

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-182499

(P2012-182499A)

(43) 公開日 平成24年9月20日 (2012.9.20)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 21/31 (2006.01)	H O 1 L 21/31 B	4 K O 3 O
C 2 3 C 16/455 (2006.01)	H O 1 L 21/31 A	5 F O 4 5
	C 2 3 C 16/455	

審査請求 有 請求項の数 14 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2012-136160 (P2012-136160)	(71) 出願人	000219967 東京エレクトロン株式会社
(22) 出願日	平成24年6月15日 (2012.6.15)		東京都港区赤坂五丁目3番1号
(62) 分割の表示	特願2008-288136 (P2008-288136) の分割	(74) 代理人	100091513 弁理士 井上 俊夫
原出願日	平成20年11月10日 (2008.11.10)	(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
		(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

最終頁に続く

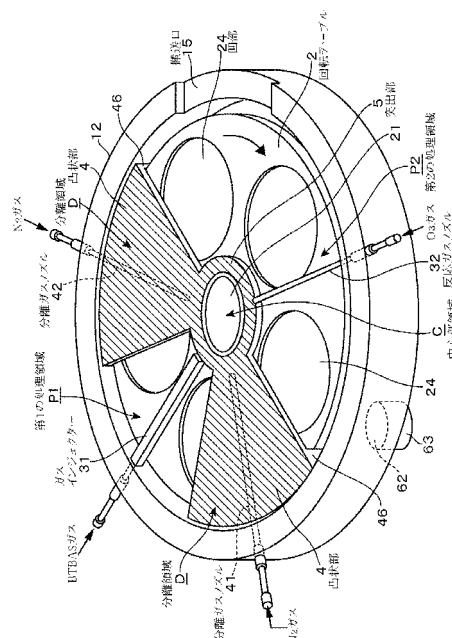
(54) 【発明の名称】 成膜装置

(57) 【要約】

【課題】インジェクター本体の長さ方向に均一な濃度のガスを供給することの可能な成膜装置を提供する。

【解決手段】真空容器内の基板に2種類の反応ガスを順番に供給して薄膜を形成する成膜装置は、基板を載置するために設けられ、回転テーブルの回転方向に互いに離れて配置された基板載置領域と、分離ガス供給手段を備えた分離領域とを備える。真空容器に反応ガスを供給するガスインジェクターは、ガス流路を構成するインジェクター本体の壁部に、その長さ方向に沿って配列された複数のガス流出孔と、前記インジェクター本体の外面との間にスリット状のガス吐出口を形成するように設けられ、ガス流出孔から流出したガスをガス吐出口に案内する案内部材と、を備える。このガスインジェクターは前記回転テーブルの移動路と交差する方向に伸び、且つ前記ガス吐出口を当該回転テーブルに対向させて配置されている。

【選択図】 図2



【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互いに離れて設けられ、前記回転テーブルにおける基板の載置領域側の面に夫々第 1 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 の反応ガスを供給するための第 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、ガス導入口を備えると共にガス流路を構成するインジェクター本体と、このインジェクター本体の壁部に、当該インジェクター本体の長さ方向に沿って配列された複数のガス流出孔と、前記インジェクター本体の外面との間に、当該インジェクター本体の長さ方向に伸びるスリット状のガス吐出口を形成するように設けられ、前記ガス流出孔から流出したガスを前記ガス吐出口に案内する案内部材と、を備えたガスインジェクターであり、このガスイン

【請求項 2】

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分離ガス吐出孔が形成された中心部領域を備え、

前記排気口は、前記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 1 に記載の成膜装置。

【請求項 3】

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 2 に記載の成膜装置。

【請求項 4】

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 2 または 3 に記載の成膜装置。

【請求項 5】

前記中心部領域は、真空容器の中心部にて上面及び底面の間に設けた支柱と、この支柱を囲み、鉛直回りに回転自在な回転スリーブと、を含み、

前記回転スリーブは、回転テーブルの回転軸をなしていることを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の成膜装置。

【請求項 6】

前記排気口は、回転テーブルの周縁と真空容器の内周壁との隙間から排気するために設けられている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】

前記分離ガス供給手段のガス吐出孔は、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 6 のいずれか一つに記載の成膜装置。

【請求項 8】

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 7 のいずれか一つに記載の成膜装置。

【請求項 9】

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 8 のいずれか一つに記載の成膜装置。

【請求項 10】

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 9 のいずれか一つに記載の成膜装置。

【請求項 11】

前記インjekター本体の壁部は、平坦部分を有すると共に、この平坦部分に前記複数のガス流出孔が設けられ、前記スリット状のガス吐出口は、前記平坦部分の一縁側に形成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】

前記案内部材は、前記平坦部分に対して平行に設けられていることを特徴とする請求項 12 に記載の成膜装置。

【請求項 13】

前記インjekター本体は、角筒状に形成されていることを特徴とする請求項 11 または 12 に記載の成膜装置。

【請求項 14】

前記インjekター本体は、円筒状に形成され、前記案内部材は、断面が前記インjekター本体の外面に沿って円弧状に形成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。

【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技術に関する。

【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ALD（Atomic Layer Deposition）やMLD（Molecular Layer Deposition）などと呼ばれており（以下、ALD方式と呼ぶ）、サイクル数に応じて膜厚を高精度にコントロールできると共に、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。

【0003】

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。

【0004】

10

20

30

40

50

こうした背景から特許文献 1 ~ 特許文献 8 には、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が既に知られているが、これらの各文献に記載の成膜装置は、ウエハへのパーティクルや反応生成物の付着の問題、またパージに長時間を要したり、不必要な領域で反応が引き起こされるといった問題を有している。そこで本件出願人においては、これらの諸問題を解決可能な回転テーブル型の成膜装置を開発している。

【 0 0 0 5 】

当該成膜装置では、例えば回転テーブルの移動路に対して交差する方向に伸びる細長い円筒状のガスノズルの下面に、ノズルの長さ方向に沿って多数のガス流出孔を設け、回転テーブルの回転に伴ってガスノズルの下方を通過する基板載置領域上のウエハの表面に向けてこれらのガス流出孔から反応ガスを吐出する構造を採用している。そして、例えば当該ガスノズルを 2 本用いて 2 種類の反応ガスを連続的に供給し、回転テーブルを回転させることによってウエハ表面にこれらの反応ガスを交互に供給し、例えばウエハ表面にシリコン酸化膜を形成する成膜処理を行ったところ、成膜された膜の膜厚がガスノズルの長さ方向に沿って波を打つように変化する現象が確認された。この膜厚の変化の様子を観察すると、ガス流出孔の下方を通過する領域に形成される膜が厚く、その他の領域では薄くなっており、ガスノズルに設けられたガス流出孔がシリコン酸化膜の膜厚の差としてウエハ表面に転写されていることが確認された（以下、この現象を「波打ち」現象と呼ぶ）。

【 0 0 0 6 】

一般に ALD 方式は、ウエハ表面への反応ガス原子や分子の吸着を利用した成膜法であることから、膜厚の均一性が良好であることが知られている。このような成膜方式であるにも拘らず、回転テーブル型の成膜装置にて既述の波打ち現象を生ずる原因は、ガスノズルの下面に散在するガス流出孔から反応ガスがウエハ表面に直接吹き付けられていること、回転テーブルは例えば数百 rpm といった非常に高い回転速度にてガスノズルの下方を通過する場合もあることなどから、反応ガスの吸着状態が平衡に達する前に、ウエハが当該ガス吐出孔から離れていってしまい、ガス流出孔の直下とそれ以外の領域との間でウエハに吸着する反応ガスの量が異なるためではないかと推測される。

【 0 0 0 7 】

成膜された膜の波打ち現象を解消するためには、ノズルの長さ方向に均一に反応ガスを供給する必要があるところ、例えばガス流出孔に替えてノズルの長さ方向に伸びるスリットを設ける手法も考えられる。しかしながらスリットは、ガス流出孔に比べて反応ガス通過時のコンダクタンスが大きく、例えばガスノズルの基端側から反応ガスを供給すると、圧力の高い基端側と、圧力の低い先端側との間でウエハに向かって吐出するガス量の差が大きくなってしまい均一な濃度で反応ガスを供給することが困難である。基端側と先端側との間の圧力差を小さくするためには、管径の大きなガスノズルを採用することも考えられるが、この場合にはガスノズルを格納するために必要なスペースが大きくなり、真空容器が大型化して成膜装置全体が大型化してしまうという問題がある。

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

【特許文献 2】特開 2 0 0 1 - 2 5 4 1 8 1 号公報：図 1、図 2

【特許文献 3】特許 3 1 4 4 6 6 4 号公報：図 1、図 2、請求項 1

【特許文献 4】特開平 4 - 2 8 7 9 1 2 号公報

【特許文献 5】米国特許公報 6, 634, 314 号

【特許文献 6】特開 2 0 0 7 - 2 4 7 0 6 6 号公報：段落 0 0 2 3 ~ 0 0 2 5、0 0 5 8、図 1 2 及び図 1 8

【特許文献 7】米国特許公開公報 2 0 0 7 - 2 1 8 7 0 1 号

【特許文献 8】米国特許公開公報 2 0 0 7 - 2 1 8 7 0 2 号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、インジェクター本

10

20

30

40

50

体の長さ方向に均一な濃度のガスを供給することの可能な成膜装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の成膜装置は、真空容器内に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互いに離れて設けられ、前記回転テーブルにおける基板の載置領域側の面に夫々第1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の反応ガスを供給するための第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、ガス導入口を備えると共にガス流路を構成するインジェクター本体と、このインジェクター本体の壁部に、当該インジェクター本体の長さ方向に沿って配列された複数のガス流出孔と、前記インジェクター本体の外面との間に、当該インジェクター本体の長さ方向に伸びるスリット状のガス吐出口を形成するように設けられ、前記ガス流出孔から流出したガスを前記ガス吐出口に案内する案内部材と、を備えたガスインジェクターであり、このガスインジェクターは前記回転テーブルの移動路と交差する方向に伸び、且つ前記ガス吐出口を当該回転テーブルに対向させて配置されていることを特徴とする。

【0010】

そして、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分離ガス吐出孔が形成された中心部領域を備え、前記排気口は、これら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構成されていることが好ましい。またここで前記分離領域は、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ている場合が好適である。

【0011】

以上の各場合において、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となっているか、あるいは、前記中心部領域は、真空容器の中心部にて上面及び底面の間に設けた支柱と、この支柱を囲み、鉛直回りに回転自在な回転スリーブと、を含み、前記回転スリーブは、回転テーブルの回転軸をなしていることが好ましい。また前記排気口は、回転テーブルの周縁と真空容器の内周壁との隙間から排気するために設けられているとよい。

【0012】

このほか、前記分離ガス供給手段のガス吐出孔は、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が好ましく、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とよい。そして、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、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、外縁に位置する部位ほど前記回転方向の幅を大きくすることが好適である。

【0013】

10

20

30

40

50

ここで、前記インジェクター本体の壁部は、平坦部分を有すると共に、この平坦部分に前記複数のガス流出孔が設けられ、前記スリット状のガス吐出口は、前記平坦部分の一縁側に形成されていることが好ましく、この場合には前記案内部材は、前記平坦部分に対して平行に設けられているとよい。さらにこれらの場合、インジェクター本体は、角筒状に形成されていることが好適である。

