

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5884500号  
(P5884500)

(45) 発行日 平成28年3月15日(2016.3.15)

(24) 登録日 平成28年2月19日(2016.2.19)

(51) Int. Cl. F I  
 H O 1 L 21/31 (2006.01) H O 1 L 21/31 B  
 C 2 3 C 16/455 (2006.01) C 2 3 C 16/455

請求項の数 9 (全 34 頁)

(21) 出願番号	特願2012-8047 (P2012-8047)	(73) 特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社
(22) 出願日	平成24年1月18日(2012.1.18)		東京都港区赤坂五丁目3番1号
(65) 公開番号	特開2013-149728 (P2013-149728A)	(74) 代理人	100091513 弁理士 井上 俊夫
(43) 公開日	平成25年8月1日(2013.8.1)	(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
審査請求日	平成26年6月24日(2014.6.24)	(72) 発明者	中坪 敏行 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	牛窪 繁博 東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i zタワー 東京エレクトロン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 成膜装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

真空容器内にて互いに反応する複数種類の処理ガスを順番に供給するサイクルを複数回行っ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、基板を載置する基板載置領域がその上面に形成されると共に、この基板載置領域を公転させるための回転テーブルと、

この回転テーブルの周方向に互いに離間した処理領域に対して互いに異なる処理ガスを夫々供給するための複数の処理ガス供給部と、

各処理領域の雰囲気を分離するために、各処理領域の間に形成された分離領域に対して分離ガスを供給する分離ガス供給部と、

前記真空容器内の雰囲気真空排気するための排気口と、を備え、

前記複数の処理ガス供給部のうちの少なくとも一つの処理ガス供給部は、前記回転テーブルの中央部から周縁部に向かって伸びると共に、前記回転テーブルに向けて処理ガスを吐出するガス吐出口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、

前記ガスノズルにおける前記回転テーブルの回転方向の上流側及び下流側には、当該ガスノズルから吐出された処理ガスの希薄化を抑えるために分離ガスがその上面側を流れるように、当該ガスノズルの長さ方向に沿って整流板が設けられ、

前記ガスノズル及び前記整流板の上方側には、前記回転方向の上流側の整流板の上面側と、前記回転方向の下流側の整流板の上面側との間を前記分離ガスが通流するための通流空間が形成され、

前記整流板における回転テーブルの外周側の縁部は、前記整流板の下方側の処理ガスが回転テーブルの外側に排出されるのを抑えるために、当該回転テーブルの外周端面と隙間を開けて対向するように下方側に屈曲した屈曲部として構成されていることを特徴とする成膜装置。

【請求項 2】

前記屈曲部は、前記回転テーブルの外周端面を介して当該回転テーブルの下面側に屈曲し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】

前記ガスノズルと、当該ガスノズルにおける前記回転テーブルの回転方向下流側の処理ガス供給部との間には、前記ガスノズルから前記真空容器内に供給される処理ガスを排気

10

するために、前記回転テーブルと前記真空容器の内壁面との間に排気口が形成され、この排気口は、平面で見た時に、前記ガスノズルの前記整流板における前記回転テーブルの回転方向下流側の端面よりも前記回転テーブルの回転方向下流側に離間した位置に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】

前記ガスノズルと前記真空容器の天井面との間には、当該ガスノズルを長さ方向に沿って覆うように、下面側が開口して前記ガスノズルを収納する箱形のカバー体が設けられ、

このカバー体の開口縁における前記回転テーブルの回転方向上流側の部位及び下流側の部位は、前記整流板の上面に夫々接続されている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。

20

【請求項 5】

平面で見た時における前記真空容器の中心部領域に対して分離ガスを供給する分離ガス供給路を備え、

前記カバー体における前記中心部領域側の下面側開口縁は、この分離ガス供給路から供給される分離ガスが前記ガスノズルの下方側へ回り込むことを抑えるために、前記整流板の下面と高さ位置が揃うように形成されていることを特徴とする請求項 4 に記載の成膜装置。

【請求項 6】

前記整流板は、平面で見た時に前記回転テーブルの中心部側から外周部側に向かって広がるように形成され、

30

前記整流板における前記回転テーブルの外周側の部位と前記屈曲部とは、前記回転テーブルの回転方向における長さ寸法が互いに揃っ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】

前記ガスノズルは、当該ガスノズルから吐出される処理ガスが基板に沿って通流するように、このガスノズルの下端面と前記回転テーブルの上面との間の離間寸法が前記回転テーブルの回転方向において揃うように形成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】

前記カバー体の内壁面と前記ガスノズルの外壁面との間の離間寸法、前記整流板と前記回転テーブルとの間の離間寸法、及び前記回転テーブルの外周端面と前記屈曲部との間の隙間寸法は、0.5 mm ~ 3 mm に夫々設定さ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。

40

【請求項 9】

前記ガス吐出口は、前記回転テーブルの中心部側では、前記回転テーブルの外周部側よりも開口面積が大きくなるように形成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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明は、互いに反応する処理ガスを基板に対して順番に供給することにより、反応生成物を積層して薄膜を形成する成膜装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体ウエハなどの基板（以下「ウエハ」と言う）に対して例えばシリコン酸化膜（SiO<sub>2</sub>）などの薄膜を成膜する手法の一つとして、互いに反応する複数種類の処理ガス（反応ガス）をウエハの表面に順番に供給して反応生成物を積層するALD（Atomic Layer Deposition）法が知られている。このようなALD法で成膜する装置としては、例えば特許文献1に記載されているように、真空容器内に設けられた回転テーブル上に複数枚のウエハを周方向に並べると共に、この回転テーブルに対向するよう

10

【0003】

ここで、現実レベルの生産性に見合う程度の成膜速度で成膜処理を行うためには、あるいは各々のウエハに対して各処理ガスを面内に亘って均一に接触させるためには、各処理領域において処理ガスを過剰に供給しておく必要がある。即ち、ウエハの表面には処理ガスが一度にごく僅か（原子層あるいは分子層の例えば1層分）しか吸着せず、従って酸化処理で酸化する膜厚についてもごく僅かなので、処理ガスの流量としては、ウエハの表面との反応（吸着や酸化）が飽和する程度の流量に設定しておけば良いと言える。しかし、実際には真空容器内の雰囲気

20

【0004】

従って、例えば既述のシリコン含有ガスについては非常に高価なガスであるため、装置のランニングコストが嵩んでしまう。一方、処理ガスの流量を抑えようとすると、設定通りの成膜レートが得られなくなったり、あるいはウエハに対する成膜処理が面内においてばらついたりしてしまう。

30

特許文献2には、反応ガスノズルにノズルカバーを設ける技術について記載されているが、良好な成膜レートを得るためには、後述の実施例から分かるように、依然として過剰な量の処理ガスが必要となっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2010-239102

40

【特許文献2】特開2011-100956

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

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、互いに反応する処理ガスを順番に供給して基板の表面に反応生成物を積層するにあたり、処理ガスの流量を抑えながら、良好な成膜レートで成膜処理を行うことのできる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】

【0007】

50

本発明の成膜装置は、  
真空容器内にて互いに反応する複数種類の処理ガスを順番に供給するサイクルを複数回行っ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、基板を載置する基板載置領域がその上面に形成されると共に、この基板載置領域を公転させるための回転テーブルと、

この回転テーブルの周方向に互いに離間した処理領域に対して互いに異なる処理ガスを夫々供給するための複数の処理ガス供給部と、

各処理領域の雰囲気と分離するために、各処理領域の間に形成された分離領域に対して分離ガスを供給する分離ガス供給部と、

前記真空容器内の雰囲気と真空排気するための排気口と、を備え、

前記複数の処理ガス供給部のうちの少なくとも一つの処理ガス供給部は、前記回転テーブルの中央部から周縁部に向かって伸びると共に、前記回転テーブルに向けて処理ガスを吐出するガス吐出口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、

前記ガスノズルにおける前記回転テーブルの回転方向の上流側及び下流側には、当該ガスノズルから吐出された処理ガスの希薄化を抑えるために分離ガスがその上面側を流れるように、当該ガスノズルの長さ方向に沿って整流板が設けられ、

前記ガスノズル及び前記整流板の上方側には、前記回転方向の上流側の整流板の上面側と、前記回転方向の下流側の整流板の上面側との間を前記分離ガスが通流するための通流空間が形成され、

前記整流板における回転テーブルの外周側の縁部は、前記整流板の下方側の処理ガスが回転テーブルの外側に排出されるのを抑えるために、当該回転テーブルの外周端面と隙間を開けて対向するように下方側に屈曲した屈曲部として構成されていることを特徴とする。

#### 【0008】

前記成膜装置は、以下のように構成しても良い。前記屈曲部は、前記回転テーブルの外周端面を介して当該回転テーブルの下面側に屈曲している構成。前記ガスノズルと、当該ガスノズルにおける前記回転テーブルの回転方向下流側の処理ガス供給部との間には、前記ガスノズルから前記真空容器内に供給される処理ガスを排気するために、前記回転テーブルと前記真空容器の内壁面との間に排気口が形成され、

この排気口は、平面で見た時に、前記ガスノズルの前記整流板における前記回転テーブルの回転方向下流側の端面よりも前記回転テーブルの回転方向下流側に離間した位置に設けられている構成。

#### 【0009】

前記ガスノズルと前記真空容器の天井面との間には、当該ガスノズルを長さ方向に沿って覆うように、下面側が開口して前記ガスノズルを収納する箱形のカバー体が設けられ、

このカバー体の開口縁における前記回転テーブルの回転方向上流側の部位及び下流側の部位は、前記整流板の上面に夫々接続されている構成。

平面で見た時における前記真空容器の中心部領域に対して分離ガスを供給する分離ガス供給路を備え、

前記カバー体における前記中心部領域側の下面側開口縁は、この分離ガス供給路から供給される分離ガスが前記ガスノズルの下方側へ回り込むことを抑えるために、前記整流板の下面と高さ位置が揃うように形成されている構成。

#### 【0010】

前記整流板は、平面で見た時に前記回転テーブルの中心部側から外周部側に向かって広がるように形成され、

前記整流板における前記回転テーブルの外周側の部位と前記屈曲部とは、前記回転テーブルの回転方向における長さ寸法が互いに揃っている構成。

前記ガスノズルは、当該ガスノズルから吐出される処理ガスが基板に沿って通流するように、このガスノズルの下端と前記回転テーブルの上面との間の離間寸法が前記回転テーブルの回転方向において揃うように形成されている構成。

前記カバー体の内壁面と前記ガスノズルの外壁面との間の離間寸法、前記整流板と前記回転テーブルとの間の離間寸法、及び前記回転テーブルの外周端面と前記屈曲部との間の離間寸法は、0.5mm～3mmに夫々設定されている構成。

前記ガス吐出口は、前記回転テーブルの中心部側では、前記回転テーブルの外周部側よりも開口面積が大きくなるように形成されている構成。

【発明の効果】

【0011】

本発明は、真空容器内に処理ガスを供給するための処理ガス供給部の少なくとも一つについて、回転テーブルの中央部から周縁部に向かって伸びるガスノズルとして構成すると共に、当該処理ガス供給部の長さ方向に沿うように配置された整流板を設けている。そして、整流板における回転テーブルの外周側の部位に、回転テーブルの外周端面に沿って下方に伸びる屈曲部を夫々形成している。そのため、ガスノズルから供給される処理ガスと基板とが接触する領域を回転テーブルの回転方向に沿って広く確保しつつ、当該ガスノズルの長さ方向に沿って処理ガスの濃度を揃えることができる。従って、処理ガスの使用量を抑えながら、良好な成膜レートで成膜処理を行うことができる。また、処理ガスの流量を抑えながら、基板の表面に成膜される薄膜について、面内に亘って膜厚を揃えることができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の成膜装置の一例を示す縦断面図である。

