 1 を代表して示すように例えば 300 mm 径のウエハ W を被処理基板とする場合、ウエハ W の中心 W O が通過する部位において回転テーブル 2 の回転方向に沿った幅寸法 L が 50 mm 以上であることが好ましい。凸状部 4 の両側から当該凸状部 4 の下方 (狭隘な空間) に反応ガスが侵入することを有効に阻止するためには、前記幅寸法 L が短い場合にはそれに応じて第 1 の天井面 4 4 と回転テーブル 2 との間の距離も小さくする必要がある。

【0078】

更に第 1 の天井面 4 4 と回転テーブル 2 との間の距離をある寸法に設定したとすると、回転テーブル 2 の回転中心から離れる程、回転テーブル 2 の速度が速くなっていくので、反応ガスの侵入阻止効果を得るために要求される幅寸法 L は回転中心から離れる程長くなっていく。このような観点から考察すると、ウエハ W の中心 W O が通過する部位における前記幅寸法 L が 50 mm よりも小さいと、第 1 の天井面 4 4 と回転テーブル 2 との距離をかなり小さくする必要があるため、回転テーブル 2 を回転したときに回転テーブル 2 あるいはウエハ W と天井面 4 4 との衝突を防止するために、回転テーブル 2 の振れを極力抑える工夫が要求される。

【0079】

更にまた回転テーブル 2 の回転数が高い程、凸状部 4 の上流側から当該凸状部 4 の下方側に反応ガスが侵入しやすくなるので、前記幅寸法 L を 50 mm よりも小さくすると、回転テーブル 2 の回転数を低くしなければならず、スループットの点で得策ではない。従って幅寸法 L が 50 mm 以上であることが好ましいが、50 mm 未満であっても本発明の効果が得られないというものではない。即ち、前記幅寸法 L がウエハ W の直径の 1/10 ~ 1/1 であることが好ましく、約 1/6 以上であることがより好ましい。

【0080】

ところで、図 1 4 (a)、(b) に示すように反応ガスノズル 3 1、3 2 には、基部 3 4 を設けず、扇板のみを設けてもよい。図 1 4 (a) は、その下端から回転方向の上流側、下流側に夫々突出するように扇板 3 6 A、3 6 B と同様に構成された扇板 3 7 A、3 7 B が設けられた反応ガスノズル 3 1 (3 2) の斜視図であり、図 1 4 (b) はその反応ガスノズル 3 1 (3 2) の縦断面図である。また、回転テーブル 2 の回転中心から回転テ

ブル 2 の外縁に向かうほど、回転テーブル 2 の移動距離が大きくなり、当該回転テーブル 2 上におけるガスの流れが速くなる。従って既述のように反応ガスノズル 3 1 , 3 2 に設けられる整流板としては各ガスの流れを確実に規制するために、前記回転テーブル 2 の回転中心から離れるほど、回転方向上流側、下流側へ大きく突出することが好ましいので、整流板としては 3 6 A、3 6 B、3 7 A、3 7 B のようにその平面形状が扇になるように形成することが好ましい。

【 0 0 8 1 】

また、整流板の突出する方向としては、上記の各例のように水平方向に限られない。例えば、図 1 4 (c) に示すように反応ガスノズル 3 1 から夫々斜め下方に向けて突出するように前記扇板 3 7 A , 3 7 B を設けてもよい。

10

【 0 0 8 2 】

回転テーブル 2 の回転速度が大きい場合には回転テーブル 2 上におけるガスの流れが速くなるので、上記の理由から整流板は扇形状にすることが好ましい。しかし整流板としては、処理領域においてガス濃度が薄くなる部位をカバーすることができればよく、従ってそのガス濃度に応じて自由にその形状を変更することができる。図 1 5 (a) は図 1 4 (a) に示した上記の扇板 3 7 A , 3 7 B を取り付けたガスノズル 3 1 の上面側を示し、図 1 5 (b) ~ (d) は扇板 3 7 A , 3 7 B の代わりに当該扇板 3 7 A , 3 7 B とは異なる形状の整流板 3 0 1 A ~ 3 0 4 A , 3 0 1 B ~ 3 0 4 B を取り付けたガスノズル 3 1 の上面側を示している。これら図 1 5 (b) ~ (d) に示すように、整流板は扇形状に限られない。尚、整流板は反応ガスノズルと一体化して、整流機能を有すものでも良い。反応ガスノズルと離間して別体で形成しても良い。

20

【 0 0 8 3 】

続いて上記の成膜装置に設けられる反応ガスノズルの他の例について図 1 6 ~ 図 1 7 (b) を用いて説明する。反応ガスノズル 3 は、細長い角筒状のノズル本体 3 2 1 と、このノズル本体 3 2 1 の側面に設けられた案内板 3 2 5 とを備えている。そして、ノズル本体 3 2 1 と案内板 3 2 5 とを挟むように、これらノズル本体 3 2 1 及び案内板 3 2 5 の下端に既述の扇板 3 7 A , 3 7 B が設けられている。ノズル本体 3 2 1 の内部は空洞となっていて、ノズル本体 3 2 1 の基端部に設けられたガス導入管 3 2 7 から供給される反応ガスを通流させるための通流空間 3 2 2 を構成している。

【 0 0 8 4 】

30

図 1 6 及び図 1 7 (a) に示すように、ノズル本体 3 2 1 の管壁である側壁部の一方側、例えば回転テーブル 2 の回転方向から見て上流側の側壁部には、例えば口径 0 . 5 mm の反応ガス流出孔 3 2 3 がノズル本体 3 2 1 の長さ方向に沿って例えば 5 mm の間隔を置いて複数個配列されている。また、この側壁部には、隙間調節部材 3 2 4 を介して当該側壁部に平行するように案内板 3 2 5 が固定されている。図 1 7 (a) は案内板 3 2 5 を取り外した状態における反応ガスノズル 3 の側面図である。当該図に示すように隙間調節部材 3 2 4 は、厚さの等しい複数の板材から構成され、ノズル本体 3 2 1 の側壁部の反応ガス流出孔 3 2 3 が配列されている領域を取り囲むように、例えば当該領域の上側と左右とに配置される。

【 0 0 8 5 】

40

これらの構成により、前記側壁部の外面、隙間調節部材 3 2 4、並びに案内板 3 2 5 で囲まれる空間は、反応ガス流出孔 3 2 3 から吐出されたガスが通流する扁平な帯状のガス通流空間 3 2 6 となる。ここで反応ガス流出孔 3 2 3 の配列されている領域の下方側には隙間調節部材 3 2 4 が配置されていないことから、当該ガス通流空間 3 2 6 には、図 1 7 (b) の底面図に示すようにスリット状のガス吐出口 3 2 8 が形成され、反応ガスノズル 3 はこのガス吐出口 3 2 8 を回転テーブル 2 に向けた状態で反応ガスノズル 3 1、3 2 と同様に回転テーブル 2 の半径上に配置される。また、隙間調節部材 3 2 4 の厚さは例えば 0 . 3 mm であり、従って反応ガス流出孔 3 2 3 の出口である吐出口 3 2 8 から案内板 3 2 5 までのガス通流空間 3 2 6 の幅も 0 . 3 mm となっている。

【 0 0 8 6 】

50

そして、反応ガスノズル 3 からガスを吐出させるにあたっては、前記反応ガス流出孔 3 2 3 より吐出された反応ガスを、当該反応ガス流出孔 3 2 3 に対向する位置に設けられた案内板 3 2 5 に衝突させてから真空容器 1 内に供給することにより、案内板 3 2 5 との間に形成されているガス通流空間 3 2 6 の広がる方向、即ちノズル本体 3 2 1 の伸びる方向に反応ガスの流れを分散させることができる。この結果、各反応ガス吐出口から吐出されたガスを回転テーブル 2 上に載置されたウエハ W に直接吹き付ける場合に比べて反応ガス吐出口の配置位置に応じて膜厚が異なる波打ち現象の発生を抑制し、ウエハ W 面内においてより厚さの均一な膜を成膜することができるため好ましい。

