

(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2010-56470

(P2010-56470A)

(43) 公開日 平成22年3月11日(2010.3.11)

(51) Int.Cl.			F I	テーマコード (参考)		
<b>H01L</b>	<b>21/31</b>	<b>(2006.01)</b>	H01L 21/31	B	4K030	
<b>C23C</b>	<b>16/455</b>	<b>(2006.01)</b>	C23C 16/455		5F045	
<b>C23C</b>	<b>16/458</b>	<b>(2006.01)</b>	C23C 16/458			
<b>C23C</b>	<b>16/44</b>	<b>(2006.01)</b>	C23C 16/44	E		

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2008-222728 (P2008-222728)  
 (22) 出願日 平成20年8月29日 (2008. 8. 29)

(71) 出願人 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 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  
 Fターム(参考) 4K030 AA06 AA14 AA18 BA44 CA04  
 CA12 EA03 EA12 FA10 GA02  
 GA06 HA01 KA02 LA02 LA15

最終頁に続く

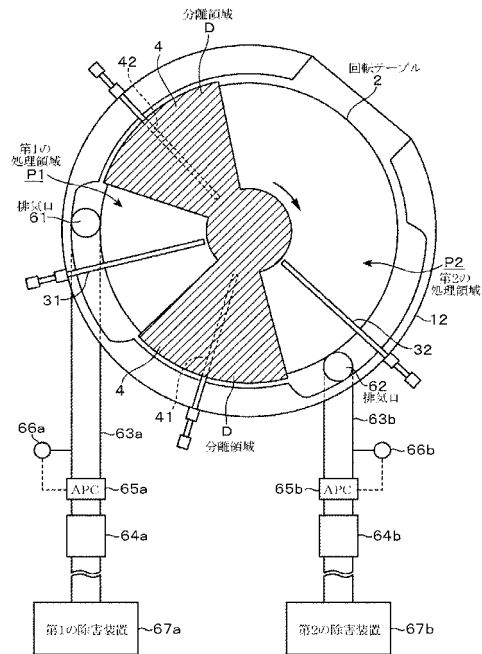
(54) 【発明の名称】 成膜装置及び成膜方法

(57) 【要約】

【課題】 基板の表面に複数の反応ガスを順番に供給して積層された反応生成物の薄膜を形成するにあたり、高いスループットが得られ、基板上にて複数の反応ガスが混合されることを防止して良好な処理を行うことができる成膜装置等を提供する。

【解決手段】 成膜装置は回転方向に沿って複数の基板Wを載置する回転テーブル2を備え、分離領域Dは各反応ガスが供給される第1の処理領域P1と第2の処理領域P2との雰囲気を分離するために、これらの処理領域P1、P2の間に設けられている。第1の排気路63a及び第2の排気路63bはこれらの処理領域P1、P2の雰囲気を互いに独立して排気するために各々第1の真空排気手段64a、第2の真空排気手段64bと接続されている。

【選択図】 図9



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

真空容器内の回転テーブル上に基板を載置し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この回転テーブル上の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設けられ、分離ガス供給手段から分離ガスを供給するための分離領域と、

前記分離ガス供給手段の前記回転方向両側に位置し、前記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と、

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と、

前記回転テーブルの回転中心から見て前記第 1 の処理領域とこの第 1 の処理領域に対して回転方向下流側に隣接する分離領域との間にその排気口が位置する第 1 の排気路と、

前記回転テーブルの回転中心から見て前記第 2 の処理領域とこの第 2 の処理領域に対して回転方向下流側に隣接する分離領域との間にその排気口が位置する第 2 の排気路と、

前記第 1 の排気路内及び前記第 2 の排気路内を互いに独立して排気するために当該第 1 の排気路及び前記第 2 の排気路に夫々接続された第 1 の真空排気手段及び第 2 の真空排気手段と、を備えたことを特徴とする成膜装置。

**【請求項 2】**

前記第 1 の排気路の排気口及び第 2 の排気路の排気口は、前記第 1 の処理領域及び前記第 2 の処理領域から前記回転テーブルの周縁と前記真空容器の内周壁との隙間を介して夫々第 1 の反応ガス及び第 2 の反応ガスを排気するために、前記回転テーブルの下方側に設けられたことを特徴とする請求項 1 に記載の成膜装置。

**【請求項 3】**

前記第 1 の真空排気手段及び第 2 の真空排気手段の後段には、当該第 1 の真空排気手段及び第 2 の真空排気手段から排出される排出物を夫々独立して除害処理するための第 1 の除害装置及び第 2 の除害装置が設けられていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の成膜装置。

**【請求項 4】**

処理領域よりも分離領域の方が圧力が高いことを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか一つに記載の成膜装置。

**【請求項 5】**

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 4 のいずれか一つに記載の成膜装置。

**【請求項 6】**

前記回転テーブルを加熱する加熱手段を備え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】**

前記分離ガス供給手段の両側に各々位置する狭隘な空間を形成する天井面は、基板の中心が通過する部位において回転テーブルの回転方向に沿った幅寸法が 50 mm 以上であ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

10

20

30

40

50

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、扇型に形成されていることを特徴とする請求項 8 に記載の成膜装置。

【請求項 10】

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方法において、

真空容器内の回転テーブルに基板をほぼ水平に載置し、当該回転テーブルを回転させる工程と、

前記回転方向に互いに離れて前記真空容器に設けられた第 1 の反応ガス供給手段及び第 2 の反応ガス供給手段から、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 の反応ガス及び第 2 の反応ガスを供給する工程と、

前記回転方向において第 1 の反応ガス供給手段及び第 2 の反応ガス供給手段の間に位置する分離領域に設けられた分離ガス供給手段から分離ガスを供給し、この分離ガス供給手段の前記回転方向両側にて前記回転テーブルに対向する天井面と当該回転テーブルとの間の狭隘な空間に前記分離ガスを拡散させる工程と、

真空容器内の中心部に位置する中心部領域に形成された吐出口から分離ガスを当該回転テーブルの基板載置面側に吐出する工程と、

前記回転テーブルの回転中心から見て前記第 1 の処理領域とこの第 1 の処理領域に対して回転方向下流側に隣接する分離領域との間に開口した第 1 の排気路の排気口、及び前記回転テーブルの回転中心から見て前記第 2 の処理領域とこの第 2 の処理領域に対して回転方向下流側に隣接する分離領域との間に開口した第 2 の排気路の排気口から、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にあたり、当該第 1 の処理領域及び第 2 の処理領域からこれらのガスを互いに独立して排気する工程と、

前記第 1 の排気路内及び前記第 2 の排気路内を夫々第 1 の真空排気手段及び第 2 の真空排気手段により互いに独立して排気する工程と、を含むことを特徴とする成膜方法。