【図2】前記成膜装置の横断面図である。

【図3】前記成膜装置の一部を拡大して示す斜視図である。

【図4】前記成膜装置の一部を拡大して示す斜視図である。

【図5】前記成膜装置の内部の一部を示す縦断面図である。

【図6】前記成膜装置の内部の一部を示す縦断面図である。

【図7】前記成膜装置の内部の一部を示す斜視図である。

【図8】前記成膜装置の内部の一部を示す縦断面図である。

【図9】前記成膜装置の内部の一部を示す平面図である。

【図10】前記成膜装置のノズルカバーを説明するための説明図である。

【図11】前記成膜装置を周方向に展開して示す縦断面図である。

【図12】前記成膜装置の一部を示す縦断面図である。

【図13】前記成膜装置の一部を拡大して示す縦断面図である。

【図14】前記成膜装置において基板に薄膜が成膜される様子を示す模式図である。

【図15】前記成膜装置の他の例を示す斜視図である。

【図16】前記成膜装置の他の例を示す斜視図である。

【図17】前記成膜装置の他の例を示す縦断面図である。

【図18】前記成膜装置の他の例を示す縦断面図である。

【図19】前記成膜装置の他の例を示す斜視図である。

【図20】前記成膜装置の他の例を示す斜視図である。

【図21】前記成膜装置の他の例を示す斜視図である。

【図22】前記成膜装置の他の例を示す斜視図である。

【図23】前記成膜装置の他の例を示す斜視図である。

【図24】前記成膜装置の他の例を示す横断平面図である。

【図25】前記成膜装置の他の例を示す縦断面図である。

【図26】前記成膜装置の実施例を示す特性図である。

【図27】前記成膜装置の実施例を示す特性図である。

【図28】前記成膜装置の実施例を示す特性図である。

【図29】前記成膜装置の実施例を示す特性図である。

【図30】前記成膜装置の実施例を示す特性図である。

【図31】前記成膜装置の実施例を示す特性図である。

10

20

30

40

50

【図 3 2】前記成膜装置の実施例を示す特性図である。  
 【図 3 3】前記成膜装置の実施例を示す特性図である。  
 【図 3 4】前記成膜装置の実施例を示す特性図である。  
 【図 3 5】前記成膜装置の実施例を示す特性図である。  
 【図 3 6】前記成膜装置の実施例を示す特性図である。  
 【図 3 7】前記成膜装置の実施例を示す特性図である。  
 【図 3 8】前記成膜装置の実施例を示す特性図である。  
 【図 3 9】前記成膜装置の実施例を示す特性図である。  
 【発明を実施するための形態】

【0013】

本発明の実施の形態の成膜装置の一例について、図 1 ~ 図 1 3 を参照して説明する。この成膜装置は、図 1 及び図 2 に示すように、平面形状が概ね円形である真空容器 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。始めにこの成膜装置の概略について簡単に説明すると、この装置では、回転テーブル 2 により公転しているウエハ W に対して、互いに反応する複数種類の処理ガス（反応ガス）を交互に供給することにより、ALD 法を用いて薄膜を形成している。そして、後で詳述するように、ウエハ W に対する処理ガスの供給量をできるだけ少なく抑えながら、良好な（高い）成膜レートが得られるように、且つウエハ W の面内に亘って均一な膜厚の薄膜が得られるように、この成膜装置を構成している。続いて、成膜装置の各部について詳述する。

【0014】

真空容器 1 は、天板 1 1 及び容器本体 1 2 を備えており、天板 1 1 が容器本体 1 2 から着脱できるように構成されている。天板 1 1 の上面側における中央部には、真空容器 1 内の中心部領域 C において互いに異なる処理ガス同士が混ざり合うことを抑制するために、窒素（N<sub>2</sub>）ガスを分離ガスとして供給するための分離ガス供給路 5 1 が接続されている。図 1 中 1 3 は、容器本体 1 2 の上面の周縁部にリング状に設けられたシール部材例えば Oリングである。

【0015】

回転テーブル 2 は、中心部にて概略円筒形状のコア部 2 1 に固定されており、このコア部 2 1 の下面に接続されると共に鉛直方向に伸びる回転軸 2 2 によって、鉛直軸周りこの例では時計周りに回転自在に構成されている。図 1 中 2 3 は回転軸 2 2 を鉛直軸周りに回転させる駆動部であり、2 0 は回転軸 2 2 及び駆動部 2 3 を収納するケース体である。このケース体 2 0 は、上面側の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いる。また、このケース体 2 0 には、回転テーブル 2 の下方領域に窒素ガスをパージガスとして供給するためのパージガス供給管 7 2 が接続されている。真空容器 1 の底面部 1 4 におけるコア部 2 1 の外周側は、回転テーブル 2 に下方側から近接するようにリング状に形成されて突出部 1 2 a をなしている。

【0016】

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、直径寸法が例えば 300 mm のウエハ W を載置するための円形状の凹部 2 4 が基板載置領域として設けられており、この凹部 2 4 は、回転テーブル 2 の回転方向（周方向）に沿って複数箇所例えば 5 箇所に形成されている。凹部 2 4 は、ウエハ W を当該凹部 2 4 に落とし込む（収納する）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）とが揃うように、直径寸法及び深さ寸法が設定されている。凹部 2 4 の底面には、ウエハ W を下方側から突き上げて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。

【0017】

図 2 に示すように、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は、当該回転テーブル 2 の中央部から周縁部に向かって伸びるように、各々例えば石英からなる 4 本のノズル 3 1、3 2、4 1、4 2 が真空容器 1 の周方向に互いに間隔をおいて

10

20

30

40

50

放射状に配置されている。これら各ノズル3 1、3 2、4 1、4 2は、例えば真空容器1の外周壁から中心部領域Cに向かってウエハWに対向して水平に伸びるように各々取り付けられている。この例では、後述の搬送口1 5から見て時計周り(回転テーブル2の回転方向)に分離ガスノズル4 1、第1の処理ガスノズル3 1、分離ガスノズル4 2及び第2の処理ガスノズル3 2がこの順番で配列されている。平面で見た時に、これら各ノズル3 1、3 2、4 1、4 2の先端部と、ウエハWにおける回転テーブル2の回転中心側の端部との間の寸法eは、例えば3 7 mmとなっている。また、ノズル3 1、3 2、4 1、4 2の下端面と回転テーブル2上のウエハWとの間の離間寸法tは、例えば0 . 5 ~ 3 mm程度(この例では2 mm)となっている。尚、図2では、処理ガスノズル3 1の位置については模式的に示している。

10

**【0018】**

これらノズル3 1、3 2、4 1、4 2のうち第1の処理ガスノズル3 1以外の各ノズル3 2、4 1、4 2については、基端側(真空容器1の内壁面側)から先端側(回転テーブル2の中心部側)までに亘って円筒形状となるように各々形成されている。一方、第1の処理ガスノズル3 1については、基端側から回転テーブル2の外縁部までは円筒形状となっているが、当該外縁部から先端側では、図4に示すように、角筒形状となっている。そして、第1の処理ガスノズル3 1は、回転テーブル2の外縁部よりも先端側では、当該処理ガスノズル3 1の下端面と回転テーブル2上のウエハWの表面とが回転テーブル2の回転方向において並行となるように配置されている。このように第1の処理ガスノズル3 1を構成した理由については、後で詳述する。第1の処理ガスノズル3 1及び第2の処理ガスノズル3 2は各々処理ガス供給部をなし、また分離ガスノズル4 1、4 2は、各々分離ガス供給部をなしている。尚、図1は、図2におけるA - A線にて切断した縦断面を示している。

20

**【0019】**

各ノズル3 1、3 2、4 1、4 2は、流量調整バルブを介して夫々以下の各ガス供給源(図示せず)に夫々接続されている。即ち、第1の処理ガスノズル3 1は、原料ガスであるSi(シリコン)を含む第1の処理ガス例えばBTBAS(ピスターシャルブチルアミノシラン: SiH<sub>2</sub>(NH-C(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)ガスなどの供給源に接続されている。第2の処理ガスノズル3 2は、酸化ガスである第2の処理ガス例えばオゾン(O<sub>3</sub>)ガスと酸素(O<sub>2</sub>)ガスとの混合ガスの供給源に接続されている。分離ガスノズル4 1、4 2は、分離ガスである窒素(N<sub>2</sub>)ガスの供給源に各々接続されている。尚、以下においては、便宜上第2の処理ガスをオゾンガスとして説明する。

30

**【0020】**

ガスノズル3 1、3 2、4 1、4 2の下面側には、例えば開口径が5 mmとなるように形成されたガス吐出孔3 3が回転テーブル2の半径方向に沿って複数箇所に各々形成されている。これらノズル3 1、3 2、4 1、4 2のうち第1の処理ガスノズル3 1以外の各ノズル3 2、4 1、4 2については、ガス吐出孔3 3は、回転テーブル2の半径方向に沿って等間隔に形成されている。一方、第1の処理ガスノズル3 1のガス吐出孔3 3については、図9に示すように、当該第1の処理ガスノズル3 1における回転テーブル2の外縁部よりも中央寄りの部位を長さ方向に3等分した時に、これら3つの部位のうち中心部領域C側の部位では、他の2つの部位と比べてガス吐出孔3 3の数量(開口面積)が1 . 5倍~3倍程度となるように配置されている。従って、後述するように、第1の処理ガスノズル3 1は、回転テーブル2の外縁側よりも中央側において処理ガスの吐出量が多くなるように設定されている。尚、図9は、第1の処理ガスノズル3 1を下方側(ウエハW側)から見た様子を示しており、ガス吐出孔3 3の分布については模式的に描画している。

40

**【0021】**

処理ガスノズル3 1の下方領域は、Si含有ガスをウエハWに吸着させるための第1の処理領域P 1であり、第2の処理ガスノズル3 2の下方領域は、ウエハWに吸着したSi含有ガスの成分とオゾンガスとを反応させるための第2の処理領域P 2となる。分離ガスノズル4 1、4 2は、各々第1の処理領域P 1と第2の処理領域P 2とを分離する分離領

50

域Dを形成するためのものである。この分離領域Dにおける真空容器1の天板11には、図2に示すように、概略扇形の凸状部4が設けられており、分離ガスノズル41、42は、この凸状部4に形成された溝部43内に収められている。従って、分離ガスノズル41、42における回転テーブル2の周方向両側には、各処理ガス同士の混合を阻止するために、図11(a)に示すように、前記凸状部4の下面である低い天井面44(第1の天井面)が配置され、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)が配置されている。

#### 【0022】

凸状部4の周縁部(真空容器1の外縁側の部位)は、回転テーブル2の側周面側を介して各処理ガス同士が互いに混合することを阻止するために、図12に示すように、回転テーブル2の外端面に対向すると共に容器本体12に対して僅かに離間するように、L字型に屈曲して屈曲部46をなしている。既述の低い天井面44と回転テーブル2上のウエハWとの間の離間寸法hは、この屈曲部46と回転テーブル2の側周面との間の寸法と同程度となっており、0.5mm~10mmこの例では2mmに設定されている。尚、図11は、真空容器1を回転テーブル2の回転方向に沿って切断して展開した縦断面であり、各部の寸法については模式的に示している。