【 0 0 1 4 】

あるいは、前記インジェクター本体は、円筒状に形成され、前記案内部材は、断面が前記インジェクター本体の外面に沿って円弧状に形成されていてもよい。

【 発 明 の 効 果 】

【 0 0 1 5 】

本発明によれば、ガスインジェクターを構成するインジェクター本体の壁部に設けられた複数のガス流出孔より吐出されたガスを、案内部材により案内して、前記インジェクター本体の長さ方向に沿って伸びるスリット状のガス吐出口を介してガスを供給するようになっているので、案内部材によって案内される際に、当該ガスを前記スリットの伸びる方向に分散させることができる。この結果、例えば載置領域上に載置された基板にガスインジェクターからガスを供給して当該基板の表面に吸着させるプロセスなどにおいて、インジェクター本体の伸びる方向に均一な濃度のガスを供給することが可能となる。これにより、インジェクター本体の壁部に設けられたガス流出孔から吐出されたガスを基板に直接吹き付けるタイプのガスインジェクターを適用した場合と比較して、当該ガス流出孔の設けられた領域とそのほかの領域とで基板に吸着するガス量が異なるといった不具合の発生を抑制することができる。

【 発 明 を 実 施 す る た め の 最 良 の 形 態 】

【 0 0 1 6 】

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 はこの容器本体 1 2 の上面に設けられた封止部材、例えば O リング 1 3 を介して内部の減圧状態により容器本体 1 2 側に押し付けられ気密状態を維持している。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ようになっている。

【 0 0 1 7 】

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。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が真空容器 1 の底面部 1 4 の下面に気密に取り付けられており、ケース体 2 0 の内部雰囲気と外部雰囲気との気密状態が維持されている。

【 0 0 1 8 】

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 を載置するための円形状の凹部 2 4 が設けられている。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。ここで図 4 は、回転テーブル 2 を同心円に沿って切断しかつ横に展開して示す展開図であり、凹部 2 4 は、図 4（a）に示すようにその直径がウエハ W の直径よりも僅かに例えば 4 mm 大きく、またその深さはウエハ W の厚みと同等の大きさに設定されている。従ってウエハ W を凹部 2 4 に落とし込むと、ウエハ W の表面と回転テーブル 2 の表面（ウエハ W が載置されない領域）とが揃うことになる。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が大きいとその段差部分で圧力変動が生じることから、ウエハ W の表面と回転テーブル 2 の表面との高さを揃えることが、膜厚の面内均一性を揃える観点から好ましい。ウエハ W の表面と回転テーブル 2 の表面との高さを揃えるとは、同じ高さであるかあるいは両面の差

が 5 mm 以内であることをいうが、加工精度等に応じてできるだけ両面の高さの差をゼロに近づけることが好ましい。凹部 24 の底面には、ウエハ W の裏面を支えて当該ウエハ W を昇降させるための例えば後述する 3 本の昇降ピンが貫通する貫通孔（図示せず）が形成されている。

【0019】

凹部 24 はウエハ 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ためのものであり、本発明の基板載置領域に相当する部位であるが、基板載置領域（ウエハ載置領域）は、凹部に限らず例えば回転テーブル 2 の表面にウエハ W の周縁をガイドするガイド部材をウエハ W の周方向に沿って複数並べた構成であってもよく、あるいは回転テーブル 2 側に静電チャック等のチャック機構を持たせてウエハ W を吸着する場合には、その吸着によりウエハ W が載置される領域が基板載置領域となる。

10

【0020】

図 2 及び図 3 に示すように真空容器 1 内には、回転テーブル 2 における凹部 24 の通過領域と各々対向する位置に、本発明の実施の形態に係わるガスインジェクター 31 及び反応ガスノズル 32 と 2 本の分離ガスノズル 41、42 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。この結果、ガスインジェクター 31 は、回転テーブル 2 の回転方向、即ち移動路と交差する方向に伸びた状態で配置されていることになる。これらガスインジェクター 31、反応ガスノズル 32 及び分離ガスノズル 41、42 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供給ポート 31a、32a、41a、42a は当該側壁を貫通して

20

【0021】

これらガスインジェクター 31、反応ガスノズル 32 及び分離ガスノズル 41、42 は、図示の例では、真空容器 1 の周壁部から真空容器 1 内に導入されているが、後述する環状の突出部 5 から導入してもよい。この場合、突出部 5 の外周面と天板 11 の外表面とに開口する L 字型の導管を設け、真空容器 1 内で L 字型の導管の一方の開口にガスインジェクター 31、（反応ガスノズル 32、分離ガスノズル 41、42）を接続し、真空容器 1 の外部で L 字型の導管の他方の開口にガス供給ポート 31a（32a、41a、42a）を接続する構成を採用することができる。

【0022】

ガスインジェクター 31 及び反応ガスノズル 32 は、夫々第 1 の反応ガスである BTBAS（ピ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 41、42 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。また、各ガスインジェクター 31、反応ガスノズル 32 は N_2 ガスのガス供給源にも接続されており、成膜装置の運転開始時に圧力調節用のガスとして各処理領域 P1、P2 に N_2 ガスを供給することができるようになっている。この例では、反応ガスノズル 32、分離ガスノズル 41、ガスインジェクター 31 及び分離ガスノズル 42 がこの順に時計方向に配列されている。

30

【0023】

図 4 に示すように、反応ガスノズル 32 には、下方側に O_3 ガスを吐出するためのガス吐出孔 33 がノズルの長さ方向に間隔をおいて配列されている。また分離ガスノズル 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おいて配列されている。一方、BTBAS ガスを供給するためのガスインジェクター 31 の詳細な構成については後述する。ガスインジェクター 31、反応ガスノズル 32 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 BTBAS ガスをウエハ W に吸着させるための第 1 の処理領域 P1 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 P2 となる。

40

【0024】

分離ガスノズル 41、42 は、第 1 の処理領域 P1 と第 2 の処理領域 P2 との雰囲気

50

分離する分離領域 D を形成するために N_2 ガスを供給する役割を果たし、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 4 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、平面形状が扇型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。

【0025】

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、他の実施形態においては、例えば溝部 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溝部 43 を形成してもよい。

【0026】

従って分離ガスノズル 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る。この凸状部 4 の役割は、回転テーブル 2 との間への第 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。

【0027】

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 O_3 ガスが侵入することを阻止し、また回転方向下流側から B T B A S ガスが侵入することを阻止する。「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 B T B A S ガスが凸状部 4 内で交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。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 W 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。

【0028】

一方天板 11 の下面には、図 5、図 6 に示すように回転テーブル 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 は図 5 に示すように凸状部 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。

【0029】

凸状部 4 及び分離ガスノズル 41（42）の組み合わせ構造の作り方については、凸状部 4 をなす 1 枚の扇型プレートの中央に溝部 43 を形成してこの溝部 43 内に分離ガスノズル 41（42）を配置する構造に限らず、2 枚の扇型プレートを用い、分離ガスノズル 41（42）の両側位置にて天板本体の下面にボルト締め等により固定する構成等であってもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 0 】

この例では分離ガスノズル 4 1 (4 2) は、真下に向いた例えば口径 0 . 5 mm の吐出孔 4 0 がノズルの長さ方向に沿って例えば 1 0 mm の間隔をおいて配列されている。また反応ガスノズル 3 2 についても、真下に向いた例えば口径 0 . 5 mm の吐出孔 3 3 がノズルの長さ方向に沿って例えば 1 0 mm の間隔をおいて配列されている。

【 0 0 3 1 】

この例では直径 3 0 0 mm 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、回転中心から例えば 1 4 0 mm 離れた後述の突出部 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 1 4 6 mm であり、ウエハ W の載置領域 (凹部 2 4) の最も外側部位においては、周方向の長さが例えば 5 0 2 mm である。なお図 4 (a) に示すように、当該外側部位において分離ガスノズル 4 1 (4 2) 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 でみれば、長さ L は 2 4 6 mm である。

10

【 0 0 3 2 】

また図 4 (b) に示すように凸状部 4 の下面即ち天井面 4 4 における回転テーブル 2 の表面からの高さ h は、例えば 0 . 5 mm から 1 0 mm であってもよく、約 4 mm であると好適である。この場合、回転テーブル 2 の回転数は例えば 1 r p m ~ 5 0 0 r p m に設定されている。分離領域 D の分離機能を確保するためには、回転テーブル 2 の回転数の使用範囲等に応じて、凸状部 4 の大きさや凸状部 4 の下面 (第 1 の天井面 4 4) と回転テーブル 2 の表面との間の高さ h を例えば実験等に基づいて設定することになる。なお分離ガスとしては、N₂ ガスに限られず Ar ガス等の不活性ガスを用いることができるが、不活性ガスに限らず水素ガス等であってもよく、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。

20

【 0 0 3 3 】

真空容器 1 の天板 1 1 の下面、つまり回転テーブル 2 のウエハ載置領域 (凹部 2 4) から見た天井面は既述のように第 1 の天井面 4 4 とこの天井面 4 4 よりも高い第 2 の天井面 4 5 とが周方向に存在するが、図 1 では、高い天井面 4 5 が設けられている領域についての縦断面を示しており、図 5 では、低い天井面 4 4 が設けられている領域について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 5 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 4 6 を形成している。扇型の凸状部 4 は天板 1 1 側に設けられていて、天板 1 1 は容器本体 1 2 から取り外せるようになっていることから、前記回転テーブル 2 の外端面と屈曲部 4 6 の内周面、及び屈曲部 4 6 の外周面と容器本体 1 2 の内周面との間には僅かに隙間がある。そこでこの屈曲部 4 6 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 4 6 の内周面と回転テーブル 2 の外端面との隙間は、例えば回転テーブル 2 の表面に対する天井面 4 4 の高さ h と同様の寸法に設定されている。即ち、この例においては、回転テーブル 2 の表面側領域からは、屈曲部 4 6 の内周面が真空容器 1 の内周壁を構成していると見ることができる。

30

【 0 0 3 4 】

容器本体 1 2 の内周壁は、分離領域 D においては図 5 に示すように前記屈曲部 4 6 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 1 4 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となっている。この窪んだ部位における、回転テーブル 2 の周縁と容器本体 1 2 の内周壁との隙間は、各々第 1 の処理領域 P 1 及び第 2 の処理領域 P 2 に連通していて、各処理領域 P 1、P 2 に供給された反応ガスを排気できるようにになっている。これらの隙間を排気領域 6 と呼ぶことにすると、ここ排気領域 6 の底部、即ち回転テーブル 2 の下方側には、図 1 及び図 3 に示すように、夫々第 1 の排気口 6 1 及び第 2 の排気口 6 2 が形成されている。

40

【 0 0 3 5 】

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

50

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。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 (B T B A S ガス及び O_3 ガス) の排気を専用に行うようにしている。この例では一方の排気口 6 1 はガスインジェクター 3 1 とこのガスインジェクター 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、また他方の排気口 6 1 は、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。

【0036】

排気口の設置数は 2 個に限られるものではなく、例えば分離ガスノズル 4 2 を含む分離領域 D と当該分離領域 D に対して前記回転方向下流側に隣接する第 2 の反応ガスノズル 3 2 との間に更に排気口を設置して 3 個としてもよいし、4 個以上であってもよい。この例では排気口 6 1、6 2 は回転テーブル 2 よりも低い位置に設けることで真空容器 1 の内周壁と回転テーブル 2 の周縁との間の隙間から排気するようにしているが、真空容器 1 の底面部に設けることに限られず、真空容器 1 の側壁に設けてもよい。また排気口 6 1、6 2 は、真空容器 1 の側壁に設ける場合には、回転テーブル 2 よりも高い位置に設けるようにしてもよい。このように排気口 6 1、6 2 を設けることにより回転テーブル 2 上のガスは、回転テーブル 2 の外側に向けて流れるため、回転テーブル 2 に対向する天井面から排気する場合に比べてパーティクルの巻上げが抑えられるという観点において有利である。

【0037】

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、図 7 などに示すように加熱手段であるヒータユニット 7 が設けられており、回転テーブル 2 を介して回転テーブル 2 上のウエハ W をプロセスレシピで決められた温度に加熱するように構成されている。前記回転テーブル 2 の周縁付近の下方側には、回転テーブル 2 の上方空間から排気領域 6 に至るまでの雰囲気とヒータユニット 7 が置かれている雰囲気とを区画するために、ヒータユニット 7 を全周に亘って囲むようにカバー部材 7 1 が設けられている。このカバー部材 7 1 は上縁が外側に屈曲されてフランジ形状に形成され、その屈曲面と回転テーブル 2 の下面との間の隙間を小さくして、カバー部材 7 1 内に外方からガスが侵入することを抑えている。