【請求項 11】

第 1 の処理領域及び第 2 の処理領域から互いに独立して前記分離ガスと共に反応ガスを排気する工程は、前記第 1 の処理領域及び前記第 2 の処理領域の各雰囲気の前記回転テーブルの周縁と前記真空容器の内周壁との隙間を介して、前記回転テーブルの下方側に設けられた第 1 の排気路の排気口及び第 2 の排気路の排気口から排気する工程であることを特徴とする請求項 10 に記載の成膜方法。

【請求項 12】

前記第 1 の真空排気手段及び第 2 の真空排気手段から排出される排出物を夫々第 1 の除害装置及び第 2 の除害装置により独立して除害処理する工程を含むことを特徴とする請求項 10 または 11 に記載の成膜方法。

【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

10

20

30

40

50

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) 等と呼ばれており(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式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。

10

#### 【0004】

このような背景から、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が以下のように既に知られている。

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、左側領域及び右側領域に半円の輪郭に沿って形成された排気口が上向きに排気するように設けられると共に、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ている。右側半円領域及び左側半円領域には互いに異なる原料ガスの供給領域が形成され、真空容器内の回転テーブルが回転することでワークピースが右側半円領域、分離領域D及び左側半円領域を通過すると共に、両原料ガスは排気口から排気される。そして分離ガスが供給される分離領域Dの天井は原料ガスの供給領域よりも低くなっている。

20

#### 【0005】

しかしながらこの装置は、分離ガスの吐出口と反応ガスの供給領域との間に上向きの排気口を設け、反応ガスをこの排気口から分離ガスと共に排気する手法を採用しているため、ワークピースに吐出された反応ガスが上向き流となって排気口から吸い込まれるため、パーティクルの巻上げを伴ない、ウエハへのパーティクル汚染を引き起こしやすいという欠点がある。

#### 【0006】

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パージノズルを配置し、ウエハ支持部材を水平回転させる構成が記載されている。各ウエハはウエハ支持部材により支持され、ウエハの表面はウエハ支持部材の上面からウエハの厚さだけ上方に位置している。また各ノズルはウエハ支持部材の径方向に伸びるように設けられ、ウエハとノズルとの距離は0.1mm以上であることが記載されている。真空排気はウエハ支持部材の外縁と処理容器の内壁との間から行われる。このような装置によれば、パージガスノズルの下方がいわばエアーカーテンの役割を果たすことで第1の反応ガスと第2の反応ガスとの混合を防止している。

30

#### 【0007】

しかしながらウエハ支持部材が回転していることもあって、パージガスノズルからのエアーカーテン作用だけではその両側の反応ガスが通過してしまい、特に回転方向上流側から前記エアーカーテン中を拡散してしまうことは避けられない。更にまた第1の反応ガス吐出ノズルから吐出した第1の反応ガスは回転テーブルに相当するウエハ支持部材の中心部を介して容易に第2の反応ガス吐出ノズルからの第2の反応ガス拡散領域に到達してしまう。このように第1の反応ガスと第2の反応ガスとがウエハ上で混合されてしまうと、ウエハ表面に反応生成物が付着し、良好なALD(あるいはMLD)処理ができなくなる。

40

#### 【0008】

特許文献3には、真空容器内を隔壁により周方向に複数の処理室に分割すると共に、隔

50

壁の下端に対して細隙を介して回転可能な円形の載置台を設けて、この載置台上にウエハを複数配置する構成が記載されている。この装置は、隔壁と載置台あるいはウエハとの間の隙間からプロセスガスが隣の処理室に拡散し、また複数の処理室の間に排気室を設けているので、ウエハがこの排気室を通るときに上流側及び下流側の処理室からのガスが当該排気室にて混合される。このためいわゆるALD方式の成膜手法には適用できない。

【0009】

特許文献4には、円形のガス供給板を周方向に8つに区切り、 $AsH_3$ ガスの供給口、 $H_2$ ガスの供給口、TMGガスの供給口及び $H_2$ ガスの供給口を90度ずつずらして配置し、さらにこれらガス供給口の間排気口を設け、このガス供給板と対向させてウエハを支持したサセプタを回転させる手法が記載されている。しかしながら、この手法は、2つの反応ガスの分離に対して現実的な手段が何ら開示されておらず、サセプタの中心付近においては勿論のこと、実際には中心付近以外においても $H_2$ ガスの供給口の配列領域を介して2つの反応ガスが混合されてしまう。更にまたウエハの通過領域と対向する面に排気口を設けると、サセプタ表面からのパーティクルの巻上げなどによりウエハのパーティクル汚染が起こりやすいという致命的な問題もある。

10

【0010】

また特許文献5には、回転テーブルの上方領域を十字に4つの垂直壁で仕切り、こうして仕切られた4つの載置領域にウエハを載置すると共に、ソースガスインジェクタ、反応ガスインジェクタ、パージガスインジェクタを回転方向に交互に配置して十字のインジェクタユニットを構成し、これらインジェクタを前記4つの載置領域に順番に位置させるようにインジェクタユニットを水平回転させかつ回転テーブルの周辺から真空排気する構成が記載されている。しかしながらこのような構成においては、各載置領域にソースガスあるいは反応ガスを供給した後、パージガスノズルにより当該載置領域の雰囲気パージガスで置換するために長い時間がかかるし、また一の載置領域から垂直壁を越えて隣接する載置領域にソースガスあるいは反応ガスが拡散して、両ガスが載置領域にて反応するおそれ大きい。

20

【0011】

更にまた特許文献6(特許文献7、8)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CVD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を供給する装置が記載されている。段落0023から0025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。排気に関しては段落0058に初めて記載され、この記載によると、ソースガスとパージガスを夫々排気チャンネル30a、30bから別々に排気するようになっている。このような構成では、パージガスコンパートメントにおいて両側のソースガスコンパートメントにおけるソースガスの混じり合いを避けられず、反応生成物が発生してウエハへのパーティクル汚染が生じる。この特許文献6は、解読が困難であり、上述以外の構成については把握が困難である。

30

【特許文献1】米国特許公報7,153,542号:図6(a)、図6(b)

40

【特許文献2】特開2001-254181号公報:図1、図2

【特許文献3】特許3144664号公報:図1、図2、請求項1

【特許文献4】特開平4-287912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2007-247066号公報:段落0023~0025、0058、図12及び図18

【特許文献7】米国特許公開公報2007-218701号

【特許文献8】米国特許公開公報2007-218702号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

50

## 【 0 0 1 2 】

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、基板の表面に複数の反応ガスを順番に供給して積層された反応生成物の薄膜を形成するにあたり、高いスループットが得られ、基板上にて複数の反応ガスが混合されることを防止して良好な処理を行うことができる成膜装置及び成膜方法を提供することにある。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 1 3 】

本発明の成膜装置は、真空容器内の回転テーブル上に基板を載置し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この回転テーブル上の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

10

において、  
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設けられ、分離ガス供給手段から分離ガスを供給するための分離領域と、

前記分離ガス供給手段の前記回転方向両側に位置し、前記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と、