#### 【0023】

ここで、第1の処理ガスノズル31の上方側には、図1~図3に示すように、当該第1の処理ガスノズル31を長さ方向に亘って覆うように形成された例えば石英からなるノズルカバー(フィン)81が設けられている。このノズルカバー81は、第1の処理ガスノズル31を収納するために下面側が開口する概略箱形のカバー体82と、このカバー体82の下面側開口端における回転テーブル2の回転方向上流側及び下流側に夫々接続された板状体である整流板83、83とを備えている。尚、図3(a)、(b)はノズルカバー81を第1の処理ガスノズル31に取り付けた状態、図4はノズルカバー81を取り外した状態を夫々示している。また、図3(b)については、後述の水平面部86の描画を省略している。

#### 【0024】

カバー体82は、図5に示すように、内壁面が長さ方向に亘って第1の処理ガスノズル31の外壁面に倣うように、且つこれら内壁面と外壁面との間の隙間寸法d1、d2が既述の離間寸法tと同程度となるように構成されている。従って、第1の処理ガスノズル31から吐出される処理ガスは、当該第1の処理ガスノズル31とカバー体82との間の隙間に回り込みにくくなっている。隙間寸法d1は、回転テーブル2の回転方向における第1の処理ガスノズル31とカバー体82との間の距離であり、隙間寸法d2は、高さ方向におけるこれら第1の処理ガスノズル31とカバー体82との間の距離である。

#### 【0025】

カバー体82の上方側には、分離ガスノズル42から供給される分離ガスが第1の処理ガスノズル31の下方側の領域を避けて通流するための通流空間S1が形成されている。この通流空間S1の高さ寸法(天板11の下面とカバー体82の上面との間の寸法)kは、例えば1.5~5mmとなっている。尚、図5は、回転テーブル2の周方向に沿ってカバー体82及び第1の処理ガスノズル31を切断した縦断面を示している。

#### 【0026】

カバー体82における回転テーブル2の外縁側の側面は、図3に示すように、第1の処理ガスノズル31を挿入するために開口している。一方、カバー体82における回転テーブル2の回転中心側の側面は、図7に示すように、既述の分離ガス供給路51から中心部領域Cに供給される分離ガスが第1の処理ガスノズル31の下方側の領域に回り込むことを抑えるために、当該第1の処理ガスノズル31の先端側の部位に対向するように配置されている。このカバー体82における回転テーブル2の回転中心側の下端面と回転テーブル2上のウエハWとの間の離間寸法は、既述の離間寸法tと同程度に設定されている。尚、図7では、処理ガスノズル31のガス吐出孔33の配置レイアウトについて、模式的に描画している。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 7 】

各々の整流板 8 3、8 3 は、当該整流板 8 3、8 3 の下方側への分離ガスの侵入を抑え  
ると共に、第 1 の処理ガスノズル 3 1 から吐出される処理ガスを回転テーブル 2 上のウエ  
ハ W に沿って通流させるためのものであり、各々回転テーブル 2 の表面に沿って水平に伸  
びると共に、第 1 の処理ガスノズル 3 1 の長さ方向に亘って形成されている。また、整流  
板 8 3、8 3 は、平面で見た時に回転テーブル 2 の中心部側から外周部側に向かって各々  
拡径して概略扇状となるように形成されている。

## 【 0 0 2 8 】

ここで、これら 2 つの整流板 8 3、8 3 のうち上流側の整流板 8 3 及び下流側の整流板  
8 3 に夫々「第 1」及び「第 2」を付すと、図 1 0 に示すように、平面で見た時に回転テ  
ーブル 2 の半径方向に沿うように第 1 の整流板 8 3 の上流側の端部を通る直線 L 1 と、第  
1 の処理ガスノズル 3 1 の中心位置を長さ方向に沿って通る直線 L 2 とのなす角度  $\theta$  は、  
例えば  $15^\circ$  となっている。また、平面で見た時に回転テーブル 2 の半径方向に沿うよう  
に第 2 の整流板 8 3 の下流側の端部を通る直線 L 3 と、前記直線 L 2 とのなす角度  $\theta$  は、  
例えば  $22.5^\circ$  となっている。従って、例えば第 1 の整流板 8 3 及び第 2 の整流板 8 3  
における回転テーブル 2 の外縁部の上方側の円弧の長さ寸法  $u$  は、夫々  $180\text{ mm}$  及び  $1$   
 $20\text{ mm}$  となっている。

## 【 0 0 2 9 】

そして、第 2 の整流板 8 3 は、第 1 の処理ガスノズル 3 1 から後述の排気口 6 1 に向か  
う処理ガスの流れを阻害しないように構成されている。即ち、第 2 の整流板 8 3 は、排気  
口 6 1 の開口縁における回転テーブル 2 の回転方向下流側の部位及び回転テーブル 2 の回  
転中心を通る直線 L 4 よりも下流側に飛び出さないように配置されている。具体的には、  
これら直線 L 3 と直線 L 4 とのなす角度  $\theta$  は、 $0^\circ$  以上例えば  $7.5^\circ$  となっている。言  
い換えると、第 1 の処理ガスノズル 3 1 は、回転テーブル 2 の回転方向上流側及び下流側  
に夫々整流板 8 3、8 3 を配置しても、排気口 6 1 に向かう処理ガスの流れを阻害しない  
位置に形成されていると言える。尚、図 1 0 はノズルカバー 8 1 や回転テーブル 2 などを  
模式的に示しており、「O」として回転テーブル 2 の回転中心を描画している。

## 【 0 0 3 0 】

これら整流板 8 3、8 3 についても、整流板 8 3、8 3 の下面と回転テーブル 2 上のウ  
エハ W の表面との間の寸法が既述の離間寸法  $t$  と同程度になっている。従って、図 5 に示  
すように、第 1 の処理ガスノズル 3 1 の吐出孔 3 3 から回転テーブル 2 の回転方向上流側  
及び下流側を見ると、当該第 1 の処理ガスノズル 3 1 の下端面及び整流板 8 3、8 3 によ  
り、処理ガスが回転テーブル 2 に沿って流れるための空間 S 2 が回転テーブル 2 の回転方  
向に沿って幅広く形成されている。

## 【 0 0 3 1 】

この時、整流板 8 3、8 3 における回転テーブル 2 の外縁側の縁部は、図 1、図 3、図  
6 及び図 8 に示すように、回転テーブル 2 の外周端面と隙間を開けて対向するように下方  
側に向かって各々屈曲して屈曲部 8 4 をなしている。従って、屈曲部 8 4 は、平面で見た  
時に各々円弧状となるように形成されている。屈曲部 8 4 の下端部の高さ位置は、例えば  
回転テーブル 2 の下端面の高さ位置と揃うように形成されている。また、回転テーブル 2  
の回転方向における屈曲部 8 4 の長さ寸法は、当該屈曲部 8 4 の高さ方向に亘って、各々  
の屈曲部 8 4 の接続された整流板 8 3 の外周側の長さ寸法  $u$  と揃うように形成されている  
。屈曲部 8 4 と回転テーブル 2 の側周面との間の寸法  $j$  は、例えば既述の離間寸法  $t$  と同  
じ寸法に設定されている。尚、図 5 及び図 6 では、長さ寸法  $u$  について簡略化している。

## 【 0 0 3 2 】

ここで、整流板 8 3 に屈曲部 8 4 を設けた理由について詳述する。図 1 の成膜装置は、  
後で説明するように、ウエハ W に対して S i 含有ガスとオゾンガスとが交互に供給される  
ように、回転テーブル 2 を回転させている。従って、各々のウエハ W は、回転テーブル 2  
が一回転する度に、第 1 の処理領域 P 1、分離領域 D、第 2 の処理領域 P 2 及び分離領域  
D をこの順番で通過する。そのため、S i 含有ガスの吸着処理及びウエハ W 上に吸着した

10

20

30

40

50

Si含有ガスの成分の酸化処理について、処理領域P1、P2をウエハWが通過するごく僅かな時間で面内に亘って均一に行われるように、例えば回転テーブル2の回転数や各処理ガスの流量などの各処理条件を設定する必要がある。

【0033】

しかしながら、処理条件を種々変えて実験やシミュレーションを行ったところ、後述の実施例にも示すように、ノズルカバー81を設けない場合には、回転テーブル2が1回転する度に既述の吸着処理や酸化処理を飽和させようとする、即ち成膜速度をできるだけ稼ごうとすると、処理ガスを過剰に供給する必要のあることが分かった。そのため、処理ガスが極めて高価であることから、装置のランニングコストが嵩んでしまう。また、このように処理ガスを過剰に供給しても、面内における膜厚の均一性については、良好な結果を得るのは困難だった。

10

【0034】

このように良好な成膜速度及び膜厚の均一性が得られない理由について考察したところ、ウエハWと処理ガスとの接触確率がそれ程高くないことがその一因として挙げられた。即ち、真空容器1内の圧力がそれ程高くなく、しかも各処理領域P1、P2に対して回転テーブル2の上流側及び下流側から各々分離ガスが回り込んでいて処理ガスが希釈されており、更には回転テーブル2が回転しているので、各処理領域P1、P2において、ウエハWと処理ガスとの接触時間を十分に長く取れない。そこで、例えばSi含有ガスを回転テーブル2上のウエハWに沿って通流させるために、且つ分離ガスの回り込みによる処理ガスの希釈を抑えるために、既述の特許文献2に記載されているように、第1の処理ガスノズル31の左右両側に整流板83を設けた構成を検討した。

20

【0035】

その結果、実施例にも示すように、成膜速度及び膜厚の均一性について、整流板83を設けない場合と比べて大きな改善が見られたが、依然として回転テーブル2の中心側では外周側よりも成膜速度が遅く、従って膜厚の均一性についても良好とは言い難い結果になっていた。そして、このような整流板83、83を設けた構成において、例えば既述の第1の処理ガスノズル31のようにガス吐出孔33の配置レイアウトの検討などを行っても、良好な結果は得られなかった。

【0036】

しかしながら、整流板83、83に屈曲部84、84を夫々設けたところ、実施例に示すように、成膜速度及び膜厚の均一性について、極めて良好な結果の得られることが分かった。即ち、処理ガスノズル31の下方側における処理ガス濃度は、屈曲部84、84を設けることによって、当該処理ガスノズル31の長さ方向に沿って揃うことが分かった。このように屈曲部84を設けることによって処理ガス濃度が回転テーブル2の半径方向に沿って揃う理由としては、例えば以下のように考えられる。

30

【0037】

整流板83、83は、既述のように回転テーブル2の回転方向上流側及び下流側からの処理領域P1への分離ガスの回り込みを抑えることができるが、中心部領域Cから周方向に通流する分離ガスについては、当該整流板83だけでは処理領域P1への侵入を阻止できないと考えられる。即ち、処理ガスノズル31から処理領域P1に供給される処理ガスは、回転テーブル2の回転方向上流側及び下流側に向かって通流するため、各分離領域Dから当該処理領域P1に向かう分離ガスのガス流れに対して逆向きに押し戻す作用を持っている。しかしながら、後述するように、中心部領域Cを介して処理ガス同士が互いに混ざり合わないよう、当該中心部領域Cに対して大量の分離ガスを供給しており、しかもこの中心部領域Cから処理領域P1側を見ると、屈曲部84を設けない場合には中心部領域Cと回転テーブル2の外周側の領域とが処理領域P1を介して連通している(コンダクタンスがそれ程大きくない)。そのため、整流板83を設けたただと(屈曲部84を設けないと)、処理領域P1に供給される処理ガスは、中心部領域Cから外周側に向かって流れる分離ガスにより、真空容器1の内壁面に向かって押し出されながら回転テーブル2の回転方向上流側及び下流側に通流していると言える。従って、回転テーブル2の中心部