【 0 0 8 7 】

さらに他の反応ガスノズルの構成例について示す。図 1 8 (a)、図 1 8 (b) に示す反応ガスノズル 3 A は、ノズル本体 3 2 1 を円筒状の部材にて構成した点と、案内板 3 2 5 を部分円筒状の部材にて構成した点とが、前記反応ガスノズル 3 と異なっている。この反応ガスノズル 3 において、円筒状のノズル本体 3 2 1 の側壁面には、例えば口径 0 . 5 mm の反応ガス流出孔 3 2 3 がノズル本体 3 2 1 の長さ方向に沿って例えば 1 0 mm の間隔をおいて複数個配列されている。また案内板 3 2 5 は、例えばノズル本体 3 2 1 よりも直径の大きな円筒を径方向に切り取って得られた、縦断側面が円弧状の部分円筒の長さ方向に伸びる一端を、ノズル本体 3 2 1 の上端に固定した構成となっている。そして、ノズル 3 と同様にノズル本体 3 2 1 と案内板 3 2 5 とを挟むように扇板 3 7 A , 3 7 B が設けられている。

【 0 0 8 8 】

反応ガス吐出孔 3 2 3 の設けられているノズル本体 3 2 1 の外壁面と案内板 3 2 5 との間には反応ガスの通流空間 3 2 6 が形成され、例えば図 1 8 (b) に示すように反応ガス流出孔 3 2 3 より吐出された反応ガスは案内板 3 2 5 と衝突して通流空間 3 2 6 を左右に広がりながら下方に流れ、反応ガスノズル 3 A の長さ方向に混合されながら吐出口 3 2 8 から処理領域に供給される。従って、この反応ガスノズル 3 A においても、濃淡差の少ない状態で処理領域に反応ガスを供給することが可能となり、波打ちの少ない膜を成膜することが可能となるため好ましい。

【 0 0 8 9 】

ここで処理領域 P 1、P 2 及び分離領域 D の各レイアウトについて上記の実施の形態以外の他の例を挙げておく。図 1 9 は第 2 の反応ガスノズル 3 2 を搬送口 1 5 よりも回転テーブル 2 の回転方向下流側に位置させた例であり、このようなレイアウトであっても同様の効果が得られる。また分離領域 D は、扇型の凸状部 4 を周方向に 2 つに分割し、その間に分離ガスノズル 4 1 (4 2) を設ける構成であってもよいことを既に述べたが、図 2 0 は、このような構成の一例を示す平面図である。この場合、扇型の凸状部 4 と分離ガスノズル 4 1 (4 2) との距離や扇型の凸状部 4 の大きさなどは、分離ガスの吐出流量や反応ガスの吐出流量などを考慮して分離領域 D が有効な分離作用が発揮できるように設定される。なお、反応ガスノズルが含まれる処理領域は 3 つ以上設けてもよく、第 1、第 2 の反応ガスノズル 3 1、3 2 以外の各反応ガスノズルに既述の整流板を設けることができる。例えば 3 種類以上の反応ガスを順番に基板上に供給する場合には、第 1 の反応ガスノズル、分離ガスノズル、第 2 の反応ガスノズル、分離ガスノズル、第 3 の反応ガスノズル及び分離ガスノズルの順番で真空容器 1 の周方向に各ガスノズルを配置し、各分離ガスノズルを含む分離領域を既述の実施の形態のように構成すればよい。そして第 1 ~ 第 3 の各反応ガスノズルに既述の整流板を設けることができる。

【 0 0 9 0 】

以上の実施の形態では、回転テーブル 2 の回転軸 2 2 が真空容器 1 の中心部に位置し、回転テーブル 2 の中心部と真空容器 1 の上面部との間の空間に分離ガスをパージしているが、本発明は図 2 0 に示すように構成してもよい。図 2 1 の成膜装置においては、真空容器 1 の中央領域の底面部 1 4 が下方側に突出していて駆動部の収容空間 8 0 を形成していると共に、真空容器 1 の中央領域の上面に凹部 8 0 a が形成され、真空容器 1 の中心部において収容空間 8 0 の底部と真空容器 1 の前記凹部 8 0 a の上面との間に支柱 8 1 を介在

させて、第１の反応ガスノズル３１からのＢＴＢＡＳガスと第２の反応ガスノズル３２からの O_3 ガスとが前記中心部を介して混ざり合うことを防止している。

【００９１】

回転テーブル２を回転させる機構については、支柱８１を囲むように回転スリーブ８２を設けてこの回転スリーブ８１に沿ってリング状の回転テーブル２を設けている。そして前記收容空間８０にモータ８３により駆動される駆動ギヤ部８４を設け、この駆動ギヤ部８４により、回転スリーブ８２の下部の外周に形成されたギヤ部８５を介して当該回転スリーブ８２を回転させるようにしている。８６、８７及び８８は軸受け部である。また前記收容空間８０の底部にパージガス供給管７４を接続すると共に、前記凹部８０ａの側面と回転スリーブ８２の上端部との間の空間にパージガスを供給するためのパージガス供給管７５を真空容器１の上部に接続している。図２１では、前記凹部８０ａの側面と回転スリーブ８２の上端部との間の空間にパージガスを供給するための開口部は左右２箇所に記載してあるが、回転スリーブ８２の近傍領域を介してＢＴＢＡＳガスと O_3 ガスとが混じり合わないようにするために、開口部（パージガス供給口）の配列数を設計することが好ましい。

【００９２】

図２１の実施の形態では、回転テーブル２側から見ると、前記凹部８０ａの側面と回転スリーブ８２の上端部との間の空間は分離ガス吐出孔に相当し、そしてこの分離ガス吐出孔、回転スリーブ８２及び支柱８１により、真空容器１の中心部に位置する中心部領域が構成される。

【００９３】

以上述べた成膜装置を用いた基板処理装置について図２２に示しておく。図２２中、１０１は例えば２５枚のウエハを収納するフープと呼ばれる密閉型の搬送容器、１０２は搬送アーム１０３が配置された大気搬送室、１０４、１０５は大気雰囲気と真空雰囲気との間で雰囲気が切り替え可能なロードロック室（予備真空室）、１０６は、２基の搬送アーム１０７ａ、１０７ｂが配置された真空搬送室、１０８、１０９は本発明の成膜装置である。搬送容器１０１は図示しない載置台を備えた搬入搬出ポートに外部から搬送され、大気搬送室１０２に接続された後、図示しない開閉機構により蓋が開けられて搬送アーム１０３により当該搬送容器１０１内からウエハが取り出される。次いでロードロック室１０４（１０５）内に搬入され当該室内を大気雰囲気から真空雰囲気に切り替え、その後搬送アーム１０７ａ、１０７ｂによりウエハが取り出されて成膜装置１０８、１０９の一方に搬入され、既述の成膜処理がされる。このように例えば５枚処理用の本発明の成膜装置を複数個例えば２個備えることにより、いわゆるＡＬＤ（ＭＬＤ）を高いスループットで実施することができる。