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と、

20

前記回転テーブルの回転中心から見て前記第1の処理領域とこの第1の処理領域に対して回転方向下流側に隣接する分離領域との間にその排気口が位置する第1の排気路と、

前記回転テーブルの回転中心から見て前記第2の処理領域とこの第2の処理領域に対して回転方向下流側に隣接する分離領域との間にその排気口が位置する第2の排気路と、

前記第1の排気路内及び前記第2の排気路内を互いに独立して排気するために当該第1の排気路及び前記第2の排気路に夫々接続された第1の真空排気手段及び第2の真空排気手段と、を備えたことを特徴とする。

## 【 0 0 1 4 】

30

ここで前記第1の排気路の排気口及び第2の排気路の排気口は、前記第1の処理領域及び前記第2の処理領域から前記回転テーブルの周縁と前記真空容器の内周壁との隙間を介して夫々第1の反応ガス及び第2の反応ガスを排気するために、前記回転テーブルの下方側に設けられていることが好ましい。また前記第1の真空排気手段及び第2の真空排気手段の後段には、当該第1の真空排気手段及び第2の真空排気手段から排出される排出物を夫々独立して除害処理するための第1の除害装置及び第2の除害装置を設けることが望ましい。

## 【 0 0 1 5 】

このとき、処理領域よりも分離領域の方が圧力が高いことが好ましく、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とよい。さらに回転テーブルを加熱する加熱手段を備えていることが好ましく、前記分離ガス供給手段の両側に各々位置する狭隘な空間を形成する天井面は、基板の中心が通過する部位において回転テーブルの回転方向に沿った幅寸法が50mm以上である場合が好適である。そして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が望ましく、この場合には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、扇型に形成されているとよい。

40

## 【 0 0 1 6 】

次いで他の発明に係わる成膜方法は、互いに反応する少なくとも2種類の反応ガスを

50

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方法において、

真空容器内の回転テーブルに基板をほぼ水平に載置し、当該回転テーブルを回転させる工程と、

前記回転方向に互いに離れて前記真空容器に設けられた第1の反応ガス供給手段及び第2の反応ガス供給手段から、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の反応ガス及び第2の反応ガスを供給する工程と、

前記回転方向において第1の反応ガス供給手段及び第2の反応ガス供給手段の間に位置する分離領域に設けられた分離ガス供給手段から分離ガスを供給し、この分離ガス供給手段の前記回転方向両側にて前記回転テーブルに対向する天井面と当該回転テーブルとの間の狭隘な空間に前記分離ガスを拡散させる工程と、

真空容器内の中心部に位置する中心部領域に形成された吐出口から分離ガスを当該回転テーブルの基板載置面側に吐出する工程と、

前記回転テーブルの回転中心から見て前記第1の処理領域とこの第1の処理領域に対して回転方向下流側に隣接する分離領域との間に開口した第1の排気路の排気口、及び前記回転テーブルの回転中心から見て前記第2の処理領域とこの第2の処理領域に対して回転方向下流側に隣接する分離領域との間に開口した第2の排気路の排気口から、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にあたり、当該第1の処理領域及び第2の処理領域からこれらのガスを互いに独立して排気する工程と、

前記第1の排気路内及び前記第2の排気路内を夫々第1の真空排気手段及び第2の真空排気手段により互いに独立して排気する工程と、を含むことを特徴とする。

#### 【0017】

このとき第1の処理領域及び第2の処理領域から互いに独立して前記分離ガスと共に反応ガスを排気する工程は、前記第1の処理領域及び前記第2の処理領域の各雰囲気の前記回転テーブルの周縁と前記真空容器の内周壁との隙間を介して、前記回転テーブルの下方側に設けられた第1の排気路の排気口及び第2の排気路の排気口から排気する工程であることが好ましい。また、前記第1の真空排気手段及び第2の真空排気手段から排出される排出物を夫々第1の除害装置及び第2の除害装置により独立して除害処理する工程を含んでいることが望ましい。

#### 【発明の効果】

#### 【0018】

本発明によれば、回転テーブルを備えた真空容器内に、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の処理領域とを回転方向に離間して形成しかつこれらの間に分離ガス供給手段から分離ガスを供給するための分離領域を介在させると共に、回転方向に沿って複数の基板を配置した回転テーブルを回転させて、第1の反応ガス及び第2の反応ガスによる反応生成物の層を積層して薄膜化するようにしている。そしてこのようなプロセスを行うにあたって、前記回転テーブルの回転中心から見て前記第1の処理領域とこの第1の処理領域に対して回転方向下流側に隣接する分離領域との間にその排気口が位置する第1の排気路と、前記回転テーブルの回転中心から見て前記第2の処理領域とこの第2の処理領域に対して回転方向下流側に隣接する分離領域との間にその排気口が位置する第2の排気路との各排気口を通じて真空排気を行うと共にその排気系統（排気路、圧力制御機器及び真空排気手段）を互いに独立化しているため、第1の反応ガスと第2の反応ガスとが排気系統の中で混じるおそれがなく、このため排気系統にて反応生成物が生じるおそれがないか極めて少ない。

#### 【0019】

また分離ガス供給手段の前記回転方向両側に位置し、前記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設けることで分離領域に前記反応ガスが侵入することを阻止すると共に、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から回転テーブルの周縁に向けて分離ガスを吐出している。この結果、当該中心部領域を介して互いに異なる反応ガス同士が交じり合うことを防止でき、良好な成膜処理を行うことができると共に、反応生成物が生じることが全くないか極力抑えられ、パーティクルの発生が抑えられる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

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11が容器本体12から分離できるように構成されている。天板11はこの容器本体12の上面に設けられた封止部材、例えばリング13を介して内部の減圧状態により容器本体12側に押し付けられ気密状態を維持している。天板11を容器本体12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。

10

【0021】

回転テーブル2は、中心部にて円筒形状のコア部21に固定され、このコア部21は、鉛直方向に伸びる回転軸22の上端に固定されている。回転軸22は真空容器1の底面部14を貫通し、その下端が当該回転軸22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23に取り付けられている。回転軸22及び駆動部23は、上面が開口した筒状のケース体20内に収納されている。このケース体20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14の下面に気密に取り付けられており、ケース体20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。

20

【0022】

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を載置するための円形状の凹部24が設けられている。なお図3には便宜上1個の凹部24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24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4mm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24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5mm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。

30

【0023】

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。

40

【0024】

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24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31及び第2の反応ガスノズル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。これら反応ガスノズル31、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

50



端部であるガス供給ポート 3 1 a、3 2 a、4 1 a、4 2 a は当該側壁を貫通している。

【0025】

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、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 1 1 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ノズル 3 1、(3 2、4 1、4 2) 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 3 1 a (3 2 a、4 1 a、4 2 a) を接続する構成を採用することができる。

【0026】

反応ガスノズル 3 1、3 2 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 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。また、各反応ガスノズル 3 1、3 2 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 P 1、P 2 に  $N_2$  ガスを供給することができるようになってきている。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。