40

50

側では、外縁部側よりも処理ガスの濃度が薄くなるようにする。

【0038】

そこで、処理ガスが外周部側に向かって流れようとするガス流れを規制するために、既述の屈曲部84を設けている。即ち、中心部領域Cから周方向に吐出される分離ガスにより処理ガスが外周部側に押し出されようとするが、当該処理ガスから外周側を見ると、整流板83と回転テーブル2との間の領域を塞ぐように屈曲部84が周方向に沿って位置している。そのため、処理ガスは、屈曲部84と回転テーブル2との間の極めて狭い領域よりも、広い領域である回転テーブル2の回転方向上流側及び下流側に通流しようとする。言い換えると、屈曲部84を配置することにより、この屈曲部84を配置しない場合よりも、処理ガスが外周側に流れにくくなる。そのため、処理ガスは屈曲部84に沿うように、回転テーブル2の周方向に沿って上流側及び下流側に向かって通流していく。そして、処理ガスが屈曲部84の配置されていない領域（第1の整流板83よりも上流側の領域及び第2の整流板83よりも下流側の領域）に到達すると、排気口61からの吸引力により真空容器1の内壁面に向かって分離ガスと共に通流していく。こうして屈曲部84を設けることにより、処理ガスが回転テーブル2の外周側に向かうガス流が抑えられ、結果として回転テーブル2の半径方向における処理ガスの濃度（膜厚の均一性）が揃う。

10

【0039】

また、第1の処理ガスノズル31の先端部に対向するようにカバー体82を設けていることから、中心部領域Cから周方向に吐出する分離ガスは、処理領域P1へ侵入しにくくなっている。

20

【0040】

ここで、ノズルカバー81における屈曲部84と、既述の凸状部4における屈曲部46との差異について説明する。屈曲部84は、以上述べたように処理領域P1における処理ガス濃度を処理ガスノズル31の長さ方向に沿って揃えるためのものである。一方、屈曲部46については、既述のように、回転テーブル2の外縁部と真空容器1の内壁面との間の領域を介して処理ガス同士が互いに混ざり合うことを阻止するためのものである。即ち、中心部領域Cに分離ガスが供給されているので、この分離ガスによって処理ガスノズル31の先端側における処理ガスが希釈されることを抑えるために、屈曲部84を設けている。しかし、分離領域Dについては、分離ガスノズル41（42）に加えて、中心部領域C側からも分離ガスが供給されていると言える。従って、分離領域Dでは、実験やシミュレーションを行っても、中心部領域C側において分離ガスの流量が不足することはあり得ない。ところで、この分離領域Dの外側における回転テーブル2と真空容器1との間にガスの通流できる空間が介在していると、当該空間を介して処理ガス同士が混ざり合ってしまうおそれがある。そこで、前記空間を埋めるように、屈曲部46を形成している。

30

【0041】

以上のように構成されたノズルカバー81は、第1の処理ガスノズル31の上方側から着脱自在に配置されている。即ち、ノズルカバー81における回転テーブル2の回転中心側の上端部は、図7に示すように、上方側に向かって伸び出すと共に中心部領域C側に向かって水平に屈曲して支持部85をなしている。そして、この支持部85は、後述の突出部5に形成された切り欠き部5aに支持されるように構成されている。また、ノズルカバー81における真空容器1の内壁面側には、図1～図3に示すように、当該内壁面に向かって水平に伸び出す水平面部86が左右（回転テーブル2の上流側及び下流側）2カ所に形成されており、これら水平面部86、86の下面側には、概略柱状の支持部材87、87が夫々設けられている。これら支持部材87、87の下端面は、後述の覆い部材7aにより支持されている。尚、図6及び図8では水平面部86及び支持部材87については省略している。

40

【0042】

続いて、真空容器1の各部の説明に戻る。回転テーブル2の外周側において当該回転テーブル2よりも僅かに下位置には、図1～図4に示すように、サイドリング100が配置されている。このサイドリング100は、例えば装置のクリーニング時において、各処理

50

ガスに代えてフッ素系のクリーニングガスを通流させた時に、当該クリーニングガスから真空容器 1 の内壁を保護するためのものである。即ち、サイドリング 100 を設けないと、回転テーブル 2 の外周部と真空容器 1 の内壁との間には、横方向に気流（排気流）が形成される凹部状の気流通路が周方向に亘ってリング状に形成されると言える。そのため、このサイドリング 100 は、気流通路に真空容器 1 の内壁面ができるだけ露出しないように、当該気流通路に設けられている。

#### 【0043】

サイドリング 100 の上面には、互いに周方向に離間するように 2 箇所排気口 61、62 が形成されている。言い換えると、前記気流通路の下方側に 2 つの排気口が形成され、これら排気口に対応する位置におけるサイドリング 100 に、排気口 61、62 が形成されている。これら 2 つの排気口 61、62 のうち一方及び他方を夫々第 1 の排気口 61 及び第 2 の排気口 62 と呼ぶと、第 1 の排気口 61 は、第 1 の処理ガスノズル 31 と、当該第 1 の処理ガスノズル 31 よりも回転テーブルの回転方向下流側における分離領域 D との間において、当該分離領域 D 側に寄った位置に形成されている。第 2 の排気口 62 は、第 2 の処理ガスノズル 32 と、当該ノズル 32 よりも回転テーブルの回転方向下流側における分離領域 D との間において、当該分離領域 D 側に寄った位置に形成されている。第 1 の排気口 61 は、Si 含有ガス及び分離ガスを排気するためのものであり、第 2 の排気口 62 は、オゾンガス及び分離ガスを排気するためのものである。これら第 1 の排気口 61 及び第 2 の排気口 62 は、図 1 に示すように、各々バタフライバルブなどの圧力調整部 65 の介設された排気管 63 により、真空排気機構である例えば真空ポンプ 64 に接続されている。

#### 【0044】

天板 11 の下面における中央部には、図 2 に示すように、凸状部 4 における中心部領域 C 側の部位と連続して周方向に亘って概略リング状に形成されると共に、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た突出部 5 が設けられている。この突出部 5 よりも回転テーブル 2 の回転中心側におけるコア部 21 の上方側には、中心部領域 C において Si 含有ガスとオゾンガスとが互いに混ざり合うことを抑制するためのラビリンス構造部 110 が配置されている。即ち、既述の図 1 から分かるように、各ノズル 31、32、41、42 の先端部を中心部領域 C 側に寄った位置に形成しているため、回転テーブル 2 の中央部を支持するコア部 21 は、回転テーブル 2 の上方側の部位が前記回転中心側に寄った位置に形成されている。従って、中心部領域 C 側では、外縁部側よりも例えば処理ガス同士が混ざりやすい状態となっていると言える。そこで、ラビリンス構造部 110 を形成することにより、ガスの流路を稼いで処理ガス同士が混ざり合うことを防止している。

#### 【0045】

具体的には、このラビリンス構造部 110 は、図 13 に示すように、回転テーブル 2 側から天板 11 側に向かって垂直に伸びる第 1 の壁部 111 と、天板 11 側から回転テーブル 2 に向かって垂直に伸びる第 2 の壁部 112 と、が各々周方向に亘って形成されると共に、これら壁部 111、112 が回転テーブル 2 の半径方向において交互に配置された構造を採っている。即ち、既述の突出部 5 側から中心部領域 C 側に向かって、第 2 の壁部 112、第 1 の壁部 111 及び第 2 の壁部 112 がこの順番で配置されている。この例では、突出部 5 側の第 2 の壁部 112 は、当該突出部 5 の一部をなしている。このような壁部 111、112 の各寸法について一例を挙げると、壁部 111、112 間の離間寸法は例えば 1 mm、壁部 111 と天板 11 との間の離間寸法（壁部 112 とコア部 21 との間の隙間寸法）は例えば 1 mm となっている。

#### 【0046】

従って、ラビリンス構造部 110 では、例えば第 1 の処理ガスノズル 31 から吐出されて中心部領域 C に向かうとされる Si 含有ガスは、壁部 111、112 を乗り越えていく必要があるため、中心部領域 C に向かうにつれて流速が遅くなり、拡散しにくくなる。そのため、処理ガスが中心部領域 C に到達する前に、当該中心部領域 C に供給される分離ガ

10

20

30

40

50

スにより処理領域 P 1 側に押し戻されることになる。また、中心部領域 C に向かおうとするオゾンガスについても、同様にラピルス構造部 1 1 0 によって中心部領域 C に到達しにくくなる。そのため、処理ガス同士が中心部領域 C において互いに混ざり合うことが防止される。

【 0 0 4 7 】

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 に示すように、加熱機構であるヒータユニット 7 が設けられ、回転テーブル 2 を介して回転テーブル 2 上のウエハ W を例えば 3 0 0 に加熱するようになっている。図 1 中 7 1 a はヒータユニット 7 の側方側に設けられたカバー部材であり、このカバー部材 7 1 a が回転テーブル 2 の外縁よりも外周側に周方向に亘って伸び出している。また、図 1 中 7 a は、ヒータユニット 7 及びカバー部材 7 1 a の上方側を覆う覆い部材である。真空容器 1 の底面部 1 4 には、ヒータユニット 7 の下方側において、ヒータユニット 7 の配置空間をバージするためのバージガス供給管 7 3 が周方向に亘って複数箇所設けられている。

10

【 0 0 4 8 】

真空容器 1 の側壁には、図 2 及び図 3 に示すように図示しない外部の搬送アームと回転テーブル 2 との間においてウエハ 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 はゲートバルブ G より気密に開閉自在に構成されている。また、回転テーブル 2 の凹部 2 4 は、この搬送口 1 5 に臨む位置にて搬送アームとの間でウエハ 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は、凹部 2 4 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（いずれも図示せず）が設けられている。

20

【 0 0 4 9 】

また、この成膜装置には、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 2 0 が設けられており、この制御部 1 2 0 のメモリ内には後述の成膜処理を行う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である記憶部 1 2 1 から制御部 1 2 0 内にインストールされる。

【 0 0 5 0 】

次に、上述実施の形態の作用について説明する。まず、ゲートバルブ G を開放して、回転テーブル 2 を間欠的に回転させながら、図示しない搬送アームにより搬送口 1 5 を介して回転テーブル 2 上に例えば 5 枚のウエハ W を載置する。次いで、ゲートバルブ G を閉じ、真空ポンプ 6 4 により真空容器 1 内を引き切りの状態にすると共に、回転テーブル 2 を時計周りに回転させながらヒータユニット 7 によりウエハ W を例えば 3 0 0 に加熱する。