【0038】

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いる、これら狭い空間は前記ケース体 2 0 内に連通している。そして前記ケース体 2 0 にはパージガスである N_2 ガスを前記狭い空間内に供給してパージするためのパージガス供給管 7 2 が設けられている。また真空容器 1 の底面部 1 4 には、ヒータユニット 7 の下方側位置にて周方向の複数部位に、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 7 3 が設けられている。

【0039】

このようにパージガス供給管 7 2、7 3 を設けることにより図 6 にパージガスの流れを矢印で示すように、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への B T B A S ガスあるいは O_3 ガスの回り込みが防止されるため、このパージガスは分離ガスの役割も果たしている。

【0040】

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 50 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とになる。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 P1 と第 2 の処理領域 P2 との間で回転テーブル 2 の中心部を介して反応ガス (BTBAS 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 P1 と第 2 の処理領域 P2 との雰囲気とを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 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 50 に相当する。

【0041】

更に真空容器 1 の側壁には図 2、図 3 に示すように外部の搬送アーム 10 と回転テーブル 2 との間でウエハ W の受け渡しを行うための搬送口 15 が形成されており、この搬送口 15 は図示しないゲートバルブにより開閉されるようになっている。また回転テーブル 2 におけるウエハ載置領域である凹部 24 はこの搬送口 15 に臨む位置にて搬送アーム 10 との間でウエハ W の受け渡しが行われることから、回転テーブル 2 の下方側において当該受け渡し位置に対応する部位に、凹部 24 を貫通してウエハ W を裏面から持ち上げるための受け渡し用の昇降ピン及びその昇降機構 (共に図示せず) が設けられる。

【0042】

以上に説明した構成を備えた本実施の形態に係る成膜装置において、例えば O_3 ガスを供給する反応ガスノズル 32 については、既述のように当該ノズル 32 の底部に、下方向きに設置された吐出孔 33 が間隔をおいて配列された構成の従来型のノズルとなっている。これに対して例えば BTBAS ガスを供給するガスインジェクター 31 は、背景技術にて説明した膜の波打ち現象を軽減するために、従来型のノズルとは異なった構成を備えている。以下、当該ガスインジェクター 32 の詳細な構成について図 8 ~ 図 10 を参照しながら説明する。

【0043】

図 8 ~ 図 10 に示すように、反応ガスノズル 32 は、例えば石英製の細長い角筒状のインジェクター本体 311 と、このインジェクター本体 311 の側面に設けられた案内部材 315 とを備えている。インジェクター本体 311 の内部は空洞となっていて、当該空洞はインジェクター本体 311 の基端部に設けられたガス導入管 317 から供給される BTBAS ガスを通流させるためのガス流路 312 を構成している。図 7 に示すようにインジェクター本体 311 は、基端部側を容器本体 12 の側壁側へ向け、ガス導入管 317 を既述のガス供給ポート 31a と接続した状態で真空容器 1 内に配置され、回転テーブル 2 の表面からインジェクター本体 311 の底面までの高さは例えば 1 mm ~ 4 mm となっている。ガス導入管 317 は、インジェクター本体 311 の接続部にて開口し、当該開口部はガス流路 312 へ反応ガスを導入する導入口となっている。ここで反応ガスノズル 32 を構成する部材の材料は上述の石英の例に限定されず、例えばセラミック製であってもよい。

【0044】

図 8、図 9 及び図 10 (a) に示すように、インジェクター本体 311 の壁部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 のガス流出孔 313 がインジェクター本体 311 の長さ方向に沿って例えば 5 mm の間隔をおいて複数個、例えば 67 個配列されている。ガス流出孔 313 は、後述のガス吐出口 316 が伸びる方向へとガス流路 312 内の BTBAS ガスを均一に供給する役割を果たす。

【0045】

ここで本実施の形態に係るインジェクター本体 311 は、既述のように角筒状に形成されているところ、ガス流出孔 313 の設けられている側壁部は平坦な平坦部分となっており、当該回転テーブルに対して垂直な状態で配置することが好ましい。ここで当該側壁部が回転テーブル 2 に対して垂直であるとは、厳密に垂直である場合のみに限定されず、回

10

20

30

40

50

転テーブルに対する垂直面から、当該側壁部が $\pm 5^\circ$ 程度の傾きを持って配置されている場合も含んでいる。

【0046】

さらにこれらガス流出孔313の配列されたインジェクター本体311の側壁部には、当該ガス流出孔313に対向するように案内部材315が固定されている。案内部材315は、例えば隙間調節部材314を介して前記側壁部に固定され、これら案内部材315と前記側壁部とは例えば互いに平行になるように固定されている。案内部材315は、例えば石英製の部材からなり、ガス流出孔313より吐出されたBTBASガスの流れ方向を回転テーブル2の設けられている方向に案内すると共に、当該ガスの流れを分散させて、成膜される膜へのガス流出孔313の転写を防止する役割を果たす。ここで案内部材315がガス流出孔313の設けられた側壁部に対して平行であるとは、両部材が厳密に平行に配置されている場合のみに限定されず、例えば案内部材315が前記側壁部に対して $\pm 5^\circ$ 程度の傾きを持って配置されている場合も含んでいる。この場合においても案内部材315はセラミック製であってもよい。

10

【0047】

図10(a)は案内部材315を取り外した状態におけるガスインジェクター31の側面図である。隙間調節部材314は、例えば石英製の厚さの等しい複数の板材から構成され、インジェクター本体311の側壁部のガス流出孔313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方側と左右側方側とに配置される。本例において隙間調節部材314の厚さは例えば0.3mmとなっており、案内部材315は、これら隙間調節部材314を介して例えばボルト締めなどによってインジェクター本体311に締結される。ここでも隙間調節部材314はセラミック製であってもよい。

20

【0048】

これらの構成により、前記側壁部の外面と案内部材315との間には、例えば図10(b)の底面図に示すように、ガス流出孔313から吐出されたBTBASガスをウエハWへ向けて吐出するスリット状のガス吐出口316が平坦部分である側壁部の一縁側に沿って形成される。ガスインジェクター31はこのガス吐出口316を回転テーブル2に向けた状態でインジェクター本体311内に配置される。また、既述のように隙間調節部材314の厚さは0.3mmであることから、スリット状のガス吐出口316の幅も0.3mmとなっている。

30

【0049】

さらにまた既述のようにボルト締めを利用する場合などには、隙間調節部材314や案内部材315がインジェクター本体311から着脱自在となるので、例えば、反応ガスの供給量や種類、回転テーブル2の回転速度など、運転条件の変更に合わせて厚さの異なる隙間調節部材314を用い、ガス吐出口316のスリットの幅を調節することもできる。また、案内部材315の着脱ができる場合には、図10(a)、図10(b)の右側の領域に図示したように、ガス流出孔313の一部を熱的、化学的安定性の高い例えばカプトン(登録商標)製のシール318で塞ぎ、また再度これを取り外すことなどが容易となる。これにより、反応ガスや運転条件の違いによってガス流出孔313の配置間隔を変更したり、ガスインジェクター31の基端側と先端側とでガス流出孔313の配置間隔を異ならせたりすることもできる。

40

【0050】

成膜装置全体の説明に戻ると、図1、図3に示すように、この実施の形態の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コンピュータからなる制御部100が設けられ、この制御部100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み立てられており、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100内にインストールされる。

【0051】

次に上述の実施の形態に係る成膜装置の作用について説明する。先ず図示しないゲート

50

バルブを開き、搬送アーム 10 により搬送口 15 を介してウエハを外部から回転テーブル 2 の凹部 24 内に受け渡す。この受け渡しは、凹部 24 が搬送口 15 に臨む位置に停止したときに凹部 24 の底面の貫通孔を介して真空容器 1 の底部側から不図示の昇降ピンが昇降することにより行われる。そして回転テーブル 2 を間欠的に回転させながらこのようなウエハ W の受け渡しを行い、回転テーブル 2 の 5 つの凹部 24 内に夫々ウエハ W を載置する。続いて真空ポンプ 64 を稼働させ、圧力調節手段 65 の圧力調節弁を全開として各処理領域 P1、P2 を含む空間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 300℃ に加熱されており、ウエハ W はこの回転テーブル 2 に載置されることで加熱される。

10

【0052】

このウエハ W の加熱動作と並行して、真空容器 1 内に成膜開始後に供給される反応ガス、分離ガス並びにパージガスと等量の N_2 ガスを供給して、真空容器 1 内の圧力調節を行う。例えばガスインジェクター 31 からは 100 sccm、反応ガスノズル 32 からは 10,000 sccm、各分離ガスノズル 41、42 からは各々 20,000 sccm、分離ガス供給管 51 からは 5,000 sccm といった量の N_2 ガスを真空容器 1 内に供給し、各処理領域 P1、P2 内の圧力が既述の圧力設定値、例えば 1,067 Pa (8 Torr) となるように、圧力調節手段 65 にて圧力調節弁の開閉動作を行う。なお、このとき各パージガス供給管 72、73 から所定量の N_2 ガスが供給される。

20

【0053】

次いで、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、第 1、第 2 の処理領域 P1、P2 の圧力が各々設定圧力になったことを確認したら、ガスインジェクター 31 及び反応ガスノズル 32 より供給するガスを夫々 BTBAS ガス及び O_3 ガスに切り替え、ウエハ W への成膜動作を開始する。この時、真空容器 1 内に供給されるガスの総流量が急激に変化しないように各ガスインジェクター 31、反応ガスノズル 32 におけるガスの切り替えはゆっくりと行うとよい。

30

【0054】

そして回転テーブル 2 の回転により、ウエハ W は第 1 の処理領域 P1 と第 2 の処理領域 P2 とを交互に通過するため、各ウエハ W には 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。

【0055】

このとき、ガスインジェクター 31 より供給される BTBAS ガスの挙動を詳細に説明すると、ガス導入管 317 から供給された BTBAS ガスはインジェクター本体 311 の基端側から先端側へとガス流路 312 内を流れていくと共に、インジェクター本体 311 の側壁部に設けられた各ガス流出孔 313 より流出する。このとき各ガス流出孔 313 に対向する位置には案内部材 315 が設けられていることから、例えば図 8 に示すように、各ガス流出孔 313 から吐出した BTBAS ガスは流れ方向が下向きとなるように案内され、スリット状のガス吐出口 316 へ向けて流れていく。

40

【0056】

このとき、ガス流出孔 313 から吐出された BTBAS ガスは、案内部材 315 に衝突して流れ方向が変えられることから、例えば図 9 に模式的に示すように、当該ガスは案内部材 315 へ衝突した際にスリット状のガス吐出口 316 が伸びる方向に沿って左右に広がり、その後下向きに流れていく。既述のようにガス流出孔 313 はインジェクター本体 311 の長さ方向に互いに隣り合って配列されていることから、各ガス流出孔 313 から吐出されたガスの流れは、案内部材 315 に衝突して左右に広がる際に、ガスインジェクター 31 の長さ方向に互いに混じり合いながら流れていく。こうして当該ガスの流れは、ガスインジェクター 31 の長さ方向にガス濃度が均一化されながらスリット状のガス吐出口 316 に到達し、細長い帯状の流れとなって処理領域 P1 に供給される。

50

【 0 0 5 7 】

このように、B T B A S ガスはガスインジェクター 3 1 の長さ方向に混合されながら処理領域 P 1 に供給されることから、背景技術にて説明した従来型のノズルを用いて同ガスを供給する場合に比べて濃淡差の少ない状態で処理領域 P 1 を通過するウエハ W 表面に到達することができる。この結果、例えば回転テーブル 2 の回転速度が高く、反応ガスのウエハ W への吸着状態が平衡に達する前にウエハ W が処理領域 P を通過してしまう場合であっても、B T B A S ガスは、ガス流出孔 3 1 3 が配置されている位置と、これらの間の位置との間での濃淡差の少ない状態でウエハ W 表面に吸着し、従来型のノズルと比較して波打ちの少ない膜を成膜することが可能となる。