【0027】

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ガス吐出孔 3 3 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 4 1、4 2 には、下方側に分離ガスを吐出するための吐出孔 4 0 が長さ方向に間隔をおいて穿設されている。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 BTBAS 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。

【0028】

分離ガスノズル 4 1、4 2 は、前記第 1 の処理領域 P 1 と第 2 の処理領域 P 2 との雰囲気とを分離する分離領域 D を形成するために  $N_2$  ガスを供給する分離ガス供給手段に相当し、この分離領域 D における真空容器 1 の天板 1 1 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 4 1、4 2 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 4 3 内に収められている。即ち分離ガスノズル 4 1、4 2 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。

【0029】

なお、溝部 4 3 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 4 3 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 4 3 を形成してもよい。

【0030】

従って分離ガスノズル 4 1、4 2 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 4 4 (第 1 の天井面) が存在し、この天井面 4 4 の前記周方向両側には、当該天井面 4 4 よりも高い天井面 4 5 (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。

【0031】

即ち、分離ガスノズル 4 1 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 BTBAS 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 4 1 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BTBA 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。

10

20

30

40

50

#### 【0032】

一方天板11の下面には、図5、図7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）と同じ高さ形成されている。図2及び図3は、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。

#### 【0033】

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。

#### 【0034】

この例では分離ガスノズル41（42）は、真下に向いた例えば口径が0.5mmの吐出孔がノズルの長さ方向に沿って例えば10mmの間隔をおいて配列されている。また第1の反応ガスノズル31についても、真下に向いた例えば口径が0.5mmの吐出孔がノズルの長さ方向に沿って例えば10mmの間隔をおいて配列されている。

#### 【0035】

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、回転中心から例えば140mm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146mmであり、ウエハW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で見れば、長さLは246mmである。

#### 【0036】

また図4（b）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hは、例えば0.5mmから10mmであってもよく、約4mm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1rpm～500rpm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44）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、 $N_2$ 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。

## 【 0 0 3 7 】

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、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。

10

## 【 0 0 3 8 】

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。これらの隙間を夫々第 1 の排気領域 E 1 及び第 2 の排気領域 E 2 と呼ぶことにすると、第 1 の排気領域 E 1 及び第 2 の排気領域 E 2 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。

20

## 【 0 0 3 9 】

これらの排気口 6 1、6 2 は、分離領域 D の分離作用が確実に働くように、例えば図 9 に示すように平面で見たときに前記分離領域 D（凸状部 4）の前記回転方向両側に設けられ、各々の反応ガス（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。この例では一方の排気口 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、また他方の排気口 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。

30

## 【 0 0 4 0 】

言い替えると、図 3 に示すように回転テーブル 2 の回転中心から見て第 1 の処理領域 P 1 とこの領域 P 1 に対して例えば回転テーブル 2 の回転方向下流側に隣接する分離領域 D（図 3 では分離ガスノズル 4 2 の設けられている凸状部 4 に覆われている領域に相当する）との間に第 1 の排気路 6 3 a の排気口 6 1 は位置している。即ち、図 3 中に一点鎖線で示した回転テーブル 2 の中心と第 1 の処理領域 P 1 とを通る直線 L 1 と、回転テーブル 2 の中心と前期第 1 の処理領域 P 1 の下流側に隣接する分離領域 D の上流側の縁を通る直線 L 2 との間に位置している。また第 2 の排気路 6 3 b の排気口 6 2 については、前述の回転中心から見て第 2 の処理領域 P 1 とこの領域 P 2 に対して例えば回転テーブル 2 の回転方向下流側に隣接する分離領域 D（図 3 では分離ガスノズル 4 1 の設けられている凸状部 4 に覆われている領域に相当する）との間に位置していることになる。即ち、図 3 中に二点鎖線で示した回転テーブル 2 の中心と第 2 の処理領域 P 2 とを通る直線 L 3 と、回転テーブル 2 の中心と前期第 2 の処理領域 P 2 の下流側に隣接する分離領域 D の上流側の縁を通る直線 L 4 との間に位置している。

40

## 【 0 0 4 1 】

ただし、これら第 1、第 2 の排気口 6 1、6 2 を設ける位置は、真空容器 1 の底面部に

50

限られず、真空容器 1 の側壁に設けてもよい。そして真空容器 1 の側壁に排気口 6 1、6 2 を設ける場合には、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。

#### 【0042】

図 1 に示すように第 1 の排気口 6 1 は、第 1 の排気路 6 3 a を介して例えばメカニカルブースタポンプとドライポンプとを連設して構成された真空ポンプ 6 4 a に接続されており、これら排気口 6 1 と真空ポンプ 6 4 a との間には第 1 の圧力調節手段 6 5 a が介設されている。第 1 の圧力調節手段 6 5 a は、例えばバタフライバルブなどからなる圧力調節弁と、この圧力調節弁を開閉するモーターと、このモーターの動作を制御する現場型のコントローラとから構成されており（いずれも不図示）、当該圧力調節手段 6 5 a の上流側の排気路 6 3 a に設けられた圧力計 6 6 a の検出結果に基づいて圧力調節を行う APC（Auto Pressure Controller）として構成されている。ここで真空ポンプ 6 4 a は第 1 の真空排気手段に相当し、以下、第 1 の排気路 6 3 a、第 1 の圧力調節手段 6 5 a、真空ポンプ 6 4 a をまとめて第 1 の排気系統という。

10

#### 【0043】

前記圧力計 6 6 a は、排気路 6 3 a の上流側の真空容器 1 内における第 1 の処理領域 P 1 の圧力を計測する役割を果たし、この圧力計 6 6 a の検出結果に基づいて圧力の調節を行うことにより、前記第 1 の圧力調節手段 6 5 a は第 1 の処理領域 P 1 を一定の圧力雰囲気

20

#### 【0044】

また、既述の第 2 の排気口 6 2 についても同様に、第 2 の排気路 6 3 b を介して第 2 の真空排気手段である真空ポンプ 6 4 b に接続され、これら排気口 6 2 と真空ポンプ 6 4 b との間には、真空容器 1 内の第 2 の処理領域 P 2 を一定の圧力雰囲気に保つための第 2 の圧力調節手段 6 5 b が介設されていて、既述の第 1 の排気路 6 3 a とは独立して排気を行うことができるようになっている。そして第 2 の圧力調節手段 6 5 b についても、当該調節手段 6 5 b の上流側の排気路 6 3 b に設けられた圧力計 6 6 b による検出結果に基づいて圧力の調節を行う例えば現場型の APC として構成されている。以下、これら第 2 の排気路 6 3 b、第 2 の圧力調節手段 6 5 b 及び真空ポンプ 6 4 b をまとめて第 2 の排気系統

30

#### 【0045】

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 6 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 E 1、E 2 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。

40

#### 【0046】

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て、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<sub>2</sub> 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