30

【 0 0 5 1 】

続いて、処理ガスノズル 3 1 から Si 含有ガスを例えば 1 0 0 s c c m で吐出すると共に、第 2 の処理ガスノズル 3 2 からオゾンガスを例えば 5 0 0 0 s c c m で吐出する。また、分離ガスノズル 4 1、4 2 から分離ガスを各々例えば 5 0 0 0 s c c m で吐出し、分離ガス供給路 5 1、バージガス供給管 7 2 及びバージガス供給管 7 3 からも分離ガスを夫々 1 0 0 0 s c c m、1 0 0 0 s c c m 及び 5 0 0 s c c m で吐出する。そして、圧力調整部 6 5 により真空容器 1 内を予め設定した処理圧力例えば 4 0 0 ~ 5 0 0 P a この例では 5 0 0 P a に調整する。

40

【 0 0 5 2 】

第 1 の処理領域 P 1 では、回転テーブル 2 の回転方向上流側及び下流側から分離ガスが侵入しようとするが、整流板 8 3 と回転テーブル 2 との間の領域から処理ガスが吹き出している。そのため、前記上流側の分離ガスは、ノズルカバー 8 1 を乗り越えて、排気口 6 1 に向かって通流する。また、前記下流側の分離ガスについても排気口 6 1 へ向かっていく。こうして回転テーブル 2 の回転方向上流側及び下流側からの処理領域 P 1 への分離ガスの侵入が抑えられるので、ノズルカバー 8 1 の下方側では、高濃度の処理ガスの滞留し

50

た領域が回転テーブル 2 の回転方向に亘って形成される。

【 0 0 5 3 】

一方、中心部領域 C から周方向に吐出する分離ガスについては、屈曲部 8 4 により、既述のように第 1 の処理ガスノズル 3 1 の下方側の領域への侵入が抑えられる。従って、第 1 の処理領域 P 1 では、回転テーブル 2 の長さ方向に沿って処理ガスの濃度が揃う。そのため、ノズルカバー 8 1 の下方側には、処理ガスの濃度が揃うと共にこの処理ガスの希釈の抑えられた（高濃度の）領域が回転テーブル 2 の回転方向及び半径方向に亘って広く形成される。

【 0 0 5 4 】

そして、第 1 の処理領域 P 1 にウエハ W が到達すると、当該ウエハ W の表面に S i 含有ガスが面内に亘って均一に吸着する。この時、既述のようにノズルカバー 8 1 の下方側には高濃度の処理ガスの分布した領域が広く形成されていることから、ウエハ W の表面には、飽和する程度（膜厚）まで S i 含有ガスの成分が吸着する。次いで、第 2 の処理領域 P 2 にウエハ W が到達すると、当該ウエハ W の表面に吸着した S i 含有ガスの成分が酸化されて、薄膜成分であるシリコン酸化膜（S i - O）の分子層が 1 層あるいは複数層形成されて反応生成物が形成される。こうして回転テーブル 2 の回転によりこれら領域 P 1、P 2 をウエハ W が交互に通過することによって、各々のウエハ W の表面には反応生成物が積層されて薄膜が形成される。

【 0 0 5 5 】

この時、S i 含有ガスやオゾンガスは、中心部領域 C に侵入しようとするが、既述のラピリンス構造部 1 1 0 により当該中心部領域 C への侵入が阻害される。また、第 1 の処理領域 P 1 と第 2 の処理領域 P 2 との間に分離ガスを供給しているため、図 1 1 ( b ) 及び図 1 4 に示すように、S i 含有ガスとオゾンガスとが互いに混合しないように各ガスが排気されることとなる。また、回転テーブル 2 の下方側にパージガスを供給しているため、回転テーブル 2 の下方側に拡散しようとするガスは、前記パージガスにより排気口 6 1、6 2 側へと押し戻される。

【 0 0 5 6 】

上述の実施の形態によれば、処理ガスノズル 3 1 における回転テーブル 2 の回転方向上流側及び下流側に夫々整流板 8 3、8 3 を設けると共に、これら整流板 8 3、8 3 における真空容器 1 の内壁面側に、回転テーブル 2 の側周面に沿うように屈曲部 8 4、8 4 を夫々形成している。そのため、処理ガスノズル 3 1 から供給される処理ガスとウエハ W とが接触する領域を回転テーブル 2 の回転方向に沿って広く確保しつつ、処理ガスノズル 3 1 の長さ方向に沿って処理ガスの濃度を揃えることができる。従って、処理ガスの使用量を抑えながら、良好な（速い）成膜レートで成膜処理を行うことができる。また、処理ガスの流量を抑えながら、ウエハ W に成膜される薄膜について、面内に亘って膜厚を揃えることができる。そのため、A L D 法を用いて薄膜を形成するにあたり、ランニングコストの抑えられた成膜装置を構成できる。

【 0 0 5 7 】

また、回転テーブル 2 の回転方向における整流板 8 3 の長さ寸法 u について、後述の実施例から分かるように、処理ガスとウエハ W との良好な接触時間が取れる程度の最小限の寸法に留めていることから、高価な石英部材（ノズルカバー 8 1）の使用量を抑えることができる。

更に、回転テーブル 2 の回転中心から排気口 6 1 を見た時に、第 2 の整流板 8 3 が当該排気口 6 1 よりも右側（下流側）に飛び出さないように配置しているため、排気口 6 1 へ向かう処理ガスの流れが阻害されることを抑制できる。

更にまた、処理ガスノズル 3 1 のガス吐出孔 3 3 について、回転テーブル 2 の外周側よりも中心部領域 C 側の数を多くしていることから、当該中心部領域 C 側における処理ガスの流量を補償できる。

【 0 0 5 8 】

以下に、成膜装置の他の例について列挙する。図 1 5 及び図 1 6 は、回転テーブル 2 の

10

20

30

40

50

回転方向における整流板 8 3 の長さ寸法  $u$  を既述の例とは変えた例を示している。具体的には、既述の角度  $\theta$  及び角度  $\phi$  は、図 1 5 では夫々  $15^\circ$  及び  $30^\circ$  であり、図 1 6 では夫々  $15^\circ$  及び  $15^\circ$  となっている。また、角度  $\alpha$  は、図 1 5 では  $0^\circ$ 、図 1 6 では  $15^\circ$  となっている。

【 0 0 5 9 】

また、図 1 7 は、屈曲部 8 4、8 4 について、回転テーブル 2 の側周面を介して、当該回転テーブル 2 の下面側に回り込むように形成した例を示している。屈曲部 8 4、8 4 の先端部と回転テーブル 2 の外縁部との間の寸法  $R$  は、例えば  $20\text{ mm}$  となっている。回転テーブル 2 の下面と、当該回転テーブル 2 の下方側における屈曲部 8 4、8 4 の上面との間の寸法は、既述の離間寸法  $t$  と同程度に設定されている。

10

このように回転テーブル 2 の下面側を回り込むように屈曲部 8 4 を形成することにより、処理領域  $P 1$  における処理ガスは、真空容器 1 の内壁面側に更に通流しにくくなる。そのため、処理領域  $P 1$  における処理ガス濃度について、処理ガスノズル 3 1 の長さ方向に沿って更に均一化できる。

【 0 0 6 0 】

図 1 8 は、ノズルカバー 8 1 の下方側における処理ガスノズル 3 1 について、当該処理ガスノズル 3 1 を基端側から見た時の寸法が矩形となるように形成することに代えて、上面側が円弧状となるように、いわばかまぼこ状に形成した例を示している。この場合においても、ノズルカバー 8 1 について、処理ガスノズル 3 1 の外面に沿うように、且つノズルカバー 8 1 と処理ガスノズル 3 1 との間の寸法  $d$  が既述の隙間寸法  $d 1$ 、 $d 2$  と同程度

20

【 0 0 6 1 】

図 1 9 は、処理ガスノズル 3 1 における回転テーブル 2 の回転方向上流側及び下流側の屈曲部 8 4、8 4 が当該処理ガスノズル 3 1 の下方側を介して互いに接続されるように、即ち処理ガスノズル 3 1 の下方側にも屈曲部 8 4 を形成した例を示している。このように、回転テーブル 2 の回転方向におけるノズルカバー 8 1 の長さ方向に亘って屈曲部 8 4 を形成することにより、処理領域  $P 1$  から処理ガスノズル 3 1 の下方領域を介して排気口 6 1 に向かう処理ガスの流れを抑制できる。この場合には、ノズルカバー 8 1 を真空容器 1 内に設置した後、処理ガスノズル 3 1 が当該真空容器 1 内に挿入される。

【 0 0 6 2 】

30

また、図 2 0 は、回転テーブル 2 の回転方向における屈曲部 8 4 の長さ寸法について、当該屈曲部 8 4 の接続された整流板 8 3 の長さ寸法  $u$  よりも長く形成した例を示している。具体的には、処理ガスノズル 3 1 の基端側（真空容器 1 の内壁面側）からノズルカバー 8 1 を見た時に、第 1 の整流板 8 3 に接続された屈曲部 8 4 については、当該処理ガスノズル 3 1 の下方側から当該整流板 8 3 よりも上流側（第 2 の排気口 6 2 側）までに亘って伸びるように形成している。また、第 2 の整流板 8 3 に接続された屈曲部 8 4 については、処理ガスノズル 3 1 の下方側から第 2 の整流板 8 3 よりも下流側（第 1 の排気口 6 1 側）までに亘って伸びるように形成している。

【 0 0 6 3 】

更に、図 2 1 は、同様に処理ガスノズル 3 1 の基端側からノズルカバー 8 1 を見た時に、第 1 の整流板 8 3 に接続された屈曲部 8 4 については、上流側の端部が当該整流板 8 3 の上流側の端部よりも処理ガスノズル 3 1 側に寄った位置に配置した例を示している。また、第 2 の整流板 8 3 に接続された屈曲部 8 4 については、下流側の端部が第 2 の整流板 8 3 の下流側の端部よりも処理ガスノズル 3 1 側に寄った位置に配置している。

40

【 0 0 6 4 】

更にまた、図 2 2 は、2 つの屈曲部 8 4、8 4 からなる構成を処理ガスノズル 3 1 の基端側から見た時に、概略台形となるように形成した例を示している。具体的には、第 1 の整流板 8 3 に接続された屈曲部 8 4 については、上流側の下端部を斜めに切り欠いている。また、第 2 の整流板 8 3 に接続された屈曲部 8 4 については、下流側の下端部を同様に斜めに切り欠いている。

50

## 【 0 0 6 5 】

また、図 2 3 は、カバー体 8 2 の内部に処理ガスノズル 3 1 を収納することに代えて、当該カバー体 8 2 を処理ガスノズル 3 1 として用いた例を示している。即ち、カバー体 8 2 は、真空容器 1 の内壁面側から気密に挿入された概略箱状体をなしており、内側領域には既述のガス供給源から供給される処理ガスの通流する流路が形成されている。そして、前記流路の下方側におけるカバー体 8 2 には、当該カバー体 8 2 の長さ方向に沿ってガス吐出孔 3 3 が複数箇所形成されており、カバー体 8 2 の側面側には、既述の整流板 8 3、8 3 が接続されている。

## 【 0 0 6 6 】

更に、図 2 4 は、既述のノズルカバー 8 1 について、第 1 の処理ガスノズル 3 1 に加えて第 2 の処理ガスノズル 3 2 にも設けた例を示している。このようにノズルカバー 8 1 を第 2 の処理ガスノズル 3 2 にも設けることにより、S i 含有ガスと共にオゾンガスについても使用量を抑えることができ、また酸化処理について良好な処理速度及び面内均一性を得ることができる。尚、図 2 3 では、第 2 の処理ガスノズル 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配置した例を示している。第 2 の処理ガスノズル 3 2 にノズルカバー 8 1 を設ける場合には、第 1 の処理ガスノズル 3 1 にはノズルカバー 8 1 を設けなくても良い。