【 0 0 5 8 】

また B T B A S ガスは例えば口径 0 . 5 mm の小さなガス流出孔 3 1 3 を通ってスリット状のガス吐出口 3 1 6 に供給されることから、インジェクター本体 3 1 1 内のガス流路 3 1 2 から当該ガス吐出口 3 1 6 へ向けて流れ出す際のコンダクタンスが小さい。このため、背景技術にて説明したように、例えば既述の波打ち現象の低減を目的として、従来のガスノズルの底面にスリットを設けた場合に生じる現象、即ちスリットを通過する際に B T B A S に働くコンダクタンスが大きくなり、ノズルの先端側と基端側とで大きな濃度差が発生して、例えば成膜された膜の膜厚がガスノズルの伸びる方向に、基端側で厚く、先端側で薄くなるといった現象の発生を抑えることもできる。

【 0 0 5 9 】

次に真空容器 1 内全体のガスの流れについて説明すると、天板 1 1 の中心部に接続された分離ガス供給管 5 1 からは分離ガスである 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_2 ガスが吐出する。この例ではガスインジェクター 3 1、反応ガスノズル 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。ガスを各部位から吐出したときのガスの流れの状態を模式的に図 1 1 に示す。反応ガスノズル 3 2 から下方側に吐出され、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に向かう O_3 ガスは、その上流側から流れてきた N_2 ガ스에押し戻されながら回転テーブル 2 の周縁と真空容器 1 の内周壁との間の排気領域 6 に流れ込み、排気口 6 2 より排気される。

【 0 0 6 0 】

また反応ガスノズル 3 2 から下方側に吐出され、回転テーブル 2 の表面に当たってその表面に沿って回転方向下流側に向かう O_3 ガスは、中心部領域 C から吐出される N_2 ガスの流れと排気口 6 2 の吸引作用とにより当該排気口 6 2 に向かおうとするが、一部は下流側に隣接する分離領域 D に向かい、扇型の凸状部 4 の下方側に流入しようとする。ところがこの凸状部 4 の天井面 4 4 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 4 4 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、図 4 (b) にも示してあるように 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 4 1 付近までには到達できるものではなく、分離ガスノズル 4 1 から吐出した N_2 ガスにより回転方向上流側、つまり処理領域 P 2 側に押し戻されてしまい、中心部領域 C から吐出されている N_2 ガスと共に、回転テーブル 2 の周縁と真空容器 1 の内周壁との隙間から排気領域 6 を介して排気口 6 2 に排気される。

【 0 0 6 1 】

またガスインジェクター 3 1 から下方側に供給され、回転テーブル 2 の表面に沿って回転方向上流側及び下流側に夫々向かう B T B A S ガスは、その回転方向上流側及び下流側に隣接する扇型の凸状部 4 の下方側に全く侵入できないかあるいは侵入したとしても第 2 の処理領域 P 1 側に押し戻され、中心部領域 C から吐出されている N_2 ガスと共に、回転

10

20

30

40

50

テーブル 2 の周縁と真空容器 1 の内周壁との隙間から排気領域 6 を介して排気口 6 1 に排気される。即ち、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 B T B A S 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 4 4 の下方を通過し、成膜に寄与することになる。

【 0 0 6 2 】

このようにガスインジェクター 3 1 から供給された B T B A S ガスは、周囲を流れる N_2 ガスの流れに乗って排気口 6 1 へと排気されるところ、例えば、B T B A S ガスの流れが回転テーブル 2 に対して大きな傾きを持って供給される場合には、B T B A S ガスは周囲を流れる N_2 ガスの流れに巻き上げられ易くなり、ウエハ W の表面に到達せずに排気されてしまう場合もあり、成膜速度の低下に至るおそれもある。

10

【 0 0 6 3 】

この点、本実施の形態に係るガスインジェクター 3 1 は、例えば図 8 に示すようにガス流出孔 3 1 3 の設けられているインジェクター本体 3 1 1 の側壁部が回転テーブル 2 に対して垂直に配置されており、さらに案内部材 3 1 5 がこの側壁部に対して平行に配置されていることから、これらの間に形成されるガス吐出口 3 1 6 を通って処理領域 P 1 に供給される帯状の B T B A S ガスの流れについても回転テーブル 2 に対して垂直に供給される。この結果、ガスインジェクター 3 1 のガス吐出口 3 1 6 から回転テーブル 2 までの距離は最短となり、またこの開口部を出た B T B A S ガスの流れに働く慣性力は回転テーブル 2 に向かおうとする垂直方向の力が最大となっていることから、回転テーブル 2 に対して傾いた状態で供給される場合と比較して、B T B A S ガスは周囲の N_2 ガスの流れに巻き上げられにくい状態で処理領域 P 1 に供給されることとなる。

20

【 0 0 6 4 】

真空容器 1 全体のガスの流れの説明に戻ると、第 1 の処理領域 P 1 の B T B A S ガス（第 2 の処理領域 P 2 の O_3 ガス）は、中心部領域 C 内に侵入しようとするが、図 6 及び図 1 1 に示すように当該中心部領域 C からは分離ガスが回転テーブル 2 の周縁に向けて吐出されているので、この分離ガスにより侵入が阻止され、あるいは多少侵入したとしても押し戻され、この中心部領域 C を通って第 2 の処理領域 P 2 （第 1 の処理領域 P 1 ）に流入することが阻止される。

【 0 0 6 5 】

そして分離領域 D においては、扇型の凸状部 4 の周縁部が下方に屈曲され、屈曲部 4 6 と回転テーブル 2 の外端面との間の隙間が既述のように狭くなっているためガスの通過を実質的に阻止している。従って第 1 の処理領域 P 1 の B T B A S ガス（第 2 の処理領域 P 2 の O_3 ガス）は、回転テーブル 2 の外側を介して第 2 の処理領域 P 2 （第 1 の処理領域 P 1 ）に流入することも阻止される。従って 2 つの分離領域 D によって第 1 の処理領域 P 1 の雰囲気と第 2 の処理領域 P 2 の雰囲気とが完全に分離され、B T B A S ガスは排気口 6 1 に、また O_3 ガスは排気口 6 2 に夫々排気される。この結果、両反応ガスこの例では B T B A S ガス及び O_3 ガスが雰囲気中においてもウエハ上においても混じり合うことがない。なおこの例では、回転テーブル 2 の下方側を N_2 ガスによりパージしているため、排気領域 6 に流入したガスが回転テーブル 2 の下方側を潜り抜けて、例えばガ B T B A S が O_3 ガスの供給領域に流れ込むといったおそれは全くない。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 1 0 により搬出される。

30

40

【 0 0 6 6 】

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、300 mm 径のウエハ W を被処理基板とする場合には例えば 1 r p m ~ 500 r p m、プロセス圧力は例えば 1,067 Pa (8 T o r r)、ウエハ W の加熱温度は例えば 350、B T B A S ガス及び O_3 ガスの流量は例えば夫々 100 s c c m 及び 10,000 s c c m、分離ガスノズル 4 1、4 2 からの N_2 ガスの流量は例えば 20000 s c c m、真空容器 1 の中心部の分離ガス供給管 5 1 からの N_2 ガスの流量は例えば 5,000 s c c m 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 W が処理領

50

域 P 1、P 2 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 6 0 0 0 回である。

【 0 0 6 7 】

上述の実施の形態によれば以下の効果がある。ガスインジェクター 3 1 を構成するインジェクター本体 3 1 1 の側壁部に設けられた複数のガス流出孔 3 1 3 より吐出された B T B A S ガスを、案内部材 3 1 5 により案内して、インジェクター本体 3 1 1 の長さ方向に沿って伸びるスリット状のガス吐出口 3 1 6 を介して反応ガスを供給するようになっているので、案内部材 3 1 5 によって案内される際に、当該反応ガスをスリットの伸びる方向に分散させることができる。この結果、回転テーブル 2 の載置領域上に載置されたウエハ W にガスインジェクター 3 1 から反応ガスを供給してウエハ W 表面に吸着させる本実施の形態に係る成膜装置において、インジェクター本体 3 1 1 の伸びる方向に均一な濃度のガスを供給することが可能となる。これにより、インジェクター本体の壁部に設けられたガス流出孔から吐出されたガスをウエハ W に直接吹き付けるタイプのガスインジェクターを適用した場合と比較して、当該ガス流出孔の設けられた領域とそのほかの領域とで基板に吸着するガス量が異なるといった不具合の発生を抑制し、均一な膜を成膜することができる。

10

【 0 0 6 8 】

また B T B A S ガスを案内部材 3 1 5 に衝突させて案内する際に、インジェクター本体 3 1 1 の伸びる方向に配列されたガス流出孔 3 1 3 を介して当該ガスを流出させている。こうしたガス吐出孔 3 1 3 は例えばスリットなどと比較してコンダクタンスが小さいため、例えば B T B A S ガスの供給元に近いガスインジェクター 3 1 の基端側と、供給元から遠い先端側との間で濃度差を生じて、成膜された膜の膜厚がガスインジェクター 3 1 の伸びる方向に、基端側で厚く、先端側で薄くなるといった不具合の発生を抑えることもできる。

20

【 0 0 6 9 】

さらにまた、ガスインジェクター 3 1 は、ガス流出孔 3 1 3 の設けられているインジェクター本体 3 1 1 の側壁部が回転テーブル 2 に対して垂直に配置され、案内部材 3 1 5 がこの側壁部に対して平行に配置されていることから、B T B A S ガスの流れも回転テーブル 2 に対して垂直に供給される。この結果、回転テーブル 2 に対して傾いた状態で供給する場合と比較して、B T B A S ガスを周囲の N₂ ガスの流れに巻き上げられにくい状態で処理領域 P 1 に供給し、ウエハ W 表面に効率的に吸着させることができる。

30

【 0 0 7 0 】

このほか、本実施の形態に係るガスインジェクター 3 1 は、インジェクター本体 3 1 1 に対して案内部材 3 1 5 や隙間調節部材 3 1 4 が着脱自在に構成されていることから、案内部材 3 1 5 を取り外し、ガス流出孔 3 1 3 の一部にシール 3 1 8 を貼るなどしてガス流出孔 3 1 3 の配置間隔を変更したり、隙間調節部材 3 1 4 の厚さを変更してガス吐出口 3 1 6 のスリットの幅を変更したりするなど、ガスインジェクター 3 1 の改造が容易となり B T B A S ガスの供給条件のフレキシビリティを高めることができる。

【 0 0 7 1 】

また本成膜装置は、回転テーブル 2 の回転方向に複数のウエハ W を配置し、回転テーブル 2 を回転させて第 1 の処理領域 P 1 と第 2 の処理領域 P 2 とを順番に通過させていわゆる A L D (あるいは M L D) を行うようにしているため、背景技術にて説明した枚葉式の成膜装置を用いる場合と比較して、反応ガスをバージする時間が不要となり、高いスループットで成膜処理を行うことができる。

40

【 0 0 7 2 】

次に、他の実施の形態に係るガスインジェクター 3 1 a について説明する。当該他の実施の形態に係るガスインジェクター 3 1 a の適用される成膜装置は、図 1 ~ 図 7 を用いて説明したものと同様なので再度の説明を省略する。また、図 8 ~ 図 1 0 を用いて説明したガスインジェクター 3 1 と同様の役割を果たす構成要素については、これらと同じ符号を付した。

50

【 0 0 7 3 】

他の実施の形態に係るガスインジェクター 3 1 a は、図 1 2、図 1 3 に示すようにインジェクター本体 3 1 1 を円筒状の部材にて構成した点と、案内部材 3 1 5 を断面が円弧状の部材にて構成した点とが、角筒状のインジェクター本体 3 1 1 に平板状の案内部材 3 1 5 を設けた既述の実施の形態に係るガスインジェクター 3 1 と異なっている。