【００９４】

（評価試験１）

本発明の効果を確認するためにコンピュータによるシミュレーションを行った。先ず、回転テーブル２と、その回転テーブル２上に上記の実施形態と同様に設けられた反応ガスノズル３１とをシミュレーションで設定した。この反応ガスノズル３１については、図１４（ａ）（ｂ）で説明したその下端に扇板３７Ａ、３７Ｂを設けたものと、扇板３７Ａ、３７Ｂを設けていないものとを夫々設定した。そして、回転テーブル２の回転数を１２０rpmに設定して、反応ガスノズル３１から反応ガスを吐出したときのその回転テーブル２上における反応ガスの濃度分布を、扇板３７Ａ、３７Ｂを設けた場合、扇板３７Ａ、３７Ｂを設けていない場合夫々について調べた。この扇板３７Ａ、３７Ｂとしては図２３（ａ）に示すように回転方向上流側、下流側に夫々突出した外形線の延長線のなす角１が１０°となるように設定した。また、反応ガス濃度の測定領域としては、図２３（ｂ）に点線を付した領域Ｕ１、Ｕ２、Ｕ３として示すように、回転テーブル２の中心点Ｐから周縁に向かって夫々１６０mm、３１０mm、４６０mm離れ、回転方向に沿った領域とした。また領域Ｕ１、Ｕ２、Ｕ３は、図中鎖線で示す反応ガスノズル３１の長さ方向を０°とした場合に、回転方向上流側、下流側に夫々前記点Ｐを中心に３０°以下の範囲でずれ

た領域である。

【 0 0 9 5 】

図 2 4 (a)、図 2 4 (b)、図 2 4 (c) のグラフに領域 U 1、U 2、U 3 についての夫々の測定結果を示している。各グラフの縦軸は測定位置における反応ガスのガス濃度 (%) を、各グラフの横軸は測定位置を夫々示している。横軸について具体的に説明すると、図 2 3 (b) に鎖線で示した反応ガスノズル 3 1 の長さ方向 0 ° として、点 P と測定位置とを結ぶ線分と前記反応ガスノズル 3 1 とのなす角度をその横軸の値として表示しており、測定位置が反応ガスノズル 3 1 に対して回転方向上流側に位置する場合に + の符号を、回転方向下流側に位置する場合に - の符号を夫々付している。また、各グラフ中の鎖線間を結ぶ矢印は、前記各測定領域 U 1 ~ U 3 において扇板 3 7 A、3 7 B 及び反応ガスノズル 3 1 に覆われた範囲を示しており、領域 U 1 では + 7 . 3 ° ~ - 7 . 3 ° の範囲、領域 U 2 では + 6 . 2 ° ~ - 6 . 2 ° の範囲、領域 U 3 では + 5 . 8 ° ~ - 5 . 8 ° の範囲である。そして、実線のグラフは扇板 3 7 A、3 7 B を設けた場合の測定結果、点線のグラフは扇板 3 7 A、3 7 B を設けていない場合の結果について示している。

10

【 0 0 9 6 】

各グラフから明らかなように、いずれの測定領域においても反応ガスノズル 3 の回転方向の下流側の領域について、扇板 3 7 A、3 7 B を設けた場合には扇板 3 7 A、3 7 B を設けない場合に比べて反応ガスの濃度が上昇している。従ってこの評価試験 1 から本発明の効果が証明された。

【 0 0 9 7 】

20

(評価試験 2)

回転テーブル 2 の回転数を 2 4 0 r p m に変更した他は評価試験 1 と同様のシミュレーションを行った。図 2 5 (a)、図 2 5 (b)、図 2 5 (c) は夫々領域 U 1、U 2、U 3 におけるガスの濃度分布について、夫々評価試験 1 と同様に示したものである。これらのグラフに示されるように、いずれの測定領域においても反応ガスノズル 3 1 の回転方向の下流側の領域について、扇板 3 7 A、3 7 B を設けることで反応ガスの濃度が上昇している。従って、この評価試験 2 の結果から上記のように扇板 3 7 A、3 7 B を設けることにより、回転テーブル 2 の回転数が高くなっても有効に処理領域のガス濃度を上昇させることができることが示された。

【 0 0 9 8 】

30

(評価試験 3)

上記の図 1 で示す実施形態の成膜装置を用いて成膜処理を行い、図 2 6 (a) に鎖線で示すようにウエハ W について回転テーブル 2 の中心から周縁部側へ向かったその直径方向における膜厚を調べた。また、第 1 の反応ガスノズル 3 1、第 2 の反応ガスノズル 3 2 について夫々扇板 3 6 A、3 6 B を設けずに、同様に成膜処理を行ってウエハ W の直径方向における膜厚を調べた。各測定において回転テーブル 2 の回転数は 2 4 0 r p m、その温度は 3 5 0 ° に夫々設定した。

【 0 0 9 9 】

図 2 6 (b) は上記の各測定結果を示したグラフであり、グラフの横軸はウエハ W における膜厚の測定位置を示しており、回転テーブル 2 の中心側の端部を 0 m m、回転テーブル 2 の周縁側の端部を 3 0 0 m m として、それらの間の直径方向における位置を示している。縦軸は各測定位置にて測定された膜厚を成膜処理を行ったときの回転テーブル 2 の回転数で除した値であり、従って 1 回転あたりにウエハ W に形成される膜厚 (n m / 回数) を示している。そして、グラフ中には実線で扇板 3 6 A、3 6 B を設けた場合の測定結果を、点線で扇板 3 6 A、3 6 B を設けなかった場合の測定結果を夫々示している。このグラフからノズルカバー 3 4 を設けることでウエハ W の面内の各部で 1 回転あたりに成膜できる膜厚を大きくすることが分かる。従って回転テーブル 2 の回転数を上昇させても正常に成膜を行うことができるので、スループットを高くすることが分かる。なお、扇板 3 6 A、3 6 B を設けることで、若干膜厚の面内均一性が低下しているが、反応ガスノズル 3 1、3 2 の吐出口 3 3 の形状や間隔などを調整することで、その面内均一性

40

50

の低下は防ぐことができると考えられる。

【 0 1 0 0 】

(評価試験 4)

続いて評価試験 1 と同様に、回転テーブル 2 と、その回転テーブル 2 上に上記の実施形態と同様に設けられた反応ガスノズル 3 1 とをシミュレーションで設定し、この反応ガスノズル 3 1 については、図 1 4 (a) (b) で説明したその下端に扇板 3 7 A , 3 7 B を設けたものと、扇板 3 7 A , 3 7 B を設けていないものとを夫々設定した。そして回転テーブル 2 の回転数を 1 2 0 r p m に設定し、反応ガスノズル 3 1 から反応ガスを吐出したときのその回転テーブル 2 上における反応ガスの濃度分布を、扇板 3 7 A , 3 7 B を設けた場合、扇板 3 7 A , 3 7 B を設けていない場合夫々について調べた。

10

【 0 1 0 1 】

図 2 7 (a) は扇板 3 7 A , 3 7 B を設けていない場合の濃度分布について、図 2 7 (b) は扇板 3 7 A , 3 7 B を設けた場合の濃度分布について夫々示したものである。実際のシミュレーション結果は、コンピュータグラフィックスにより反応ガスの濃度分布 (単位 : %) がグラデーション表示されるようにカラー画面にてアウトプットされているが、図示の便宜上、図 2 7 (a) (b) 及び後述の図 2 8 (a) (b) では概略の濃度分布を示してある。従って、これらの図で実際に濃度分布が飛び飛びになってしまっているわけではなく、これらの図に等濃度線で区画した領域間に急な濃度勾配が存在していることを意味している。図 2 7 (a)、図 2 7 (b) を比較して明らかなように扇板 3 7 A , 3 7 B を設けた場合には、設けない場合に比べてその反応ガスノズル 3 1 の周囲に高いガス濃度雰囲気形成されている。従って本発明の効果が証明された。

20

【 0 1 0 2 】

(評価試験 5)