10

## 【 0 0 6 7 】

以上の各例において、中心部領域 C に供給する分離ガスの流量としては、例えば S i 含有ガスの流量の 1 . 5 倍 ~ 1 0 倍程度であっても良く、実際の流量では 5 0 0 s c c m ~ 5 0 0 0 s c c m 程度であっても良い。

20

## 【 0 0 6 8 】

既述の処理ガスノズル 3 1 ( 3 2 ) については、真空容器 1 の内壁面側から中心部領域 C に向かって挿入することに代えて、当該中心部領域 C 側から真空容器 1 の内壁面側に伸びるように配置しても良い。また、ガス吐出孔 3 3 については、処理ガスノズル 3 1 ( 3 2 ) の側方側に配置しても良いし、当該処理ガスノズル 3 1 ( 3 2 ) の長さ方向に沿うようにスリット状のガス吐出孔 ( ガス吐出口 ) 3 3 を形成しても良い。また、中心部領域 C 側におけるガス吐出孔 3 3 の開口面積を外周部側よりも大きくするにあたり、既述の例では当該ガス吐出孔 3 3 の数量を多くしたが、各々のガス吐出孔 3 3 の開口径を大きくするようにしても良い。更に、ノズル 3 1、3 2、4 1、4 2 の先端部を回転テーブル 2 上のウエハ W の端部よりも中心部領域 C 側に配置したが、例えば当該先端部側におけるガス吐出孔 3 3 について、中心部領域 C 側におけるウエハ W の端部の上方に位置するように配置しても良い。このようにガス吐出孔 3 3 を配置する場合には、既述のラビリンス構造部 1 1 0 を設けなくても良い。

30

更に、整流板 8 3 としては、平面で見た時に扇状となるように形成したが、例えば矩形となるように形成しても良い。

## 【 0 0 6 9 】

更にまた、屈曲部 8 4 は、既に詳述したように、中心部領域 C から真空容器 1 の内壁面側を見た時に、回転テーブル 2 と整流板 8 3 との隙間を小さくすることによって当該中心部領域 C 側から外縁側に向かうガスのコンダクタンスを大きくするためのものであり、従って整流板 8 3 の下端部から下方側に向かって伸び出していれば良く、例えば当該屈曲部 8 4 の下端部が整流板 8 3 の下面と回転テーブル 2 の上面との間に位置していても良い。具体的には、整流板 8 3 の下面からの屈曲部 8 4 の高さ寸法 f は、図 2 5 に示すように、例えば 1 8 m m 以上であれば良い。また、このように屈曲部 8 4 の下端部が整流板 8 3 の下面と回転テーブル 2 の上面との間に位置させる場合には、この屈曲部 8 4 としては、回転テーブル 2 の外周端よりも真空容器 1 の内壁面側に設けることに代えて、当該外周端と回転テーブル 2 上のウエハ W の周縁との間に配置しても良い。

40

## 【 実施例 】

## 【 0 0 7 0 】

( 実施例 1 )

50

続いて、本発明について行った実験やシミュレーションについて説明する。始めに、ノズルカバー 8 1 や屈曲部 8 4 の有無に応じて処理ガスの濃度がどのようになるのかシミュレーションを行った。具体的には、以下に示すノズルカバー 8 1 を配置した条件において、処理ガスノズル 3 1 よりも回転テーブル 2 の回転方向下流側に 1 1 ° 離間した位置におけるガス中に含まれる S i 含有ガスの含有率を各々シミュレーションして、この含有率を回転テーブル 2 の半径方向に沿ってプロットした。尚、各例における S i 含有ガスの流量としては、0 . 1 s l m に設定すると共に、以下の参考例についてはこの 0 . 1 s l m の例と共に 0 . 9 s l m に設定した例についてもシミュレーションを行った。また、本発明及び比較例の整流板 8 3 については、角度  $\theta$  及び角度  $\beta$  が夫々 1 5 ° 及び 2 2 . 5 ° とした。

10

(ノズルカバー)

本発明：整流板 8 3 及び屈曲部 8 4 を備えた構成

比較例：整流板 8 3 を備えているが屈曲部 8 4 の設けられていない構成

参考例：ノズルカバーなし

【0071】

その結果、図 2 6 に示すように、整流板 8 3 と共に屈曲部 8 4 を設けることにより、ガス中に含まれる S i 含有ガスの含有率は、回転テーブル 2 の半径方向に亘って極めて良好な値となっており、回転テーブル 2 の中心部側であっても 0 . 8 ( 8 0 % ) 以上となっていた。一方、比較例では、回転テーブル 2 の中心部側では前記含有率が 0 . 7 ( 7 0 % ) 程度と本発明よりも低くなっており、また参考例では更に前記含有率が低い値となっていた。従って、整流板 8 3 を設けることにより回転テーブル 2 の回転方向において処理ガス濃度の高い領域が広く形成され、また整流板 8 3 と共に屈曲部 8 4 を設けると処理ガスノズル 3 1 の先端側の処理ガス濃度が高まる ( 希釈が抑えられる ) ことが分かった。

20

【0072】

(実施例 2)

次に、以下のシミュレーション条件に示すように、処理ガスノズル 3 1 の長さ寸法や排気口 6 1 との位置関係を変えた時に、前記含有率がどのような値となるかシミュレーションを行った。尚、以下に示す角度 (  $\theta + \beta$  ) とは、既述のように、処理ガスノズル 3 1 の中心部を長さ方向に沿って通る直線 L 2 と、排気口 6 1 の開口縁における回転テーブル 2 の回転方向下流側の部位及び回転テーブル 2 の回転中心を通る直線 L 4 とのなす角度である。また、寸法 e は、平面で見た時における、処理ガスノズル 3 1 の先端部から回転テーブル 2 上のウエハ W における回転中心側の端部までの距離である。

30

(シミュレーション条件)

	角度( $\theta + \beta$ )	寸法e
実施例2-1	30	37
実施例2-2	37.5	37
実施例2-3	37.5	17

40

【0073】

その結果、図 2 7 に示すように、処理ガスノズル 3 1 を排気口 6 1 から上流側に離間さ

50

せると共に、当該処理ガスノズル31の先端部を中心部領域Cに近接させる（実施例2-3、既述の図10の例）ことによって、Si含有ガスの含有率（薄膜の膜厚の均一性）について、更に良好な結果となっており、中心部領域C側であっても前記含有率が0.85（85%）以上となっていた。

【0074】

（実施例3）

続いて、以下のシミュレーション条件に示すように、整流板83、83の角度及び角度を種々変えて、Si含有ガスのガス含有率及びガスが流れる様子についてシミュレーションを行った。Si含有ガスの流量については、各々0.06slmに設定した。尚、参考例として、ノズルカバー81を設けない例についても、Si含有ガスの流量を0.9slmに設定してシミュレーションを行った。

10

（シミュレーション条件）

	角度 $\alpha$	角度 $\beta$
実施例3-1	15	30
実施例3-2	15	15
実施例3-3	15	22.5

20

【0075】

その結果、図28に示すように、いずれの実施例についても、処理ガスノズル31の先端部側から基端部側に亘って良好なガス含有率となっていた。一方、参考例については、図29に示すように、処理ガスノズル31の下方側の領域以外では前記含有率は極めて低くなっていた。この時、各実施例におけるSi含有ガスのガス流れは、図30に示すように、回転テーブル2の回転方向に沿って大きく形成されていた。尚、図29に示した参考例は、Si含有ガスのガス含有率について、図28よりも低濃度側を拡大しており、図28と同じスケールで表すとSi含有ガスのガス含有率が極めて薄くなっている。

30

ここで、既述のように、ノズルカバー81が高価な石英製であり、従ってできるだけ小型の方が好ましいことを考えると、また前記含有率の高い領域が広く形成されていることが好ましいことからすると、各実施例3-1~3-3のうち実施例3-3におけるノズルカバー81の構成が最も良いと言える。

【0076】

（実施例4）

続いて、既述の実施例3-3の構成のノズルカバー81を用いると共に、Si含有ガスの流量を0.06slm（実施例4-1）、0.1slm（実施例4-2）、0.2slm（実施例4-3）及び0.9slm（実施例4）に夫々設定すると共に、実施例3と同様のシミュレーションを行った。

40

その結果、図31及び図32に示すように、いずれの例についても良好なガス含有率となっており、またガス流量を増やすにつれて、Si含有ガスのガス含有率の高い領域が増加していた。また、Si含有ガスのガス流れについては、図33に示すように、いずれの例についても回転テーブル2の回転方向に沿って形成されていた。

【0077】

50

## (実施例5)

次に、ノズルカバー81については既述の実施例3-3の構成を用いると共に、処理ガスノズル31のガス吐出孔33の配置を以下のように設定した時のシミュレーションについて説明する。尚、以下のシミュレーション条件に示すガス吐出孔分布とは、回転テーブル2の外周縁よりも中心部領域C側における処理ガスノズル31を長さ方向に3つの領域に等分して、これら領域の各々のガス吐出孔33の開口面積について、先端部側(中心部領域C側)から基端側(真空容器1の内壁面側)に向かって比率で表した分布である。

## (シミュレーション条件)

	ガス吐出孔分布
実施例5-1	1:1:1
実施例5-2	1.5:1:1
実施例5-3	2:1:1
実施例5-4	3:1:1

10

20

## 【0078】

その結果、図34及び図35に示すように、中心部領域C側におけるガス吐出孔33の開口面積が大きくなる程、当該中心部領域C側におけるSi含有ガスのガス含有率が高くなっていった。

## 【0079】

## (実施例6)

次いで、既述の実施例3-1~3-3のノズルカバー81を用いると共に、Si含有ガスの流量及び処理ガスノズル31のガス吐出孔33の開口寸法を種々変えて実際に成膜実験を行った結果について説明する。そして、各々の条件にて薄膜を成膜した後、この薄膜の膜厚を各々の例について複数箇所測定して、成膜速度及び膜厚の均一性を算出した。この時、ノズルカバー81について、実施例3-1、3-2、3-3を夫々「大」、「小」、「中」として示す。尚、実施例6の実験条件の詳細については、各例にて共通としたため説明を省略する。また、参考例として、ノズルカバー81を設けずに実験を行った例についても併記している。

30

## 【0080】

その結果、ガス吐出孔33の開口径を0.15mmに設定した時には、成膜速度については、図36に示すように、いずれの実施例でも良好な結果が得られていた。そして、Si含有ガスの流量を0.06slmまで少なくしても、0.9slmの時とほとんど変わらない結果となっていた。この時、薄膜の膜厚について、当該薄膜を形成するために回転テーブル2を回転させた回数で割ると、回転テーブル2の1回転あたりの成膜量(サイクルレート)が算出される。即ち、ウエハWが処理領域P1を通過する度にどの程度の成膜量となっているかが分かる。その結果、本発明では、Si含有ガスの流量が0.06slmの場合であっても、サイクルレートはおよそ0.18nmとなっており、ALD法で成膜される膜厚のほぼ飽和量に相当していることが分かった。