【 0 0 7 4 】

本例において、例えば石英製の円管状のインジェクター本体 3 1 1 の側壁面には、例えば口径 0 . 5 mm のガス流出孔 3 1 3 がインジェクター本体 3 1 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、例えば 3 4 個配列されている。また案内部材 3 1 5 は、例えばインジェクター本体 3 1 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材の長さ方向に伸びる一辺を、例えば溶接によってインジェクター本体 3 1 1 の外面に沿って固定した構成、即ち案内部材 3 1 5 の断面がインジェクター本体 3 1 1 の外面に沿って円弧状に形成された構成となっている。

10

【 0 0 7 5 】

ガス流出孔 3 1 3 の設けられているインジェクター本体 3 1 1 の壁部である側壁部の外面と案内部材 3 1 5 との間には B T B A S ガスを吐出するスリット状のガス吐出口 3 1 6 が形成されており、例えば図 1 3 に示すようにガス流出孔 3 1 3 より吐出された B T B A S ガスは案内部材 3 1 5 と衝突して左右に広がりながら下方に流れ、ガスインジェクター 3 1 a の長さ方向に混合されながらガス吐出口 3 1 6 を介して処理領域 P 1 に供給される。この結果、当該他の実施の形態に係るガスインジェクター 3 1 a においても、従来型のノズルと比較して濃淡差の少ない状態で処理領域 P 1 に B A B A S 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。

20

【 0 0 7 6 】

また、本例においてもガスインジェクター 3 1 a はコンダクタンスの小さなガス流出孔 3 1 3 を介してガス流路 3 1 2 からインジェクター本体 3 1 1 に B T B A S ガスを供給していることから、例えば波打ち現象の低減を目的として、従来のガスノズルの底面にコンダクタンスの大きなスリットを設けた場合と比較して、ガスインジェクター 3 1 a の先端側と基端側との濃度差が小さく、当該基端側と先端側との間で均一な厚さの膜を成膜することができる。

【 0 0 7 7 】

ここで、当該実施の形態に係るガスインジェクター 3 1 a においては、下方側から見たスリット状のガス吐出口 3 1 6 の幅は、図 1 2 に示すように例えば 2 mm となっており、当該開口幅は案内部材 3 1 5 をインジェクター本体 3 1 1 に固定する際の角度やインジェクター本体 3 1 1 と案内部材 3 1 5 との径の差を変化させることにより調節することができる。図 1 2 に示すようにガスインジェクター 3 1 a から供給される B T B A S ガスは、ガス吐出口 3 1 6 の開口する方向に斜めの傾きを持って処理領域 P 1 に供給される。このため、ガス吐出口 3 1 6 から回転テーブル 2 に到達するまでの距離が長くなるほか、B T B A S ガスの流れには横方向への慣性力も働いているため、図 9 等に記載した記述のガスインジェクター 3 1 と比較して周囲の N_2 ガスの流れに巻き上げられやすい。この点においては図 9 等に記載したガスインジェクター 3 1 の方が、ウエハ W に B T B A S ガスを供給する際の効率がよいといえる。また、隙間調整部材 3 1 4 を利用して開口部の開口幅を調整する既述のガスインジェクター 3 1 は、開口幅の調整などが簡便であるといった利点もある。

30

40

【 0 0 7 8 】

以上に説明した各実施の形態に係るガスインジェクター 3 1、3 1 a においては、反応ガスとして B T B A S ガスを供給する第 1 の反応ガス供給手段に適用した場合について説明したが、当該ガスインジェクター 3 1、3 1 a を適用可能なガスはこれに限定されるものではない。例えばこれらのガスインジェクター 3 1、3 1 a を第 2 のガス供給手段に適用して、第 2 の反応ガスである O_3 ガスを供給してもよいことは勿論である。

【 0 0 7 9 】

50

また、上述の各実施の形態においては、例えば図4(a)、図4(b)に示すようにガス吐出口316を回転テーブル2の回転方向上流側に配置した例を示しているが、当該ガス吐出口316の配置位置についてもこれら実施の形態中に示したものに限定されない。例えば、ガス流出孔313を配置する側壁部、隙間調節部材314及び案内部材315を、図8に示した例とは左右対称に配置してガスインジェクター31を構成し、ガス吐出口316を回転テーブル2の回転方向下流側に配してもよい。

【0080】

本実施の形態に適用される反応ガスとしては、上述の例の他に、DCS[ジクロロシラン]、HCD[ヘキサジクロロシラン]、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ート]、Ti(MPD)(THD)[チタニウムメチルペンタンジオナートビステトラメチルヘプタンジオナート]、モノアミノシランなどを挙げることができる。

【0081】

そして前記分離ガス供給ノズル41(42)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44は、図14(a)、図14(b)に前記分離ガス供給ノズル41を代表して示すように例えば300mm径のウエハWを被処理基板とする場合、ウエハWの中心WO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50mm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44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。更に第1の天井面44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くるので、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くる。このような観点から考察すると、ウエハWの中心WOが通過する部位における前記幅寸法Lが50mmよりも小さいと、第1の天井面44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44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。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50mm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50mm以上であることが好ましいが、50mm以下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。なお、図14(a)においては図示の便宜上、凹部24の記載を省略してある。

【0082】

ここで処理領域P1、P2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15はO₃ガスを供給する反応ガスノズル32を搬送口15よりも回転テーブル2の回転方向上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。

【0083】

また本実施の形態に係るガスインジェクター31、31a(図16中はガスインジェクター31だけを示してある)は、以下の構成の成膜装置にも適用することができる。即ち、分離ガスノズル41(42)の両側に狭隘な空間を形成するために低い天井面(第1の天井面)44を設けることが必要であるが、図16に示すようにガスインジェクター31、31a(反応ガスノズル32)の両側にも同様の低い天井面を設け、これら天井面を連続させる構成、つまり分離ガスノズル41(42)及びガスインジェクター31、31a(反応ガスノズル32)が設けられる箇所以外は、回転テーブル2に対向する領域全面に凸状部4を設ける構成としても同様の効果が得られる。この構成は別の見方をすれば、分

離ガスノズル 4 1 (4 2) の両側の第 1 の天井面 4 4 がガスインジェクター 3 1、3 1 a (反応ガスノズル 3 2) にまで広がった例である。この場合には、分離ガスノズル 4 1 (4 2) の両側に分離ガスが拡散し、ガスインジェクター 3 1、3 1 a (反応ガスノズル 3 2) の両側に反応ガスが拡散し、両ガスが凸状部 4 の下方側 (狭隘な空間) にて合流するが、これらのガスはガスインジェクター 3 1、3 1 a (反応ガスノズル 3 2) と分離ガスノズル 4 2 (4 1) との間に位置する排気口 6 1 (6 2) から排気されることになる。

【 0 0 8 4 】

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、本実施の形態に係るガスインジェクター 3 1、3 1 a を適用可能な成膜装置は、例えば図 1 7 に示すように構成してもよい。図 1 7 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、ガスインジェクター 3 1 からの B T B A S ガスと反応ガスノズル 3 2 からの O₃ 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。

【 0 0 8 5 】

回転テーブル 2 を回転させる機構については、支柱 8 1 を囲むように回転スリーブ 8 2 を設けてこの回転スリーブ 8 1 に沿ってリング状の回転テーブル 2 を設けている。そして前記収容空間 8 0 にモーター 8 3 により駆動される駆動ギヤ部 8 4 を設け、この駆動ギヤ部 8 4 により、回転スリーブ 8 2 の下部の外周に形成されたギヤ部 8 5 を介して当該回転スリーブ 8 2 を回転させるようにしている。8 6、8 7 及び 8 8 は軸受け部である。また前記収容空間 8 0 の底部にパージガス供給管 7 4 を接続すると共に、前記凹部 8 0 a の側面と回転スリーブ 8 2 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 7 5 を真空容器 1 の上部に接続している。図 1 7 では、前記凹部 8 0 a の側面と回転スリーブ 8 2 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 8 2 の近傍領域を介して B T B A S ガスと O₃ 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。

【 0 0 8 6 】

図 1 7 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 8 0 a の側面と回転スリーブ 8 2 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 8 2 及び支柱 8 1 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。

【 0 0 8 7 】

以上述べた成膜装置を用いた基板処理装置について図 1 8 に示しておく。図 1 8 中、1 0 1 は例えば 2 5 枚のウエハ W を収納するフープと呼ばれる密閉型の搬送容器、1 0 2 は搬送アーム 1 0 3 が配置された大気搬送室、1 0 4、1 0 5 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)、1 0 6 は、2 基の搬送アーム 1 0 7 が配置された真空搬送室、1 0 8、1 0 9 は本発明の成膜装置である。搬送容器 1 0 1 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 1 0 2 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 1 0 3 により当該搬送容器 1 0 1 内からウエハ W が取り出される。次いでロードロック室 1 0 4 (1 0 5) 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 1 0 7 によりウエハ W が取り出されて成膜装置 1 0 8、1 0 9 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 A L D (M L D) を高いスループットで実施することができる。

【 実施例 】

【 0 0 8 8 】

(シミュレーション)

回転テーブル型の成膜装置モデルを作成し、種々の形状を備えた反応ガス供給手段を適用して、供給されたガスの濃度分布を確認した。図 19 に示すように、成膜装置モデルは、例えば図 3 に示す第 1 の処理領域 P 1 を含み、2 つの凸状部 4 で囲まれた扇形の空間に回転テーブル 2、第 1 の反応ガス供給手段及び第 1 の排気口 6 1 を配置した構成とした。第 1 の反応ガス供給手段は、図 19 に示す扇状の空間の周方向の中間位置に配置し、排気口 6 1 は第 1 の反応ガス供給手段に対して、回転テーブル 2 の回転方向下流側であって、当該回転テーブル 2 の外周位置、下方側に配置した。当該扇型の空間の内周の長さ L_1 、外周の長さ L_2 、径の長さ R 、また回転テーブル 2 の上面から図 19 では不図示の天井面 4 5 (第 2 の天井面) までの高さなどのモデル空間のサイズは、実際の成膜装置と同様とし、また各反応ガス供給手段からの B T B A S ガスの供給量、上流、下流側から当該扇状の空間内に供給される N_2 ガスの流量、回転テーブル 2 の回転速度、空間内のプロセス圧力などについても、処理パラメータとして例示した既述のパラメータの範囲内で設定した。

10

【0089】

A. シミュレーション条件

(実施例 1)

第 1 の反応ガス供給手段として、図 8 ~ 図 10 の実施の形態中に示したものと同様の構成を備えるガスインジェクター 3 1 を設け、当該ガスインジェクター 3 1 直下における B A B A S ガスの濃度分布をシミュレートした。シミュレーションに用いたガスインジェクター 3 1 の縦断側面図を図 20 (a) に模式的に示す。またガスインジェクター 3 1 の設計条件は以下の通りである。

20

ガス流出孔 3 1 3 の口径：0 . 5 mm

ガス流出孔 3 1 3 の中心間の間隔：5 . 0 mm

ガス流出孔 3 1 3 の配置個数：6 7 個

ガス吐出口 3 1 6 のスリットの幅：0 . 3 mm

回転テーブル 2 上面 (ウエハ W 表面) からガス吐出口 3 1 6 までの高さ H_1 : 4 mm

(実施例 2)

第 1 の反応ガス供給手段として、図 12、図 13 の他の実施の形態中に示したものと同様の構成を備えるガスインジェクター 3 1 a を設け、当該ガスインジェクター 3 1 a 直下における B A B A S ガスの濃度分布をシミュレートした。シミュレーションに用いたガスインジェクター 3 1 a の縦断側面図を図 20 (b) に模式的に示す。またガスインジェクター 3 1 の設計条件は以下の通りである。