続いて評価試験 4 と同様に、シミュレーションを行った。ただし回転テーブル 2 の回転数は 2 4 0 r p m に設定した。評価試験 4 と同様に図 2 8 (a)、図 2 8 (b) に扇板 3 7 A , 3 7 B を設けない場合、扇板 3 7 A , 3 7 B を設けた場合について夫々概略の反応ガスの濃度分布を示した。これらの図 2 8 (a)、図 2 8 (b) を比較して明らかなように扇板 3 7 A , 3 7 B を設けることで反応ガスノズル 3 1 周辺の反応ガスの濃度が上昇している。この結果から、回転テーブル 2 の回転数を上昇させても反応ガスノズル 3 1 の周囲に高いガスの濃度雰囲気を形成できることが分かり、従って本発明の効果が証明された。

30

【 符号の説明 】

【 0 1 0 3 】

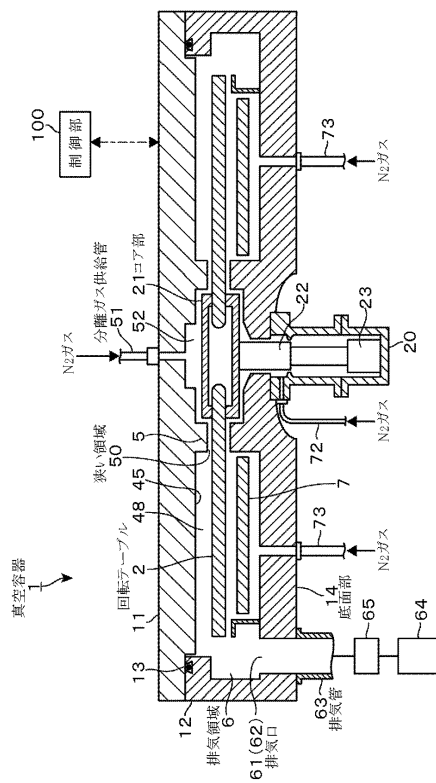
W	ウエハ
1	真空容器
2	回転テーブル
2 1	コア部
2 4	凹部 (基板載置領域)
3 1	第 1 の反応ガスノズル
3 2	第 2 の反応ガスノズル
3 4	整流部材
3 5 A , 3 5 B	扇板
P 1	第 1 の処理領域
P 2	第 2 の処理領域
D	分離領域
C	中心部領域
4 1、4 2	分離ガスノズル
5	凸状部
6 1、6 2	排気口
6 3	排気管

40

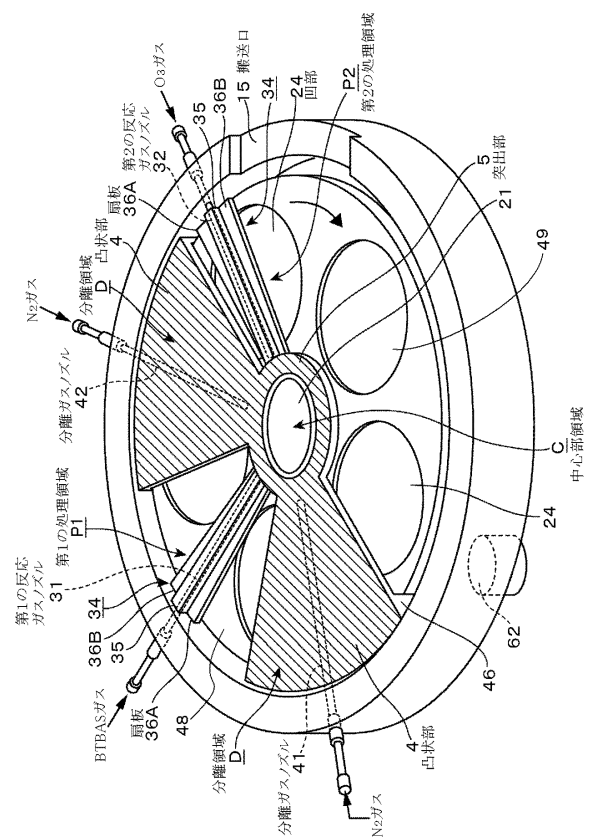
50

- | | |
|---------|----------|
| 6 5 | 冷却部 |
| 7 | ヒータユニット |
| 7 2、7 3 | パージガス供給管 |
| 8 1 | 分離ガス供給管 |