50

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。

【 0 0 4 7 】

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 7 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 E 1、E 2 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。

10

【 0 0 4 8 】

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 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 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

20

【 0 0 4 9 】

更に真空容器 1 の側壁には図 2、図 3 及び図 8 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 W の受け渡しを行うための搬送口 1 5 が形成されており、この搬送口 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 2 4 はこの搬送口 1 5 に臨む位置にて搬送アーム 1 0 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 2 4 を貫通してウエハ W を裏面から持ち上

30

【 0 0 5 0 】

また図 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 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 1 0 0 内にインストールされる。

【 0 0 5 1 】

ここで図 1 に示すように制御部 1 0 0 は、既述の第 1 の圧力調節手段 6 5 a 及び第 2 の圧力調節手段 6 5 b と接続されており、例えばオペレータによる不図示の操作端末からの入力や予めメモリ内に設定された情報に基づいて、各圧力調節手段 6 5 a、6 5 b のコントローラの圧力設定値を設定できるようになっている。また各圧力計 6 6 a、6 6 b の検出結果は制御部 1 0 0 にも出力されるようになっている。

40

【 0 0 5 2 】

次に上述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 W 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 8 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 1 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

50

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。続いて真空ポンプ 6 4 a、6 4 b を稼働させ、第 1、第 2 の圧力調節手段 6 5 a、6 5 b の圧力調節弁を全開として各処理領域 P 1、P 2 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。

【0053】

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。例えば第 1 の反応ガスノズルからは 100 sccm、第 2 の反応ガスノズル 3 2 からは 10,000 sccm、各分離ガスノズル 4 1、4 2 からは各々 20,000 sccm、分離ガス供給管 5 1 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 P 1、P 2 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、第 1、第 2 の圧力調節手段 6 5 a、6 5 b 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 7 2、7 3 から所定量の  $N_2$  ガスが供給される。

10

【0054】

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 P 1、P 2 の圧力が各々設定圧力になったことを確認したら、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 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反応ガスノズル 3 1、3 2 におけるガスの切り替えはゆっくりと行うとよい。

20

【0055】

そして、ウエハ W は回転テーブル 2 の回転により、第 1 の処理領域 P 1 と第 2 の処理領域 P 2 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。

【0056】

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  $N_2$  ガスが吐出する。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かかれて広がっており、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 10 に示す。第 2 の反応ガスノズル 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  $N_2$  ガスに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 E 2 に流れ込み、排気口 6 2 により排気される。

30

40

【0057】

また第 2 の反応ガスノズル 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

50

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 の内周壁との隙間の排気領域 E 2 を介して排気口 6 2 に排気される。

【 0 0 5 8 】

また第 1 の反応ガスノズル 3 1 から下方側に吐出され、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 E 1 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 W 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。

10

【 0 0 5 9 】

更にまた第 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 7 及び図 9 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。

20

【 0 0 6 0 】

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てガスの通過を実質阻止しているため、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 W 上においても交じり合うことがない。

30

【 0 0 6 1 】

なおこの例では、回転テーブル 2 の下方側を  $N_2$  ガスによりバージしているため、排気領域 E 1、E 2 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。

【 0 0 6 2 】

このように第 1、第 2 の処理領域 P 1、P 2 には、各排気領域 E 1、E 2 を介して専用の排気路 6 3 a、6 3 b に接続されていることから、第 1 の処理領域 P 1 及び第 1 の排気領域 E 1 に流れ込んだ各種のガスは第 1 の排気路 6 3 a より排気され、第 2 の処理領域 P 2 及び第 1 の排気領域 E 1 に流れ込んだ各種のガスは第 2 の排気路 6 3 b より排気される。このため、一方側の処理領域 P 1、P 2 に供給された反応ガスは、他方側の処理領域 P 2、P 1 に供給された反応ガスと交じり合うことなく真空容器 1 外へと排気することができる。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。

40

【 0 0 6 3 】

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 600 回である。

【0064】

上述の実施の形態によれば以下の効果がある。回転テーブル 2 を備えた真空容器 1 内に、第 1 の反応ガスである BTBAS が供給される第 1 の処理領域 P 1 と第 2 の反応ガスである O<sub>3</sub> ガスが供給される第 2 の処理領域 P 2 とを回転方向に離間して形成しかつこれらの間に分離ガスノズル 4 1、4 2 から分離ガスを供給するための分離領域 D を介在させると共に、回転方向に沿って複数のウエハ W を配置した前記回転テーブル 2 を回転させて、BTBAS 及び第 2 の O<sub>3</sub> ガスによる反応生成物である酸化シリコンの層を積層して薄膜化するようにしている。そしてこのようなプロセスを行うにあたって、第 1 の処理領域 P 1 及び第 2 の処理領域 P 2 に夫々対応した位置に設けられた第 1 の排気路 6 3 a 及び第 2 の排気路 6 3 b の各排気口 6 1、6 2 を通じて真空排気を行うと共にその排気系統（排気路 6 3 a、6 3 b、圧力調節手段 6 5 a、6 5 b 及び真空ポンプ 6 4 a、6 4）を互いに独立化しているため、BTBAS ガスと O<sub>3</sub> ガスとが排気系統の中で混じるおそれがなく、このため排気系統にて反応生成物が生じるおそれがないか極めて少ない。

10

【0065】

そして分離ガスノズル 4 1、4 2 の前記回転方向両側にて低い天井面を設けることで分離領域 D に各反応ガスが侵入することを阻止すると共に、前記回転テーブル 2 の回転中心部と真空容器 1 とにより区画した中心部領域 C から回転テーブル 2 の周縁に向けて分離ガスを吐出し、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が回転テーブル 2 の周縁と真空容器 1 の内周壁との隙間を介して排気されるようにすれば、互いに異なる反応ガス同士が交じり合うことを防止でき、良好な成膜処理を行うことができると共に、反応生成物が生じることが全くないか極力抑えられ、パーティクルの発生が抑えられる。なお本発明は、回転テーブル 2 に 1 個のウエハ W を載置する場合にも適用できる。

20

【0066】

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 ALD（あるいは MLD）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、反応ガスをパ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。

30

【0067】

ここで真空容器 1 に設ける排気系統は 2 系統に限定されるものではなく、例えば図 1 1 の成膜装置に示すように回転テーブル 2 上の凸状部 4 を追加して第 3 の処理領域 P 3 を設け、当該処理領域 P 3 に 3 つめの排気系統（排気路 6 3 c、第 3 の圧力調節手段 6 5 c、真空ポンプ 6 4 c）を接続してもよい。なお図 1 0 において 3 1 0 は第 3 の反応ガスノズル、4 1 0 は分離ガスノズル、6 0 は排気口である。

また、各処理領域 P 1、P 2 に接続する排気系統の数についても 1 系統とする場合に限りならず、1 つの処理領域 P 1、P 2 に 2 系統以上の排気系統を接続してもよい。