30

ガス流出孔 3 1 3 の口径：0 . 5 mm

ガス流出孔 3 1 3 の中心間の間隔：1 0 mm

ガス流出孔 3 1 3 の配置個数：3 2 個

下方側から見たガス吐出口 3 1 6 のスリットの幅：2 . 0 mm

回転テーブル 2 上面 (ウエハ W 表面) からガス吐出口 3 1 6 までの高さ H_1 : 4 mm

【0090】

(比較例 1)

第 1 の反応ガス供給手段として、図 20 (c) に示す従来型の反応ガスノズル 9 1 を設け、当該反応ガスノズル 9 1 直下における B A B A S ガスの濃度分布をシミュレートした。反応ガスノズル 9 1 は、例えば実施の形態中に図 2、図 3 などを用いて説明した O_3 ガス供給用の反応ガスノズル 3 2 とほぼ同様の構成を備えており、円筒状の反応ガスノズル 9 1 の底面に反応ガスノズル 9 2 をノズルの長さ方向に間隔をおいて配列した構成となっており、その設計条件は以下の通りである。

40

ガス流出孔 9 3 の口径：0 . 5 mm

ガス流出孔 9 3 の中心間の間隔：1 0 mm

ガス流出孔 9 3 の配置個数：3 2 個

回転テーブル 2 上面 (ウエハ W 表面) からガス流出孔 9 3 までの高さ H_1 : 4 mm

50

(比較例 2)

第 1 の反応ガス供給手段として、図 20 (d) に示す反応ガスノズル 9 2 を設け、当該反応ガスノズル 9 2 直下における B A B A S ガスの濃度分布をシミュレートした。反応ガスノズル 9 2 は、(比較例 1) に係る反応ガスノズル 9 1 を基端側から見て反時計回りに 90° 回転させ、図 20 (d) に示すようにガス流出孔 9 3 の向きを回転テーブル 2 の回転方向上流側に向けた点が(比較例 1)と異なっている。反応ガスノズル 9 2 の設計条件は以下の通りである。

ガス流出孔 9 3 の口径：0.5 mm

ガス流出孔 9 3 の中心間の間隔：10 mm

ガス流出孔 9 3 の配置個数：32 個

回転テーブル 2 上面 (ウエハ W 表面) からガス流出孔 9 3 の中心までの高さ H_1 : 4 mm

【0091】

B. シミュレーション結果

各実施例、比較例における B T B A S ガスの濃度分布を図 21 に示す。図 21 の横軸は、回転テーブル 2 の中心側からの距離 [mm] を表しており、上述の反応ガス供給手段 (ガスインジェクター 3 1、3 1 a、反応ガスノズル 9 1、9 2) の下方を通過する直径 300 mm のウエハ W の、回転テーブル 2 の中心側最内端に相当する位置を 0 mm、回転テーブル 2 の外周側外端に相当する位置を 300 mm として表示してある。また図 21 の縦軸は各反応ガス供給手段 (ガスインジェクター 3 1、3 1 a、反応ガスノズル 9 1、9 2) の直下の回転テーブル 2 上面、即ちウエハ W 表面での反応ガス (B T B A S) 濃度 [%] を示している。同図中、(実施例 1) の結果は太い実線で示し、(実施例 2) の結果は細い実線で示してある。また(比較例 1) の結果は破線で示し、(比較例 2) の結果は一点鎖線で示してある。

【0092】

図 21 に太い実線で示した(実施例 1)の結果によれば、ウエハ W 表面に供給される反応ガス濃度分布には、後述の(比較例 1)に見られるような大きな波打ち現象は見なかった。しかしながら、当該(実施例 1)のシミュレーション結果では、ウエハ W 表面に供給された反応ガス濃度は、回転テーブル 2 の中心側から周縁側へ向けてなだらかに減少し、図 21 に対して右肩下がりの傾向線を描いている。これは、シミュレーション条件として回転テーブル 2 を回転させているため、速く回転する回転テーブル 2 の周縁側では当該回転テーブル 2 の単位時間当たりの移動距離が長くなっている。この結果、短時間で反応ガスが遠くまで輸送されるため、ガス濃度は低くなっている。これに対して遅く回転する回転テーブル 2 の中心側では、周縁側と比較してガスの輸送される距離が短いため、ガス濃度は高い状態となっていると考えられる。

【0093】

また、図 19 に示したように第 1 の排気口 6 1 を回転テーブル 2 の外周位置、下方側に配置したことから、この排気口 6 1 に近い回転テーブル 2 の周縁側でガスインジェクター 3 1 より供給されたガスを排気する力が強く、当該排気口 6 2 から遠い回転テーブル 2 の中心側でガスを排気する力が弱くなっている影響もあると考えられる。このような濃度分布は、例えば図 10 (a)、図 10 (b) に示したように、反応ガスの供給濃度の高くなる領域においてガス流出孔 3 1 3 の一部をシール 3 1 8 などで塞いでガス流出孔 3 1 3 の配置間隔を広くすることなどにより、回転テーブル 2 の中心側と外周側とに供給される反応ガスの濃度分布が一樣となるように調整することができる。ここでウエハ W 表面に供給された反応ガスの濃度分布が図 21 に向かって右肩下がりとなる現象は、(実施例 2) 及び(比較例 1、2)においても確認されたが、その原因は既述の(実施例 1)にて説明した理由と同様であると考えられる。

【0094】

また(実施例 1)のシミュレーション結果によれば、後述の(実施例 2)及び(比較例 2)と比較して、ガスインジェクター 3 1 直下のほぼ全域に亘ってウエハ W 表面に供給さ

10

20

30

40

50

れた反応ガスの濃度が高くなっている。これは、例えば図8を用いて説明したようにガスインジェクター31のガス吐出口316を出た反応ガスはウエハWに向かってほぼ垂直に供給されることから、(実施例2)や(比較例2)のように傾きを持って供給される場合と比較して、反応ガスが周囲を流れる N_2 ガスによって巻き上げられにくい状態で供給されているためであると考えられる。この点において(実施例1)に係る反応ガスノズル32は、例えば100sccmといった比較的少量の供給量であってもウエハW表面に効率的に反応ガスを供給することが可能であり、他の例に比べて成膜速度を速くすることができる。ここで垂直下方向きにガス流出孔93が形成されている(比較例1)は、周囲を流れる N_2 ガスによる反応ガスの巻き上げられやすさを当該(実施例1)と単純に比較することはできない。しかしながら後述のように(比較例1)はウエハW表面に供給される反応ガスの波打ち現象を引き起こしてしまうことから、均一な膜厚の膜を成膜する観点からは(実施例1)に係る反応ガスノズル32の方が優れているといえる。

10

【0095】

次に図21に細い実線で示した(実施例2)のシミュレーション結果によれば、本例においてもウエハW表面に供給される反応ガス濃度分布には、後述の(比較例1)に見られる大きな波打ち現象は見られなかった。一方で、この反応ガス濃度分布には、回転テーブル2の中心側から周縁側へ向けて反応ガス濃度が右肩下がりになだらかに減少する(実施例1)と同様の現象が見られた。当該現象については既に(実施例1)で検討したように中心側と周縁側との間の回転テーブル2の単位時間あたりの移動距離の違いや排気口61の配置位置に起因するものと考えられ、ガス流出孔313の一部をシール318などで塞いでガス流出孔313の配置間隔を広くすることなどにより、反応ガスの濃度分布を一樣とする調整は可能である。

20

【0096】

またウエハW表面に供給される反応ガスの濃度は、ガスインジェクター31a直下のほぼ全域に亘って(実施例1)より低く、(比較例2)より高い結果となった。これは、例えば図12を用いて説明したように、反応ガスがガス吐出口316の開口する方向に斜めの傾きを持って処理領域P1に供給されることにより、 N_2 ガスの流れによって巻き上げられ易いか否かの違いに起因し、垂直方向下方に供給される(実施例1)に比べると巻き上げられ易く、反応ガスノズル92の側方へ向けて供給される(比較例2)に比べると巻き上げられにくいためであると考えられる。

30

【0097】

以上に述べた各実施例と比較して、図21に破線で示した(比較例1)のシミュレーション結果によれば、反応ガスノズル91直下のウエハW表面に供給される反応ガスの濃度について、図21の横軸に対して数%~十数%の濃度範囲で鋸歯状に大きく変化する波打ち現象が確認された。当該濃度分布における反応ガス濃度が極大となる位置、即ち各鋸歯の頂点となる位置は、反応ガスノズル91にて各ガス流出孔93を配置した位置と対応しており、これらガス流出孔93の配置状態が転写されやすい反応ガス濃度分布となっていることを裏付けている。また、別途行った実験結果においても、(比較例1)と同様のガス流出孔93を用いて成膜された膜には、ガス流出孔93の配置位置に対応する凹凸が形成されることを確認している。

40

【0098】

次いで図21に一点鎖線で示した(比較例2)のシミュレーション結果によれば、反応ガスの吹き出し方向を横向きとしたことにより、(比較例1)にて観察された反応ガス濃度の波打ち現象は確認されなかった。しかしながら、ウエハW表面に供給される反応ガスの濃度は、(実施例1、2)のいずれと比較しても(比較例2)の方が低くなっている。これは反応ガスの吹き出し方向が横向きであることから、当該反応ガスは N_2 ガスの流れによって最も巻き上げられ易い状態にあり、これらの実施例と比較して成膜速度が遅くなる反応ガスの供給方式であるといえる。

【0099】

以上に検討した結果から、(実施例1、2)のシミュレーション結果にも示すように、

50

ガス流出孔 3 1 3 より吐出された反応ガスを、当該ガス流出孔 3 1 3 に対向する位置に設けられた案内部材 3 1 5 に衝突させてから処理領域 P 1 に供給する実施の形態に係るガスインジェクター 3 1、3 1 a は、(比較例 1、2)に係る反応ガスノズル 9 1、9 2 と比較して、均一な厚さの膜を成膜することが可能であり、且つ(比較例 2)に比べて成膜速度を向上させることができるといえる。

【図面の簡単な説明】

【0100】

【図 1】本発明の実施の形態に係る成膜装置の縦断面を示す図 3 の I - I' 線縦断面図である。

【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。

10

【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】上記の成膜装置における分離領域の縦断面図である。

【図 6】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 7】上記成膜装置に設けられたガスインジェクターを示す斜視図である。

【図 8】上記のガスインジェクターの縦断側面図である。

【図 9】上記ガスインジェクターの構造を示す斜視図である。

【図 10】上記ガスインジェクターの側面図及び底面図である。

【図 11】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。

20

【図 12】上記のガスインジェクターの他の例を示す縦断側面図である。

【図 13】前記他の例に係るガスインジェクターの斜視図である。

【図 14】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 15】本発明の他の実施の形態に係る成膜装置を示す横断平面図である。

【図 16】本発明の上記以外の実施の形態に係る成膜装置を示す横断平面図である。

【図 17】本発明の上記以外の実施の形態に係る成膜装置を示す縦断面図である。

【図 18】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 19】実施例、及び比較例に係る成膜装置のシミュレーションモデルの構成を示す平面図である。