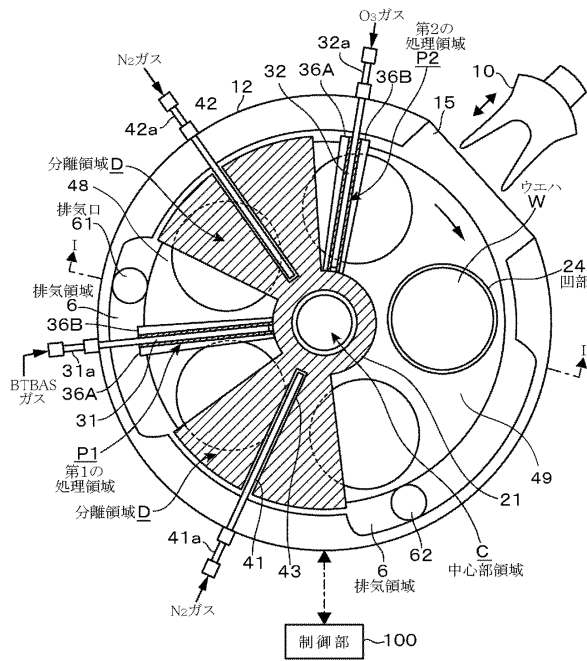
【 図 1 】



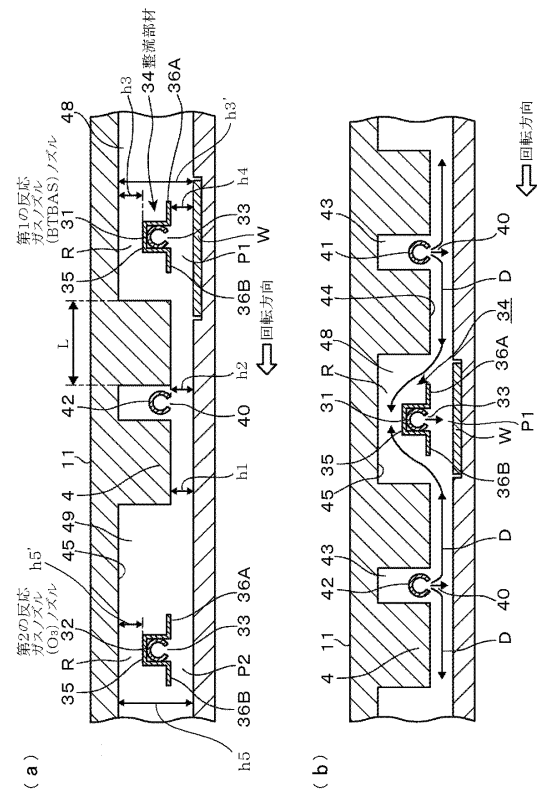
【 図 2 】



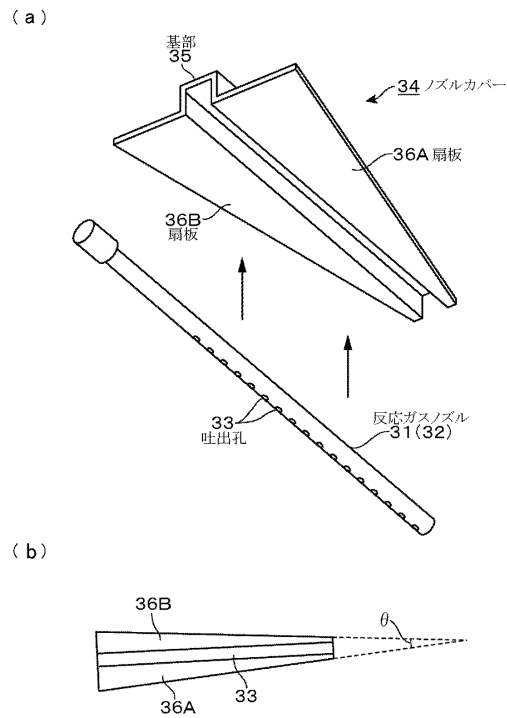
【図3】



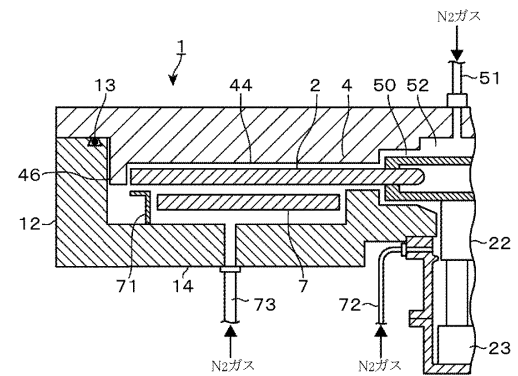
【図4】



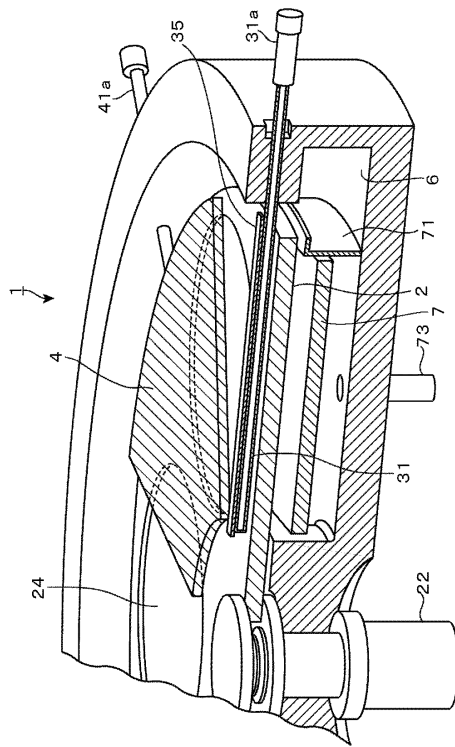
【図5】



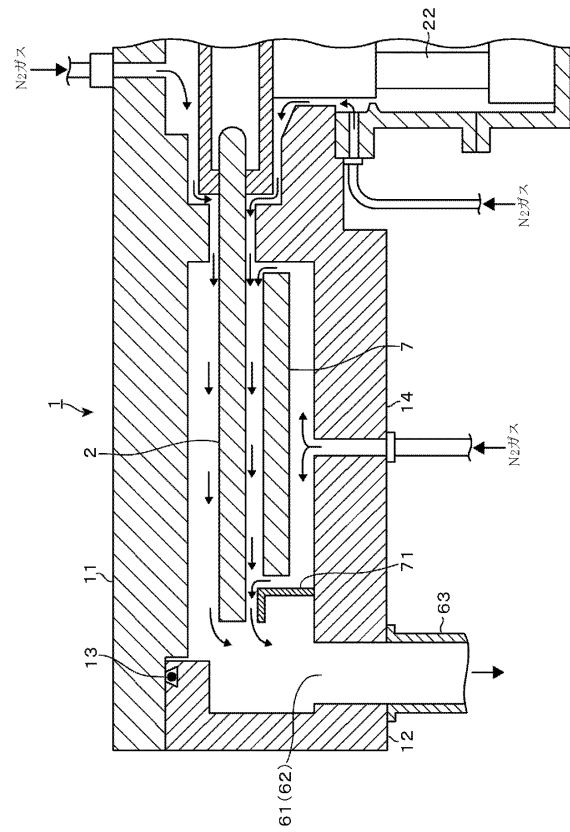
【図6】



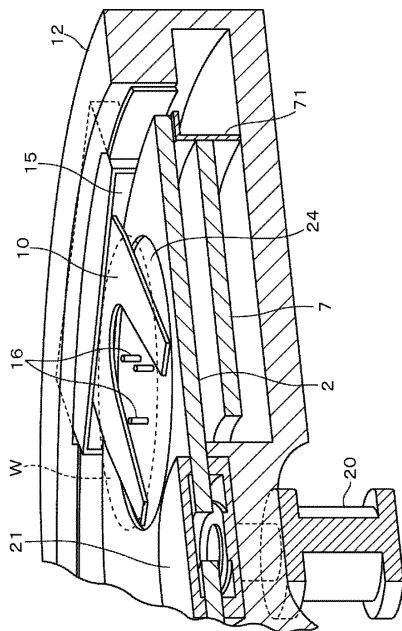
【圖 7】



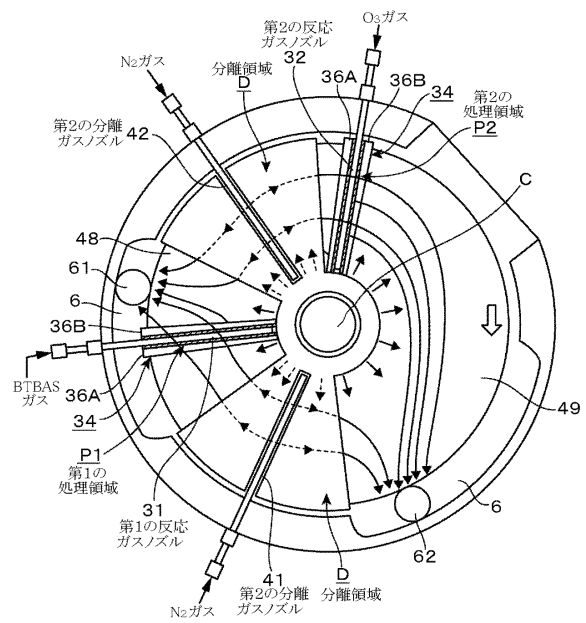
【圖 8】



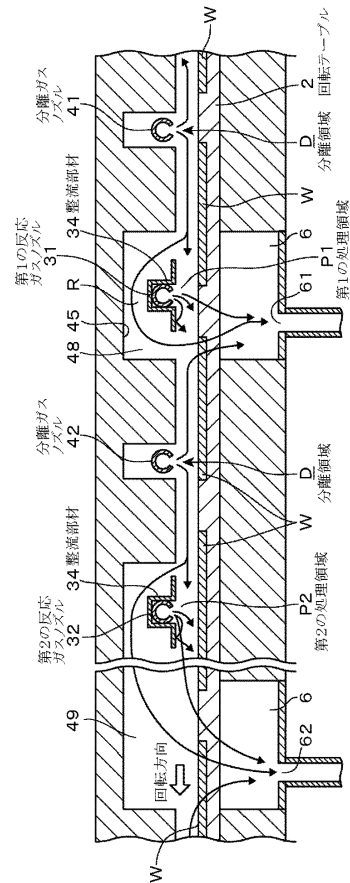