40

【0068】

更にまた排気系統の運用方法は、上述の実施の形態中に示したように各排気系統にて対応する処理領域 P 1、P 2 の圧力調節を行う場合に限定されない。例えば各排気系統に流量計を設け、各処理領域からの排気量が予め決めた値となるように、排気路 6 3 a、6 3 b に設けたバルブの開度を調節してもよい。圧力調節や排気量調節を行う手段についてもバルブの開閉による場合に限定されるものではなく、例えば真空ポンプ 6 4 a、6 4 b のメカニカルブースタポンプの回転数を変えることにより、圧力や排気量を調節するようにしてもよい。

【0069】

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 [

50



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)<sub>2</sub>[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)[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。

#### 【0070】

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12(a)、図12(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W0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W0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12(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。

#### 【0071】

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13は第2の反応ガスノズル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。

#### 【0072】

また本発明は、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14に示すように反応ガスノズル31(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)及び反応ガスノズル31(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41(42)の両側の第1の天井面44が反応ガスノズル31(32)にまで広がった例である。この場合には、分離ガスノズル41(42)の両側に分離ガスが拡散し、反応ガスノズル31(32)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、これらのガスは反応ガスノズル31(32)と分離ガスノズル42(41)との間に位置する排気口61(62)から排気されることになる。

#### 【0073】

以上の実施の形態では、回転テーブル2の回転軸22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15に示すように構成してもよい。図15の成膜装置においては、真空容器1の中央領域の底面部14が下方側に突出していて駆動部の收容空間80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80aが形成され、真空容器1の中心部に

において収容空間 80 の底部と真空容器 1 の前記凹部 80 a の上面との間に支柱 81 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。

【0074】

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。そして前記収容空間 80 にモーター 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。また前記収容空間 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 80 a 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 15 では、前記凹部 80 a 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。

10

【0075】

図 15 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 80 a 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。

20

【0076】

以上述べた成膜装置を用いた基板処理装置について図 16 に示しておく。図 16 中、101 は例えば 25 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、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 107 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 W 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 107 によりウエハ W 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。

30

【図面の簡単な説明】

【0077】

【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。

40

【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】上記の成膜装置の反応ガスノズルを示す斜視図である。

【図 7】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 8】上記の成膜装置の一部破断斜視図である。

【図 9】上記の成膜装置に排気系統が設けられた様子を示す横断平面図である。

【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】上記の成膜装置の変形例を示す横断平面図である。

50

- 【図12】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13】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14】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15】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16】本発明の成膜装置を用いた基板処理システムの一部を示す概略平面図である。

【符号の説明】

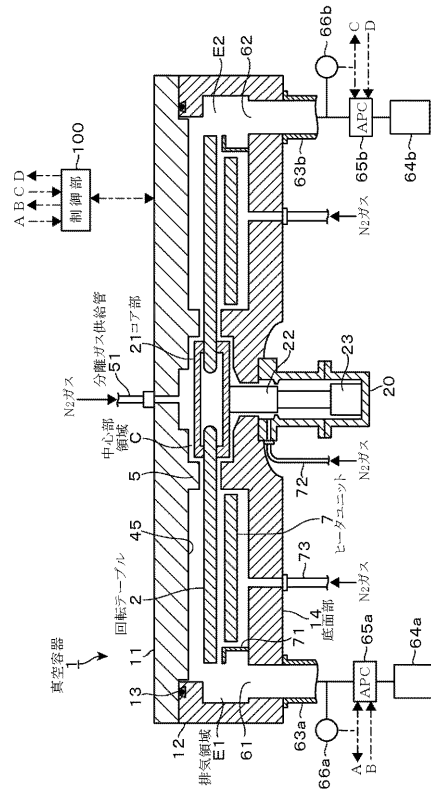
【0078】

- W ウエハ
- 1 真空容器
- 2 回転テーブル
- 4 凸状部
- 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 3 ガス吐出孔
- 4 1、4 2 分離ガスノズル
- 6 3 a 第1の排気路
- 6 3 b 第2の排気路
- 6 4 a、6 4 b 真空ポンプ
- 6 5 a 第1の圧力調節手段
- 6 5 b 第2の圧力調節手段