【図 20】前記実施例、及び比較例に係る反応ガス供給手段の構成を示す説明図である。

30

【図 21】前記実施例、及び比較例に係るシミュレーション結果を示す説明図である。

【符号の説明】

【0101】

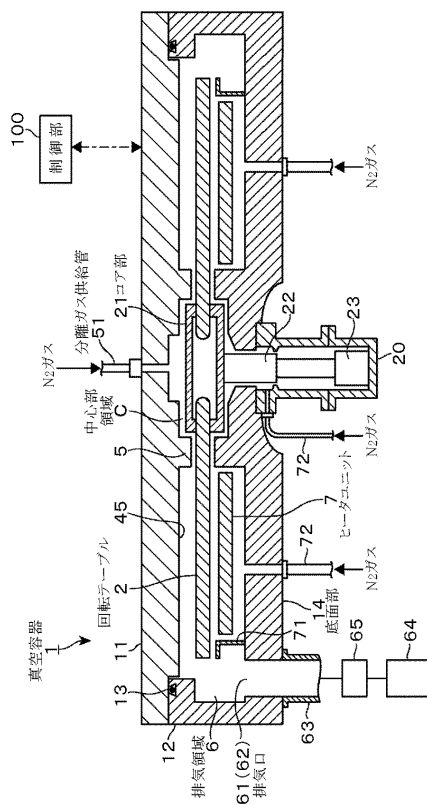
W	ウエハ
1	真空容器
2	回転テーブル
4	凸状部
3 1、3 1 a	ガスインジェクター
3 1 1	インジェクター本体
3 1 2	ガス流路
3 1 3	ガス流出孔
3 1 4	隙間調節部材
3 1 5	案内部材
3 1 6	ガス流路
3 1 7	ガス導入管
3 1 8	シール
3 2	反応ガスノズル
3 3	ガス吐出孔
4 1、4 2	分離ガスノズル