【 図 9 】



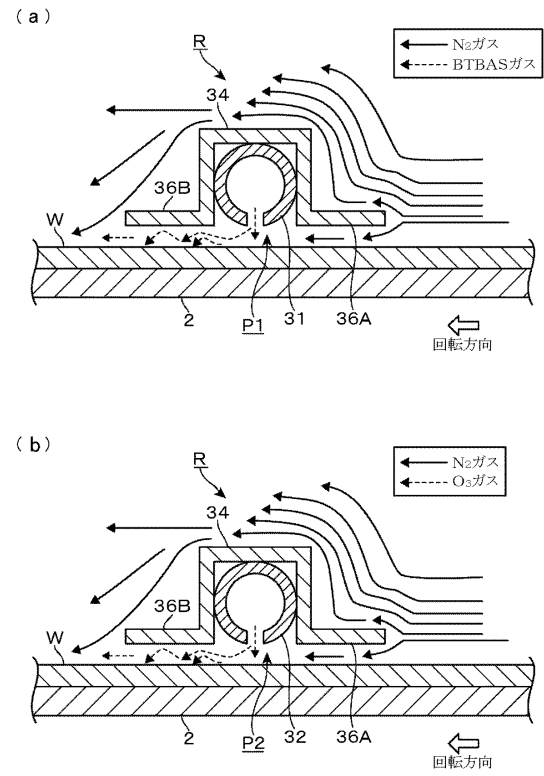
【 図 1 0 】



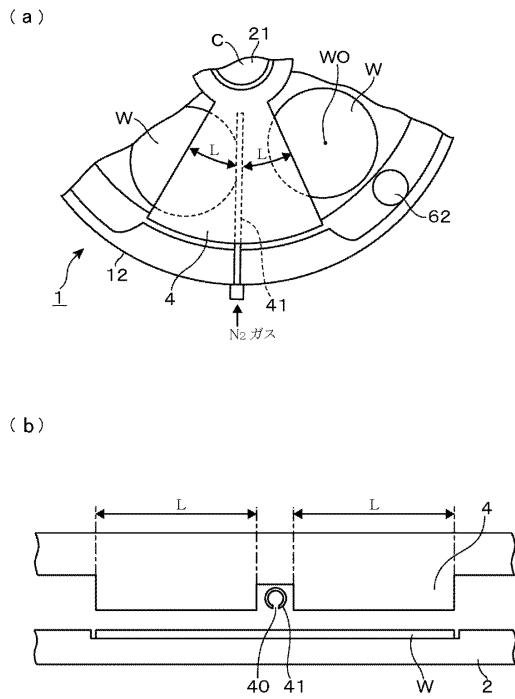
【図 1 1】



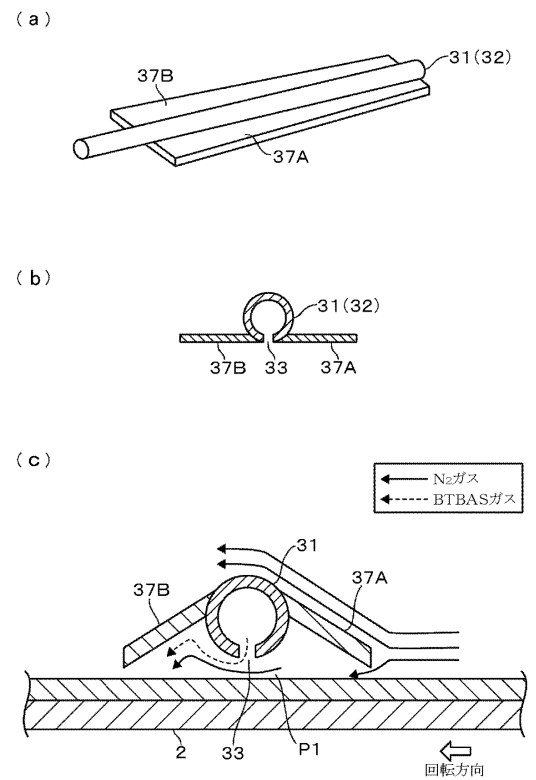
【図 1 2】



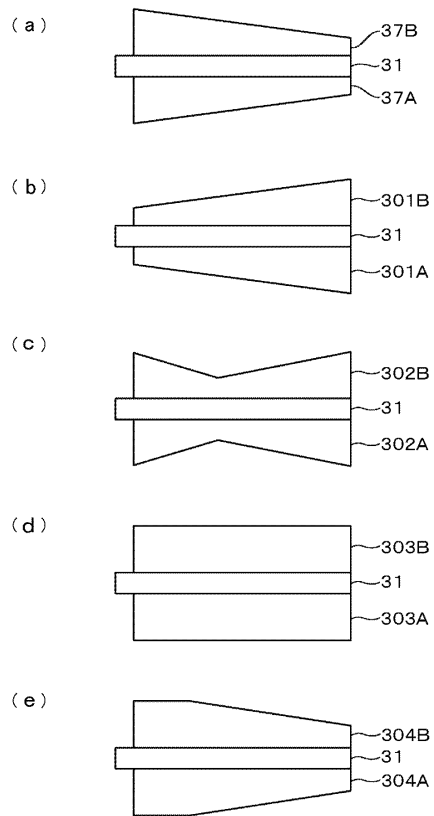
【図 1 3】



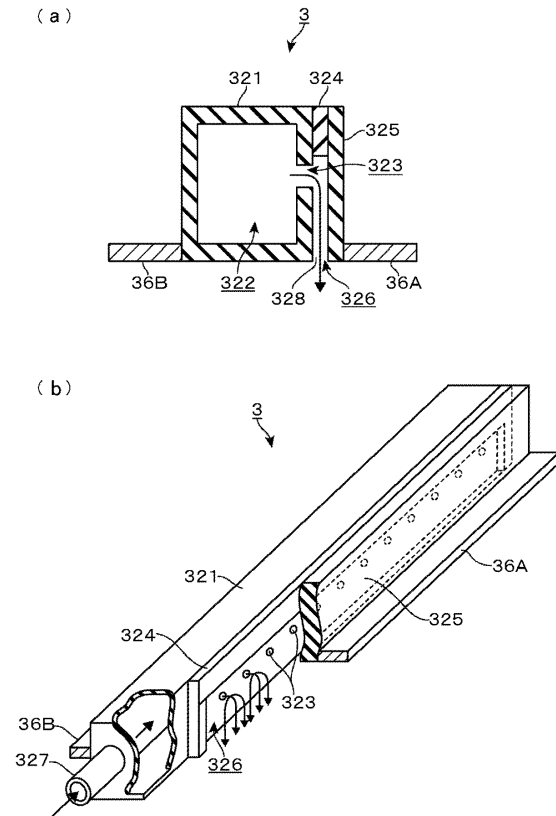
【図 1 4】



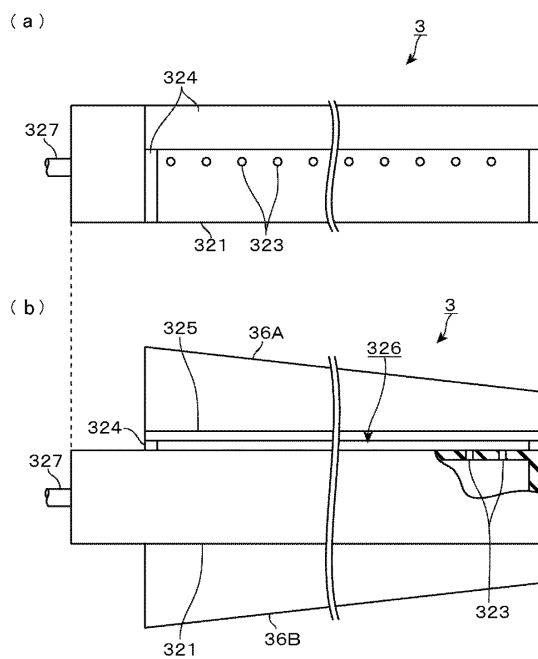
【図 15】



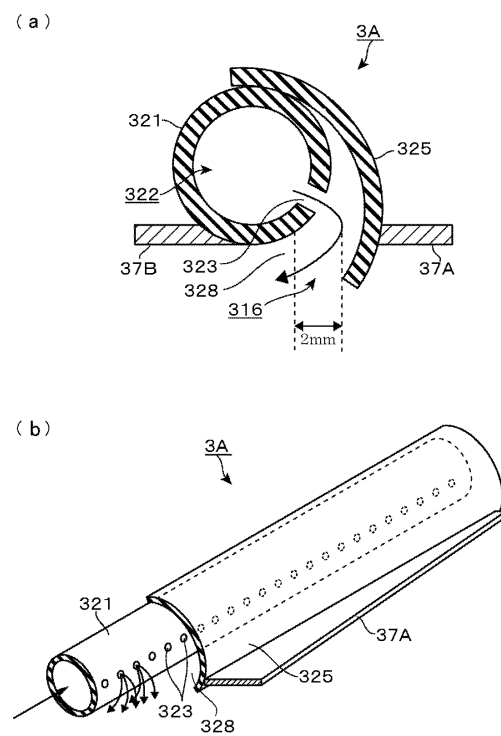
【図 16】



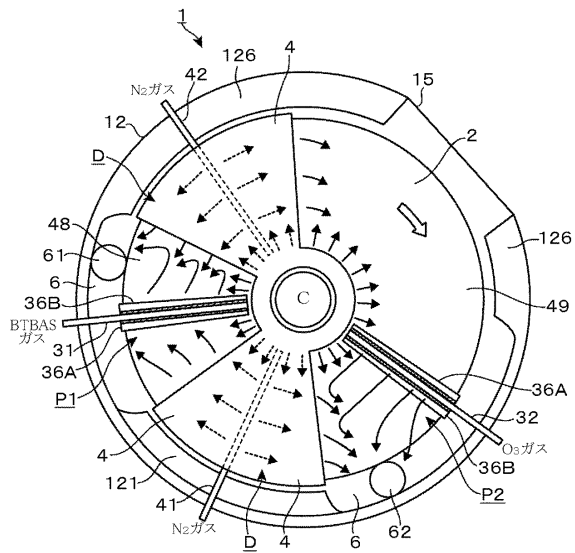