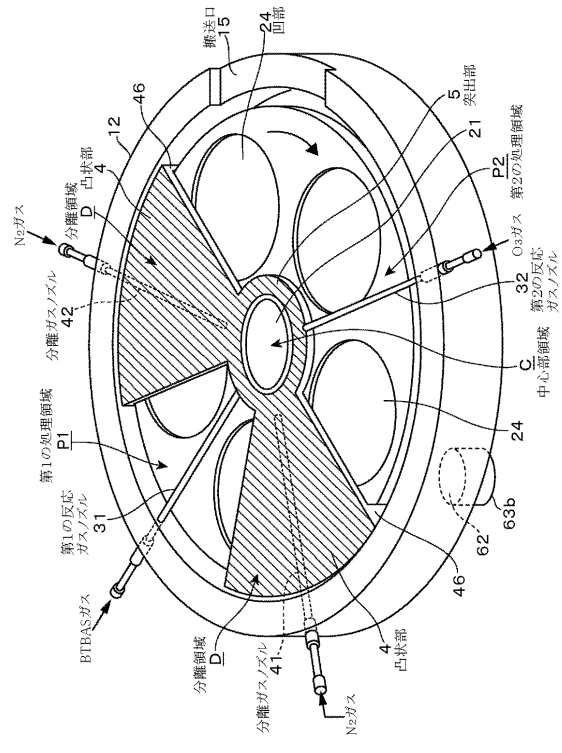
10

20

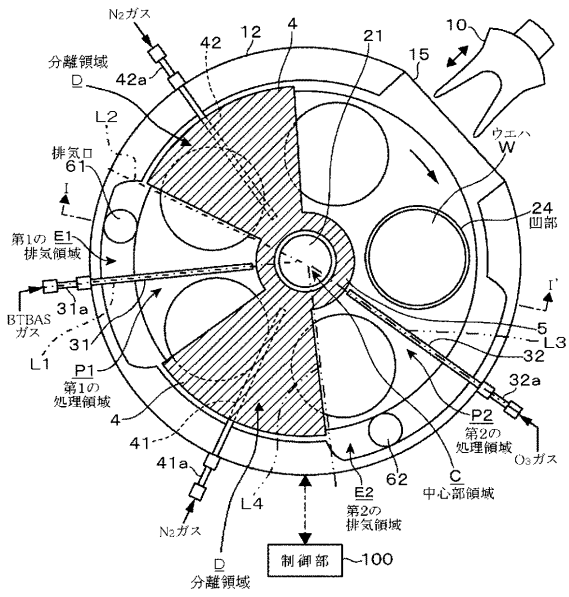
【図1】



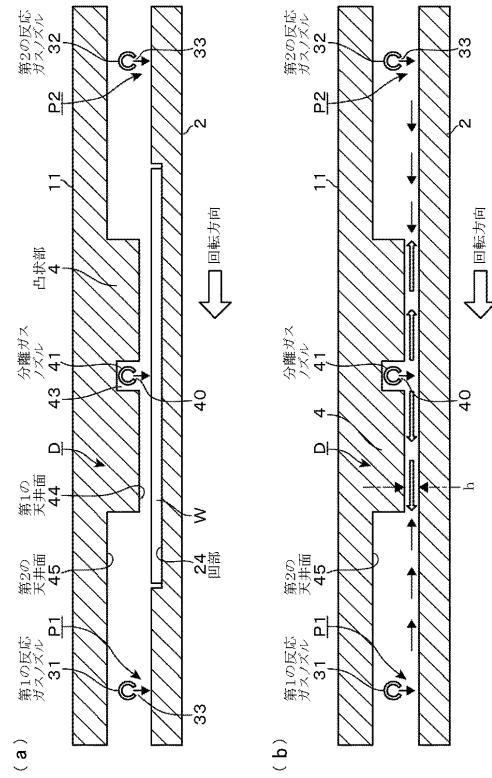
【図2】



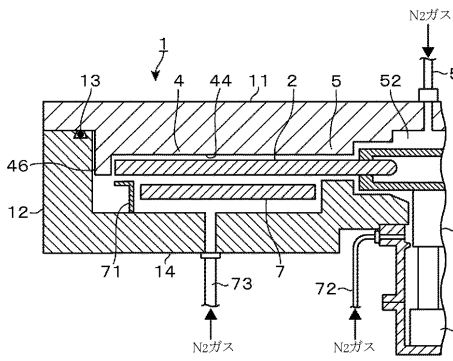
【図3】



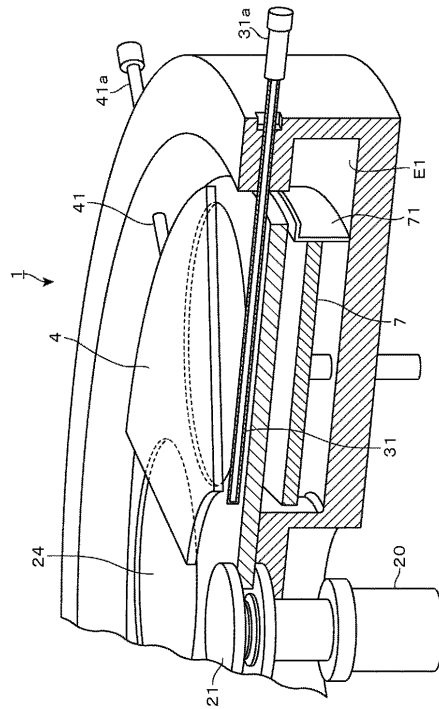
【図4】



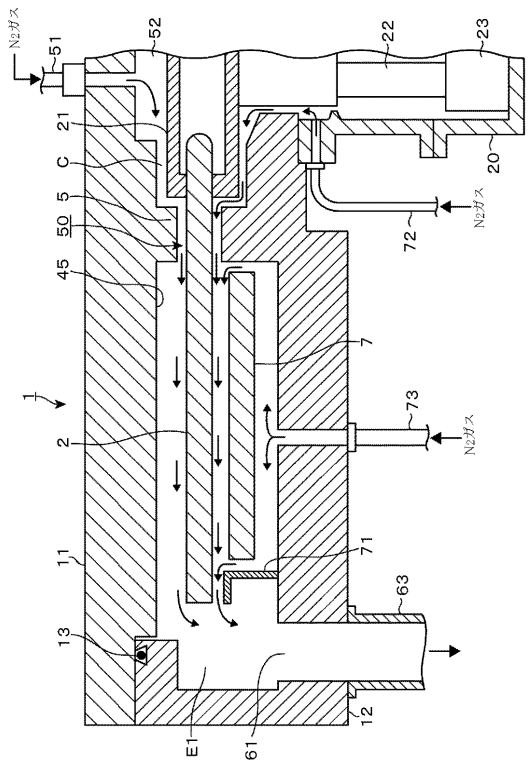
【図5】



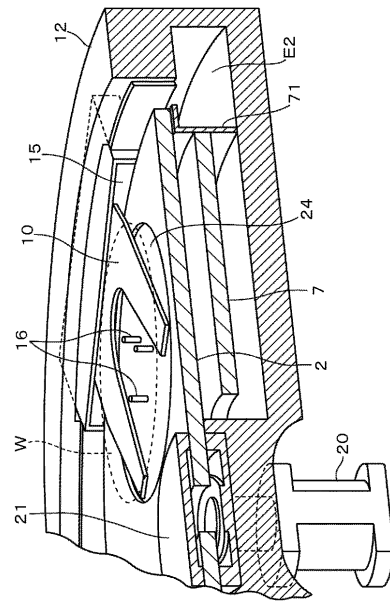
【図6】



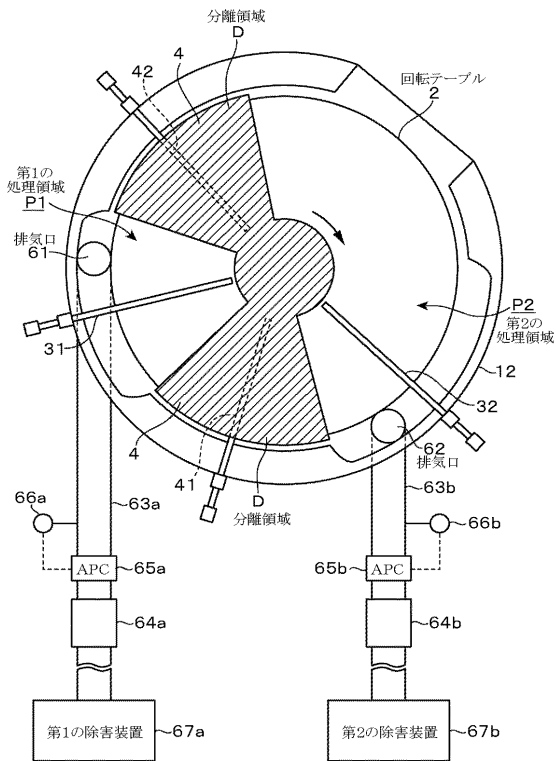
【 図 7 】



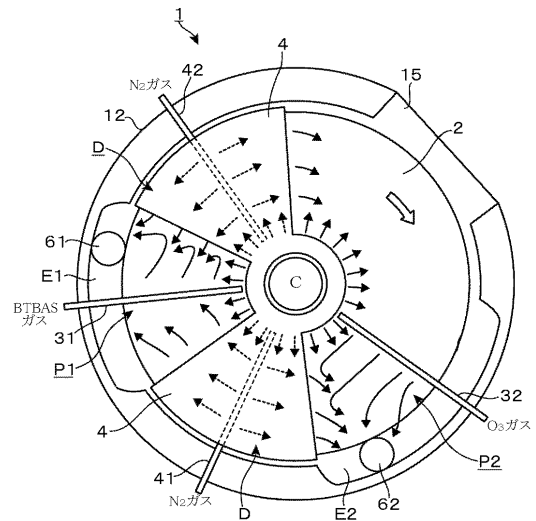
【 図 8 】