40

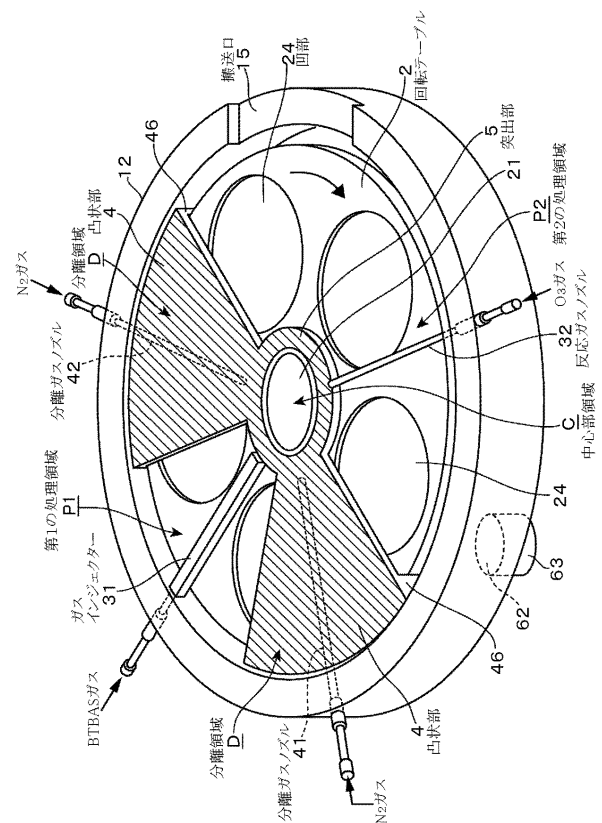
50

- 6 3 排気管
- 6 4 真空ポンプ
- 6 5 圧力調節手段
- 9 1、9 2 反応ガスノズル
- 9 3 ガス流出孔

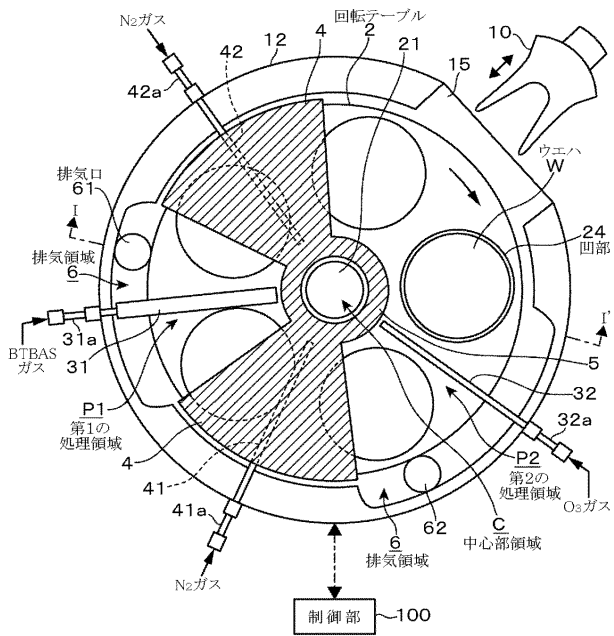
【図 1】



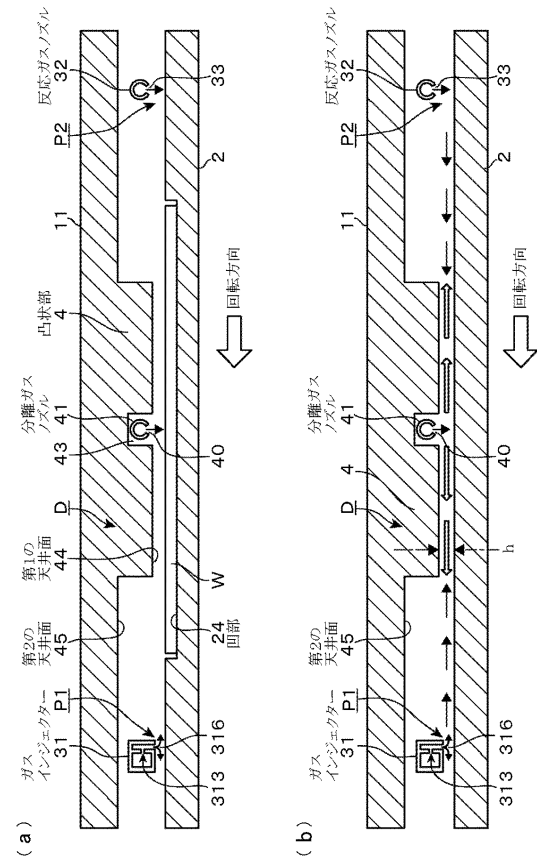
【図 2】



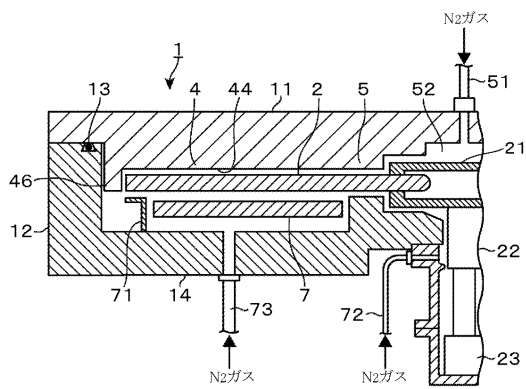
【図 3】



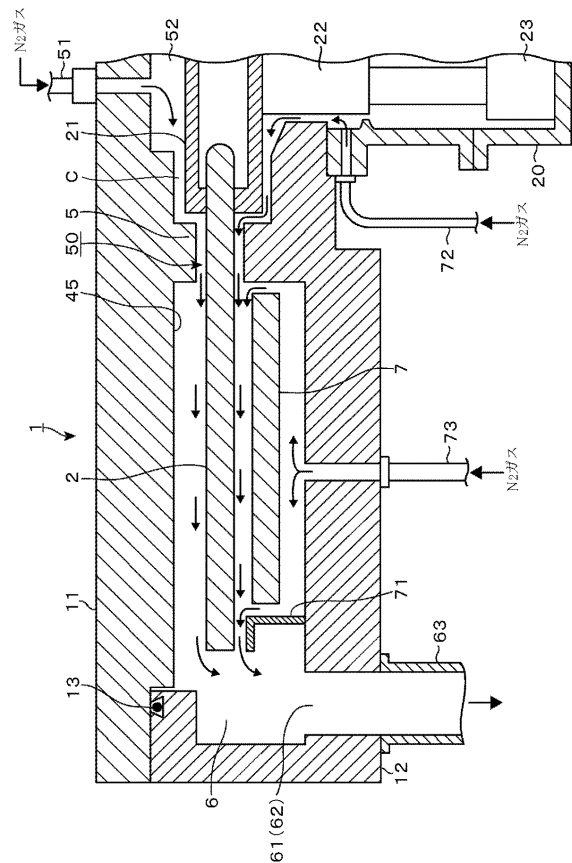
【図 4】



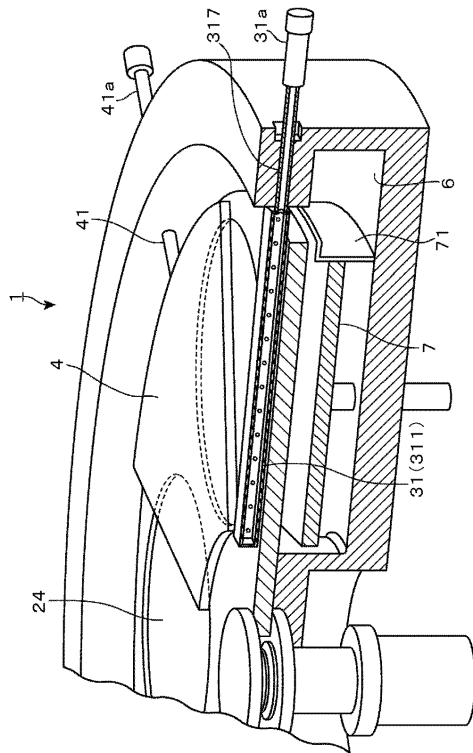
【図 5】



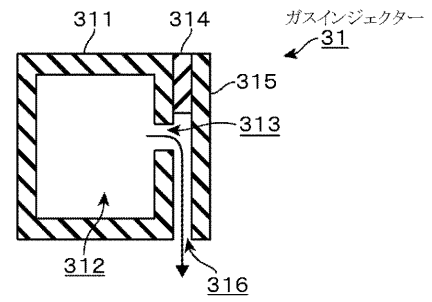
【図 6】



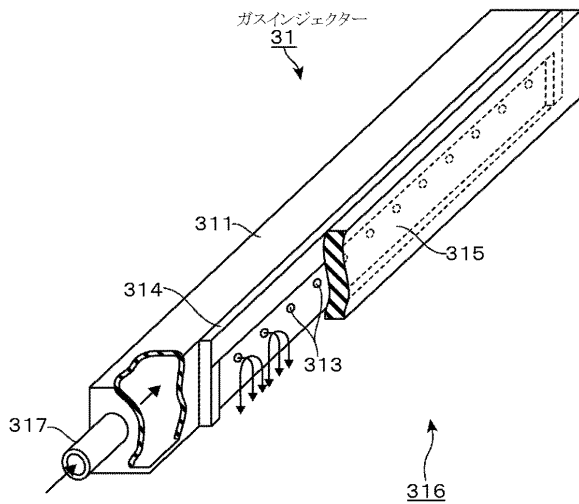
【図 7】



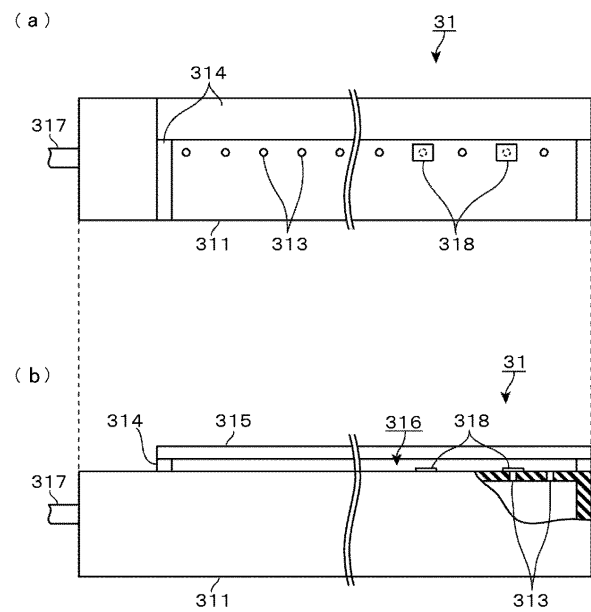
【図 8】



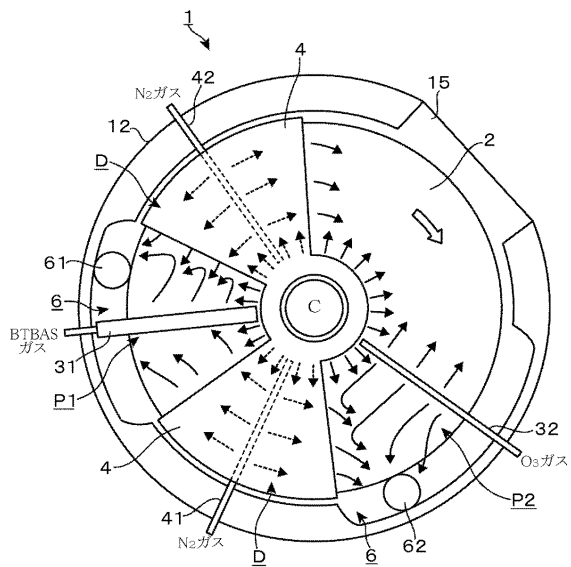
【図 9】



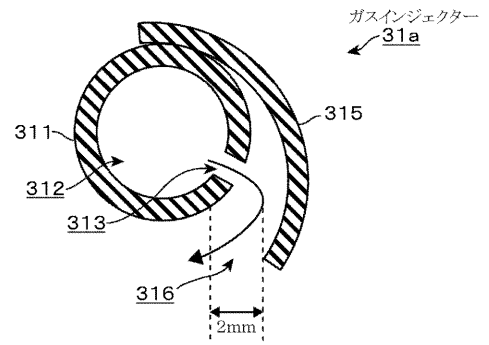
【図 10】



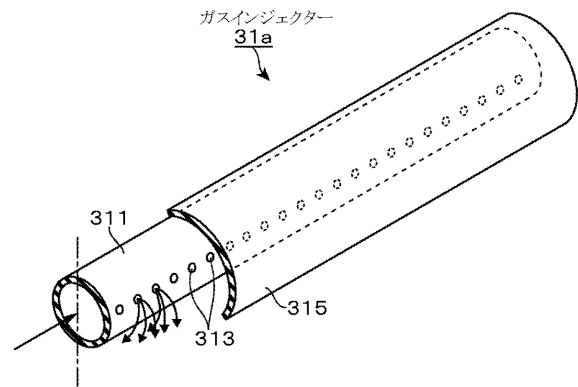
【図 1 1】



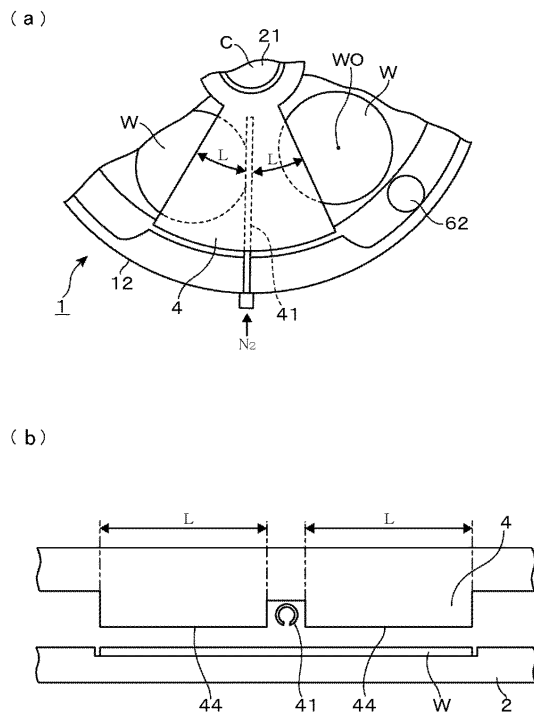
【図 1 2】



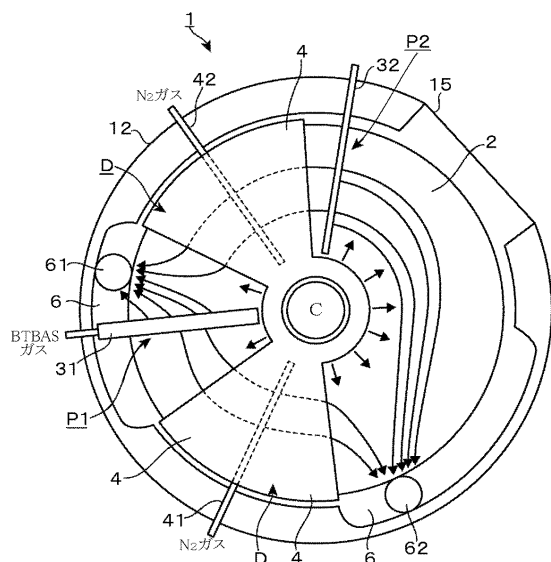
【図 1 3】



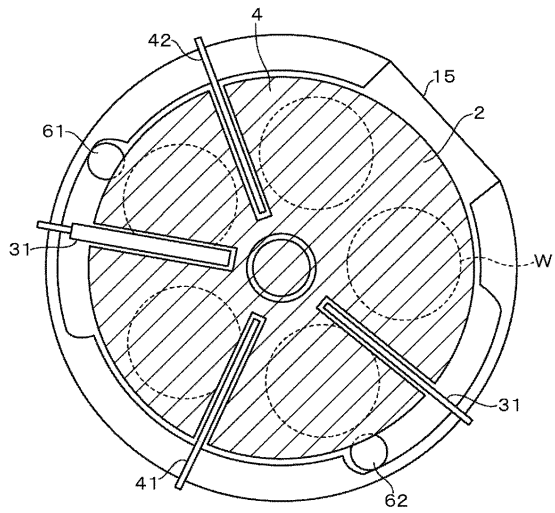
【図 1 4】



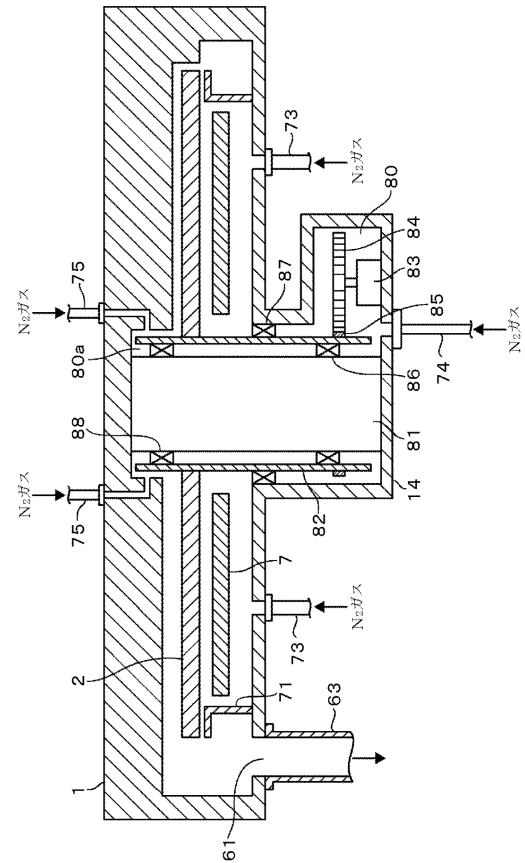
【図 1 5】



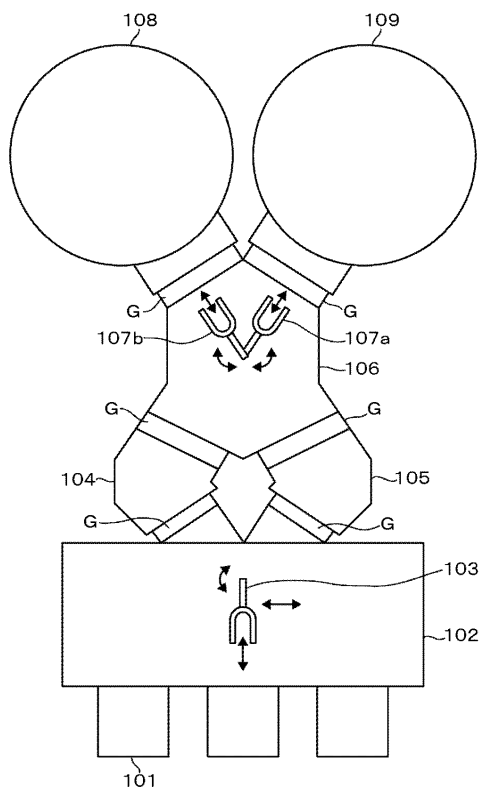
【図 16】



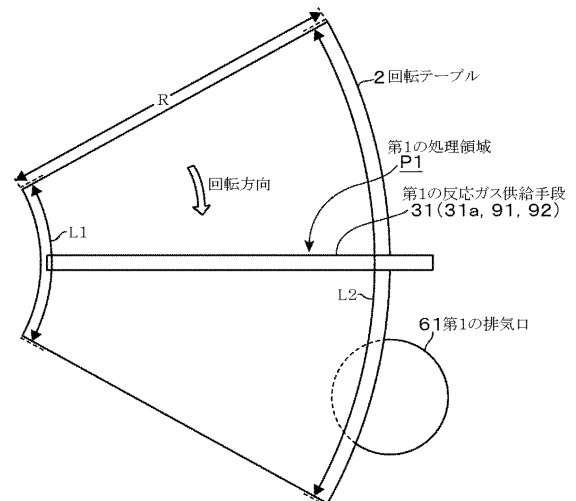
【図 17】



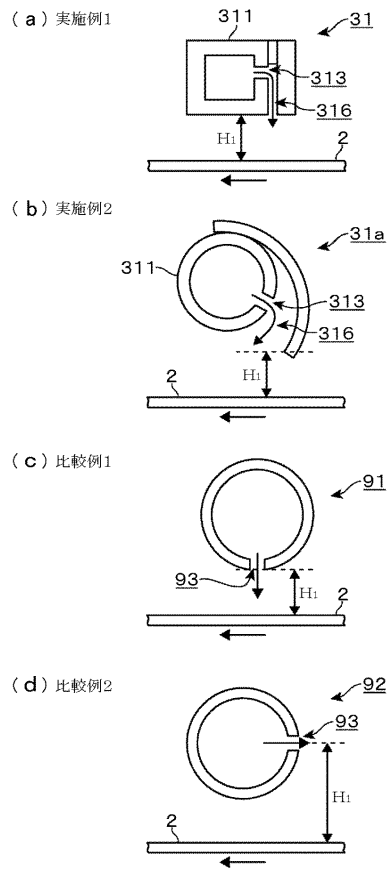
【図 18】



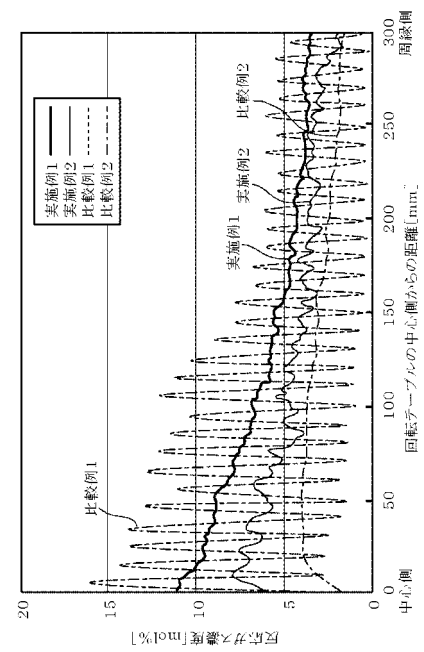
【図 19】



【図 20】



【図 21】



フロントページの続き

(72)発明者 菊地 宏之

東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂Bizタワー 東京エレクトロン株式会社内

Fターム(参考) 4K030 AA06 AA18 CA04 CA12 FA10 GA02 GA06 HA01 KA02 KA23

LA15

5F045 AA06 AB32 AC07 AC15 AD07 AE23 BB02 DP27 EE14 EE19

EF03 EF14