【図 17】



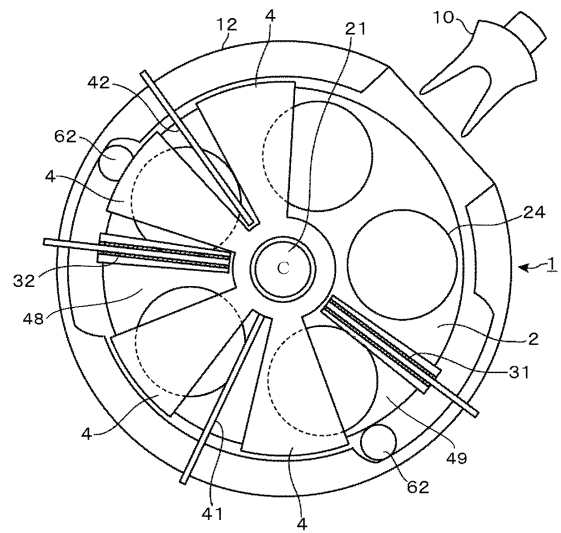
【図 18】



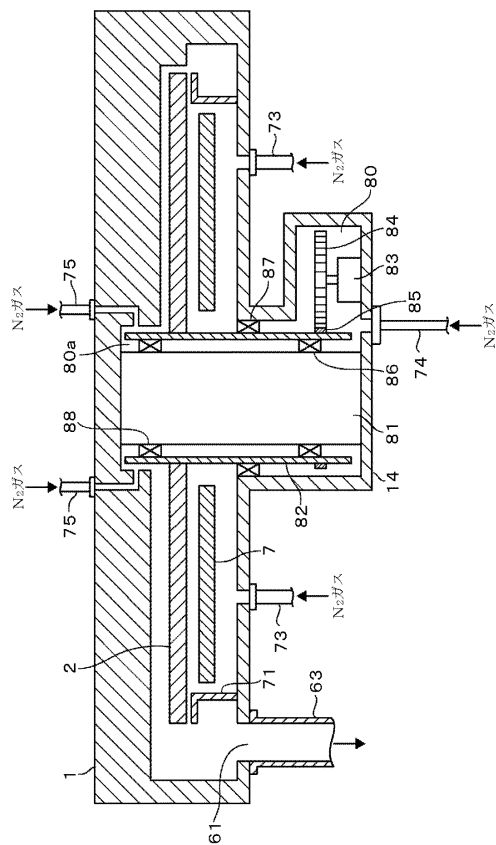
【図 19】



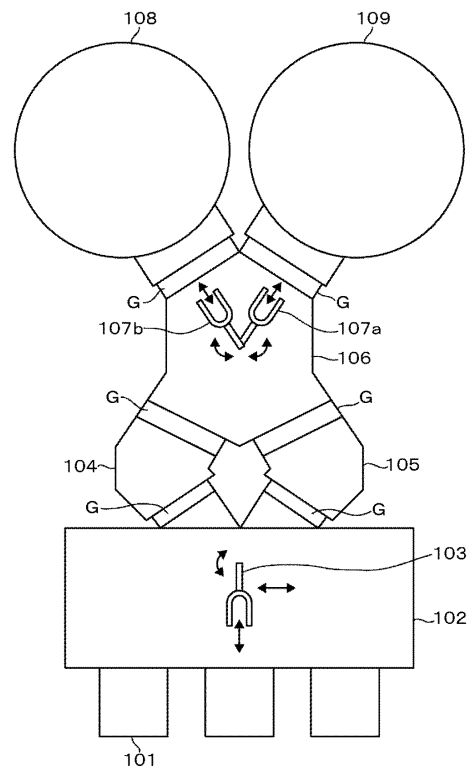
【図 20】



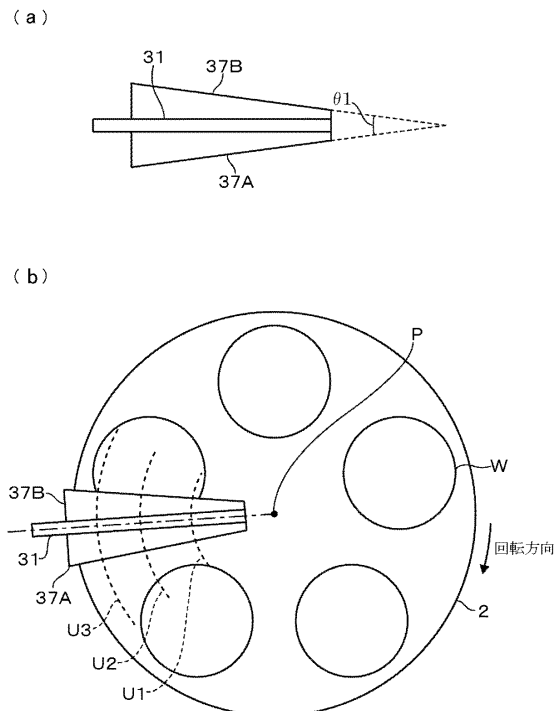
【図 21】



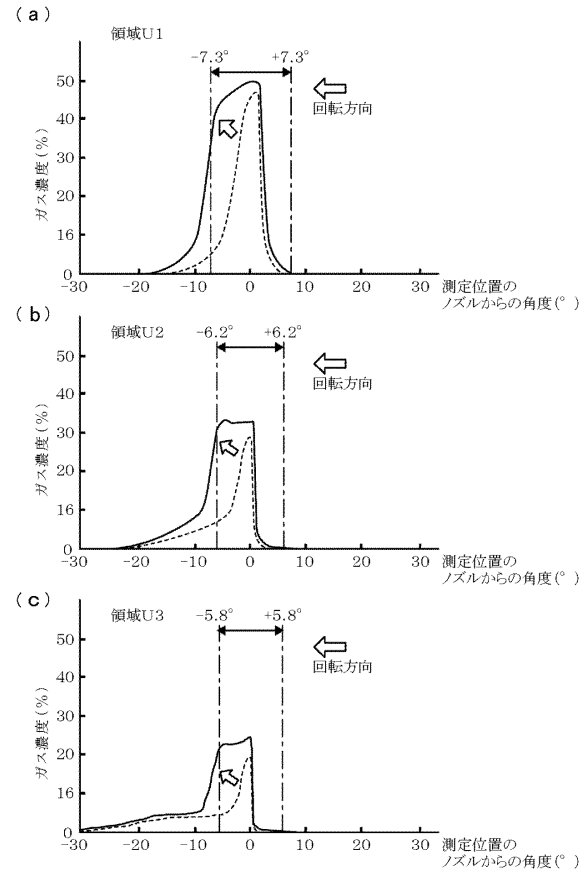
【図 22】



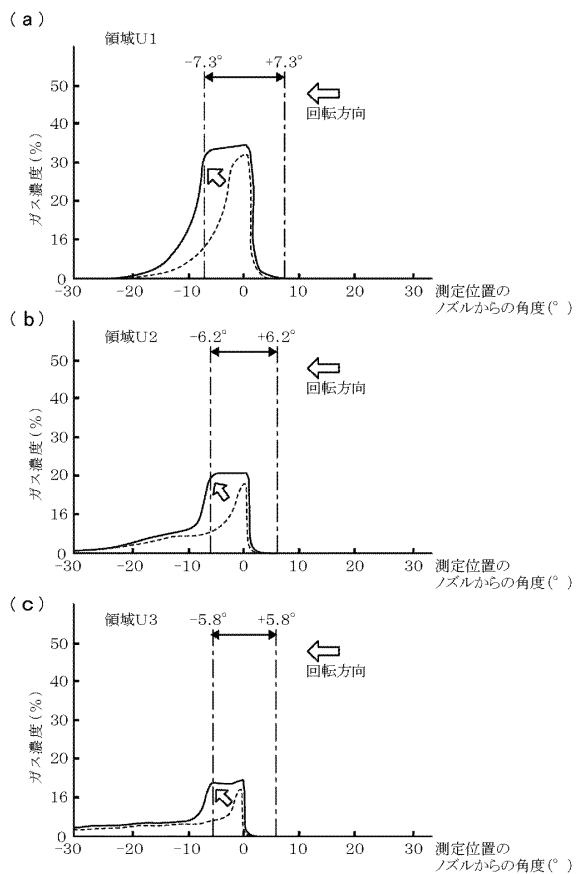
【図 23】



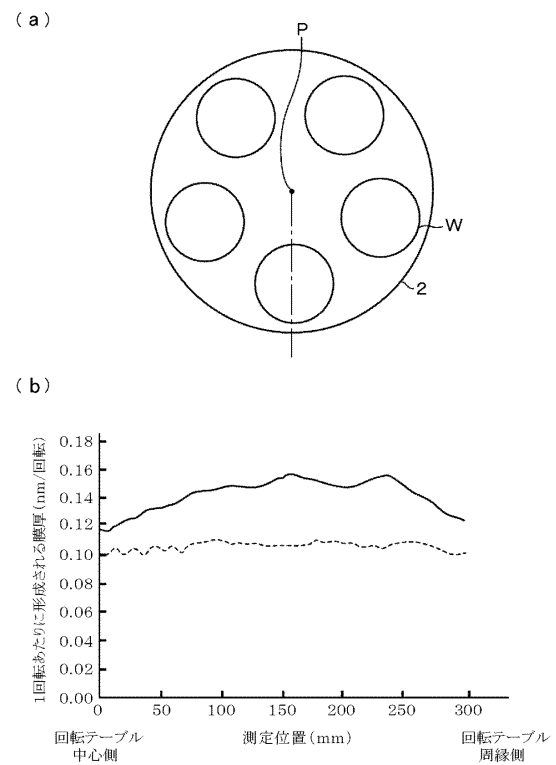
【図 24】



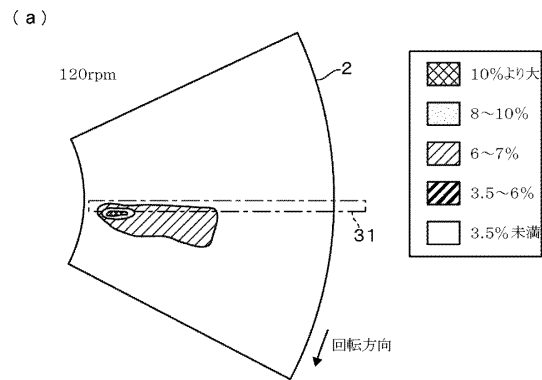
【図 25】