40

また、膜厚の均一性については、図37に示すように、いずれの例についてもSi含有ガスの流量を0.1slm以上に設定することにより、2%以下と良好な結果になってい

50

た。

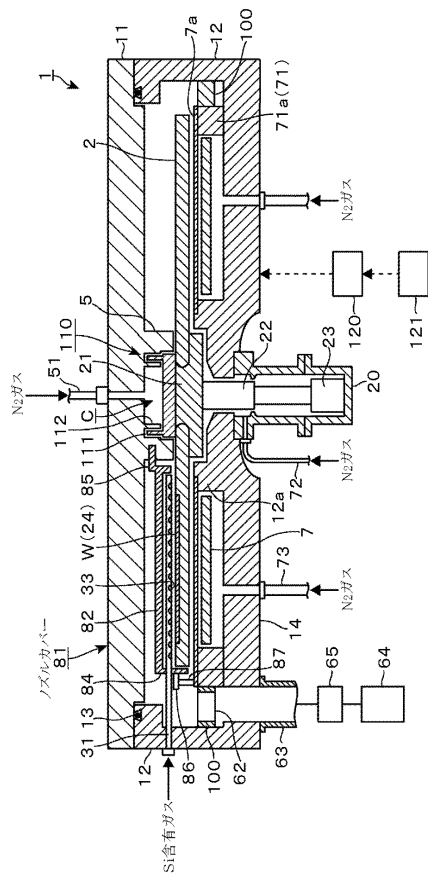
また、ガス吐出孔 33 の開口径を 0.5 mm に設定した時には、図 38 及び図 39 に示すように、既述の例と同様の傾向の結果が得られた。

【符号の説明】

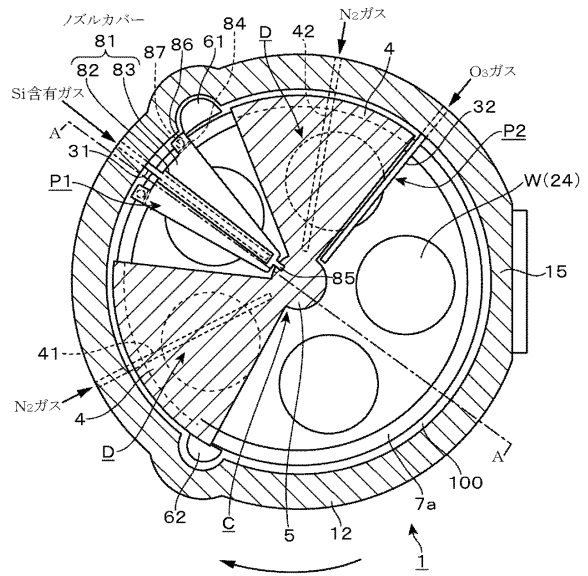
【0081】

- 1 真空容器
- 2 回転テーブル
- C 中心部領域
- D 分離領域
- W ウエハ
- 31、32 ガスノズル
- 61、62 排気口
- 81 ノズルカバー
- 82 カバー体
- 83 整流板
- 84 屈曲部
- P1、P2 処理領域

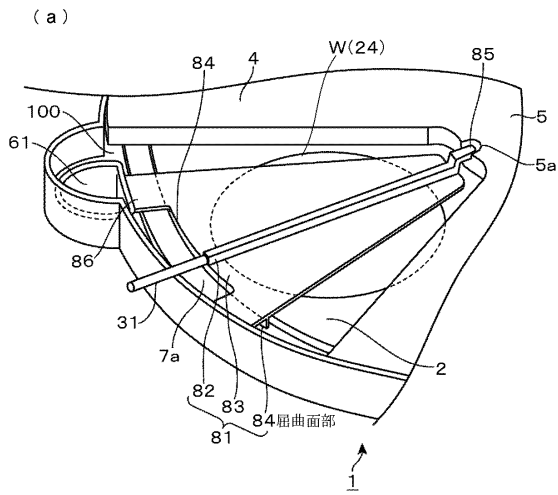
【図1】



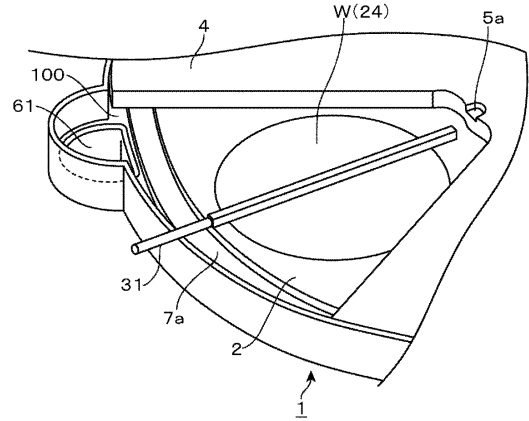
【図2】



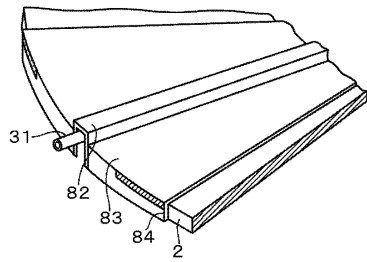
【図3】



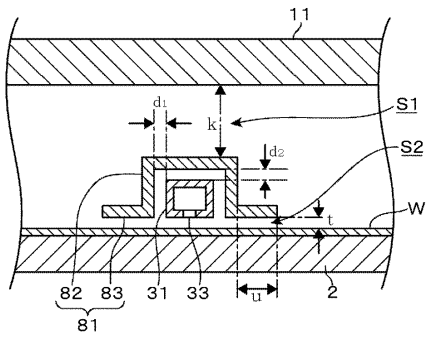
【図4】



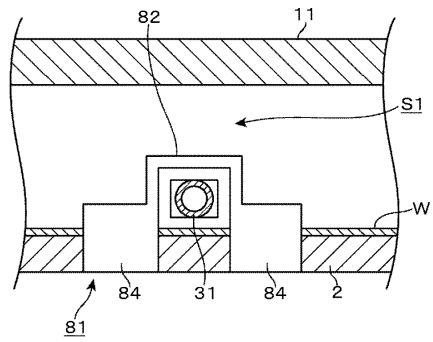
(b)