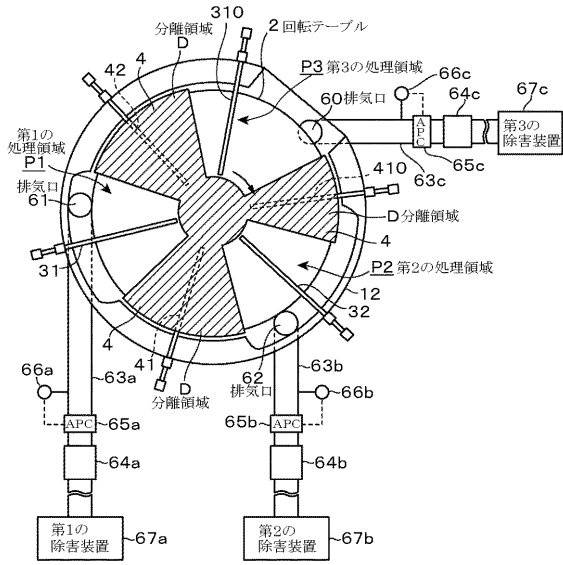
【 図 9 】



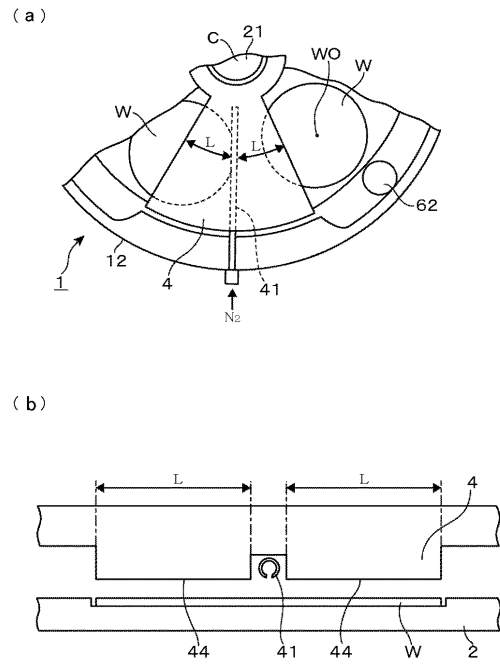
【 図 10 】



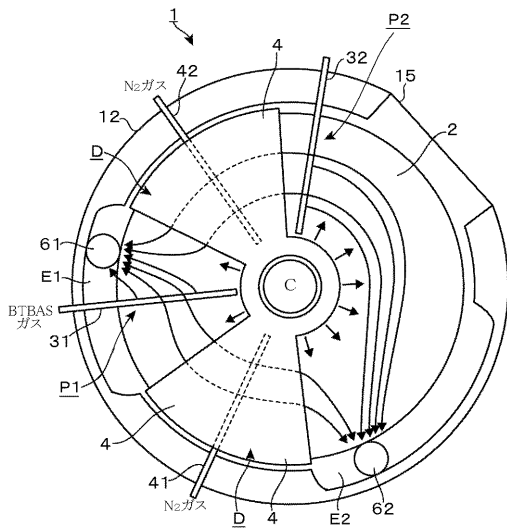
【図 1 1】



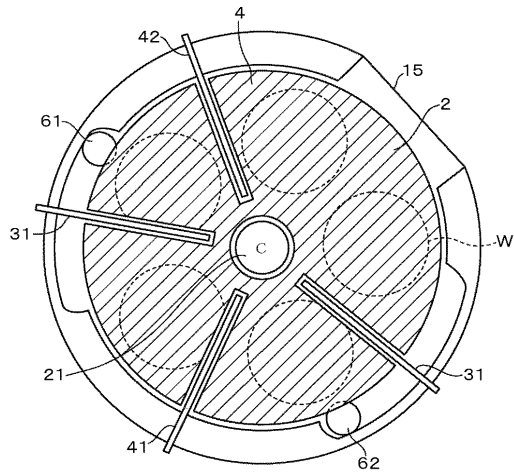
【図 1 2】



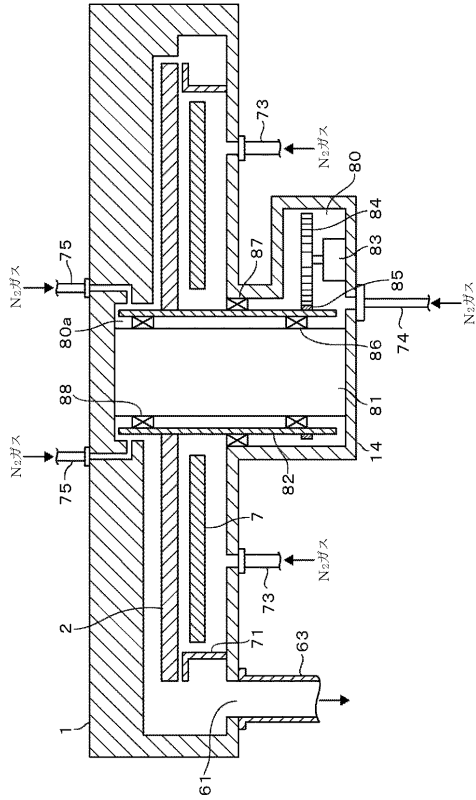
【図 1 3】



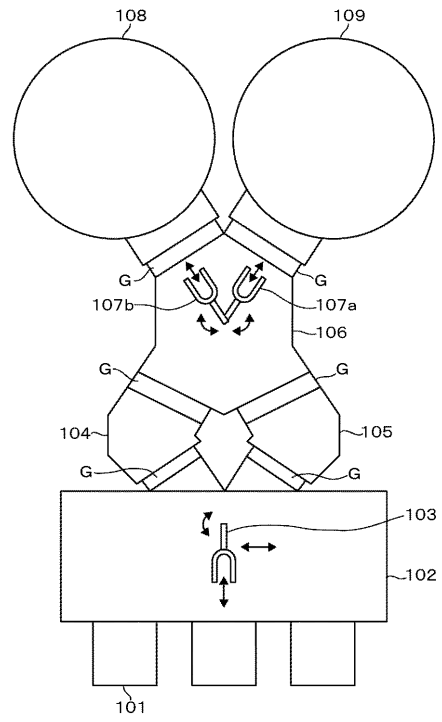
【図 1 4】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F045 AA04 AB31 AB32 AC05 AC07 AC11 BB08 DP15 DP27 EB08  
EE12 EE14 EF01 EG01 EG05 EG07 EM10 HA22