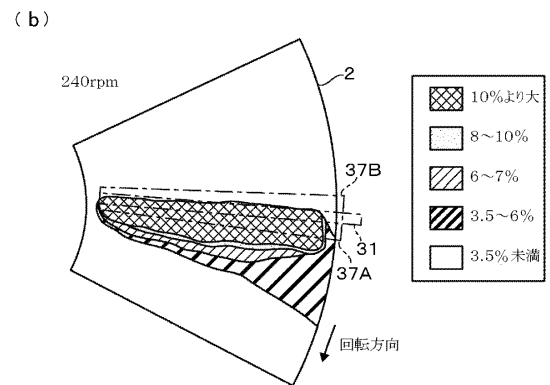
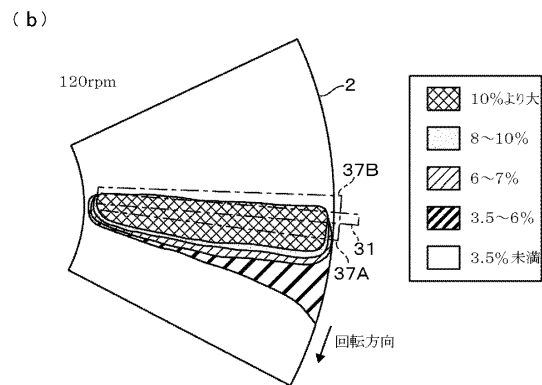
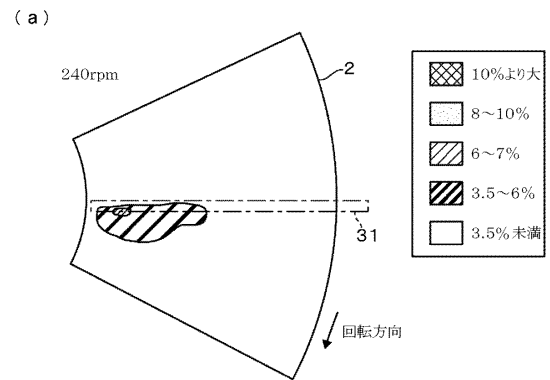
【図 26】



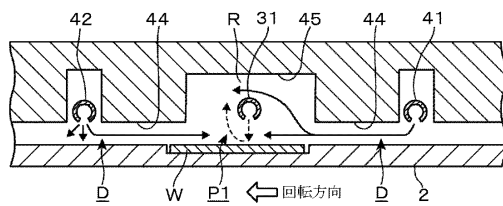
【図 27】



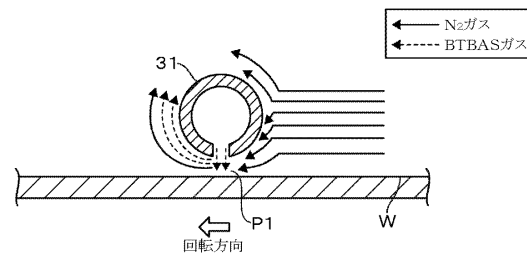
【図 28】



【図 29】



【図 30】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭63-000112(JP,A)
特開2007-247066(JP,A)
特開平01-249694(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/205
H01L 21/31
C23C 16/455