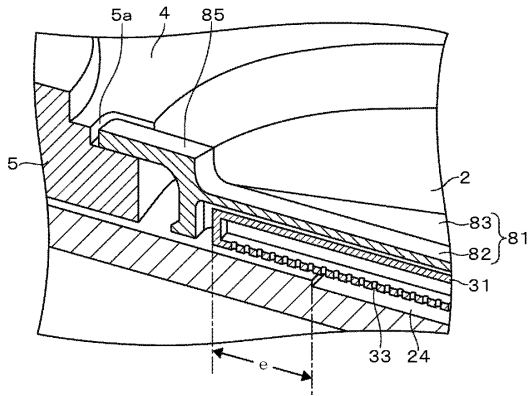
【図5】



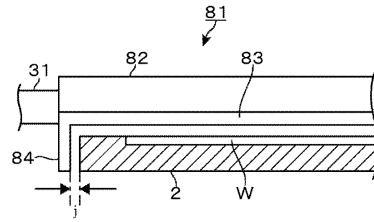
【図6】



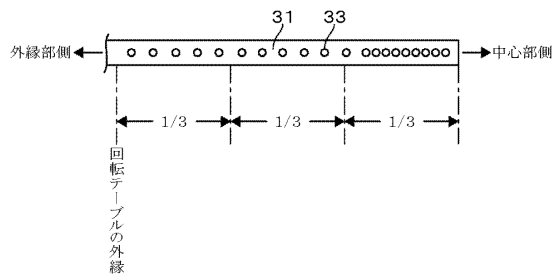
【図7】



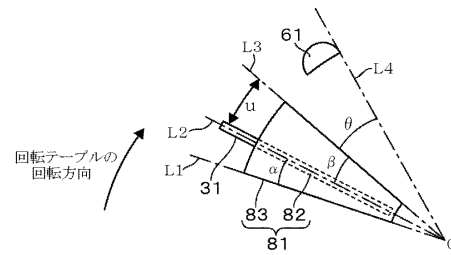
【図8】



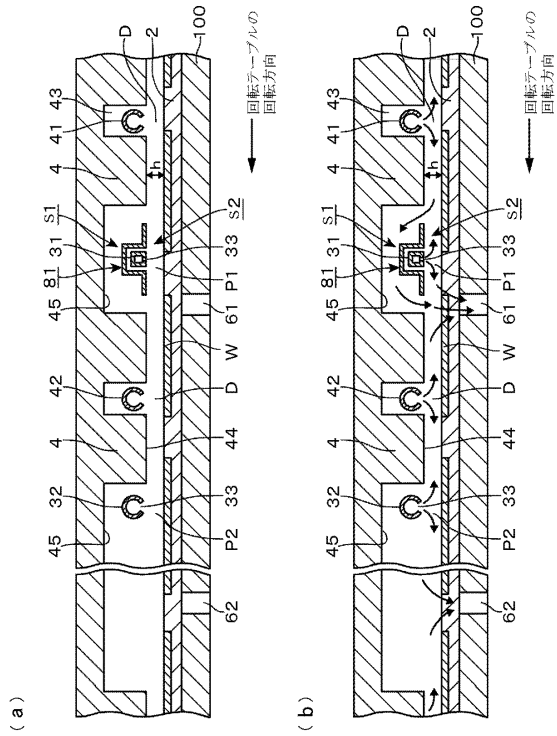
【図9】



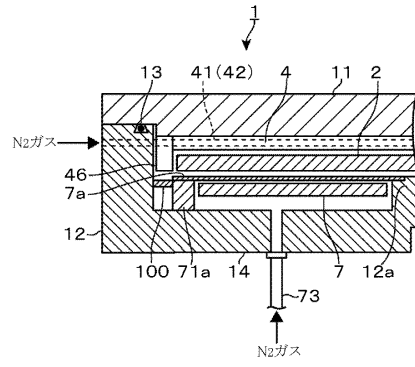
【図10】



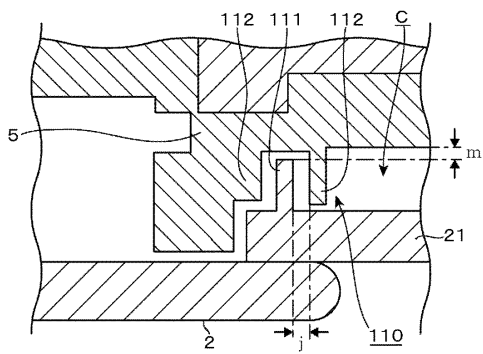
【図11】



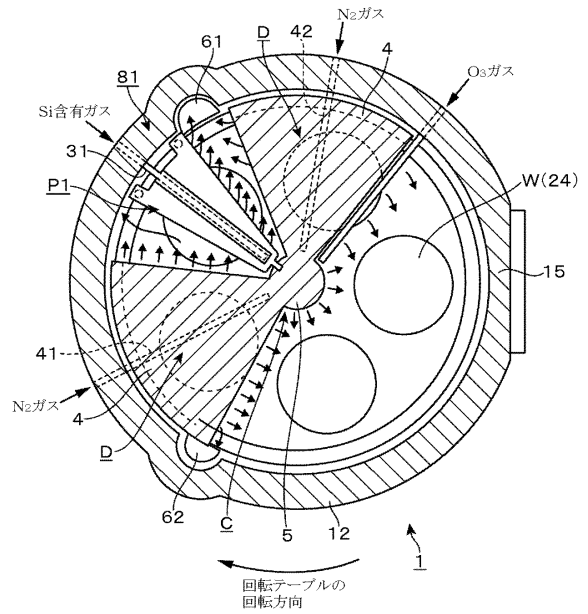
【図12】



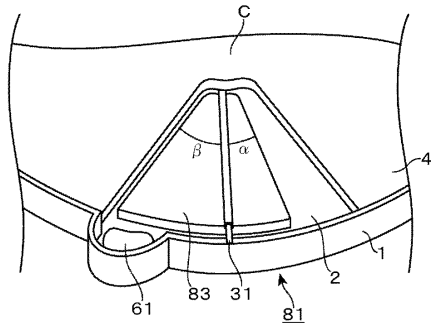
【図13】



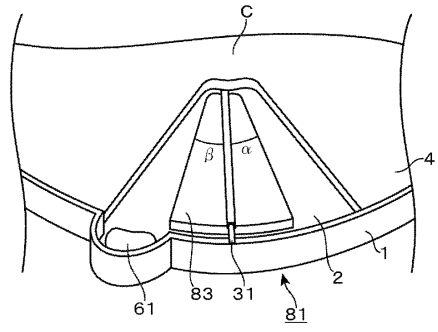
【図14】



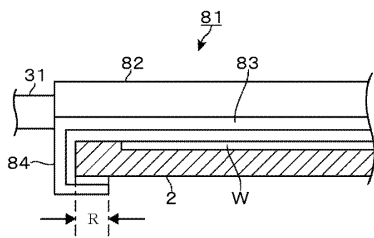
【図 15】



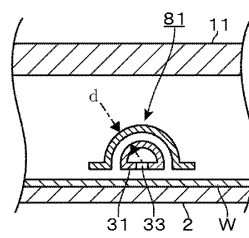
【図 16】



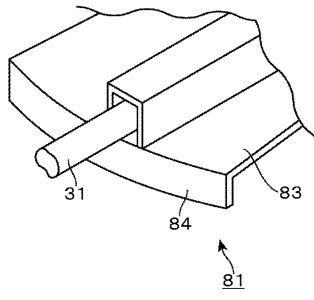
【図 17】



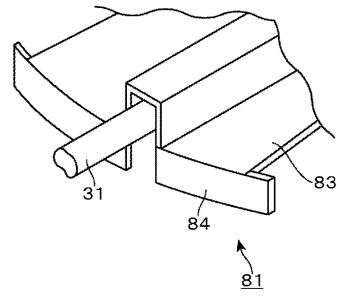
【図 18】



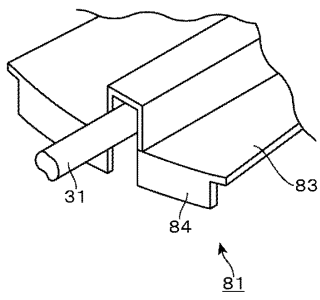
【図 19】



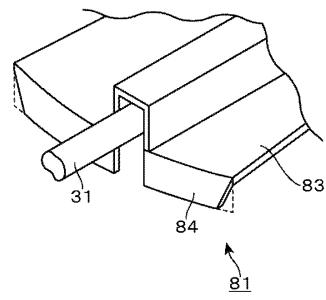
【図 20】



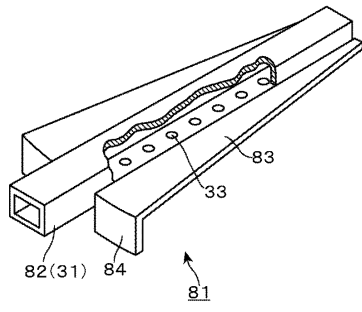
【図 21】



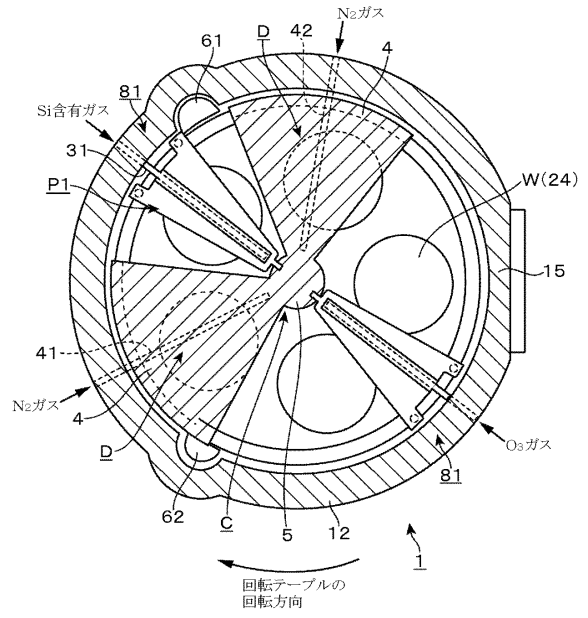
【図 22】



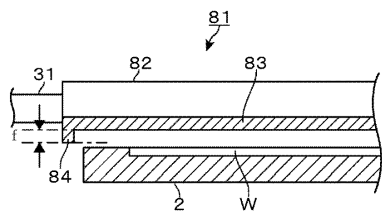
【図23】



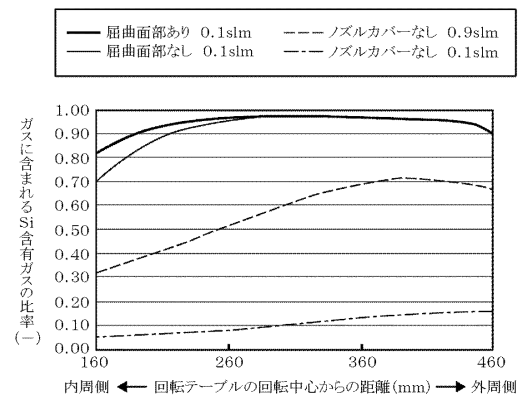
【図24】



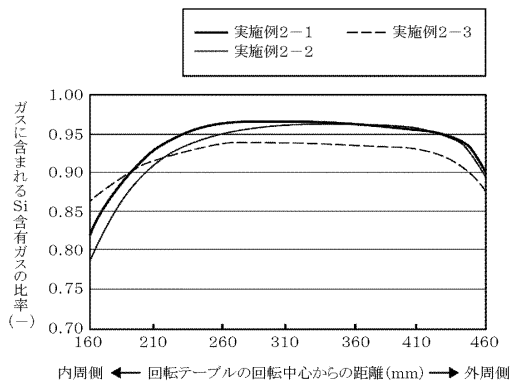
【図25】



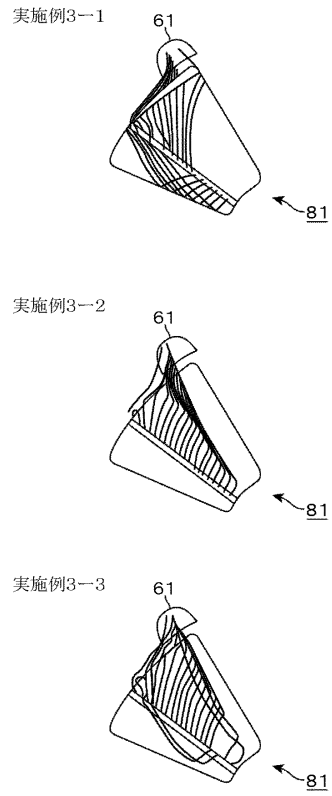
【図26】



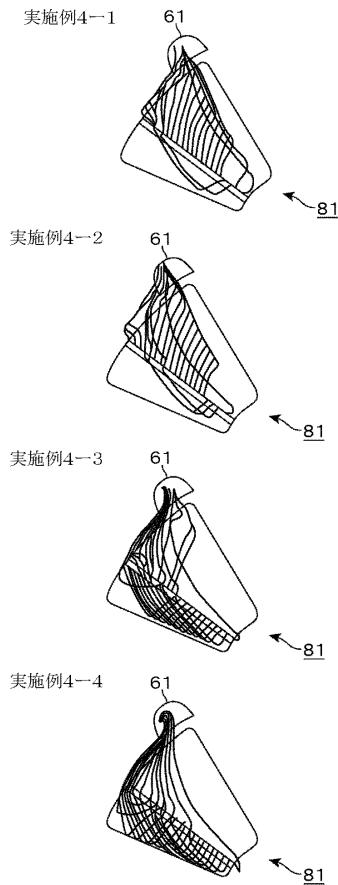
【図27】



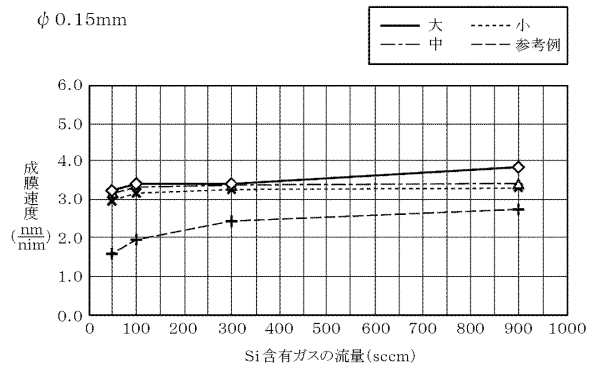
【図30】



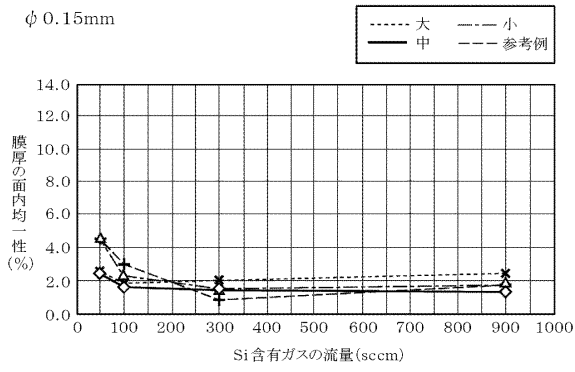
【図33】



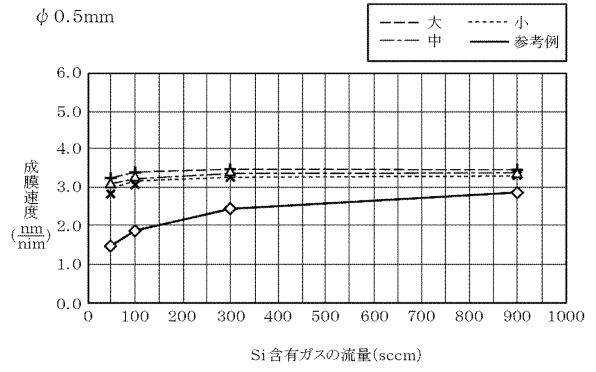
【図36】



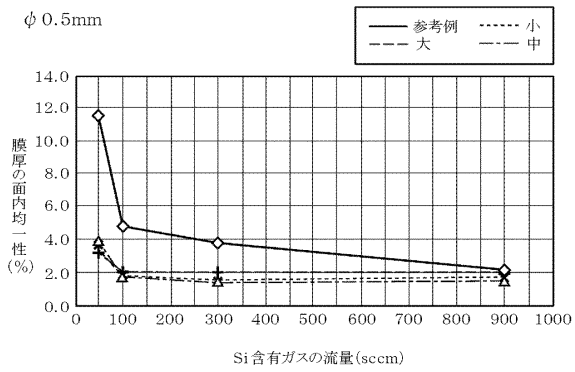
【図 37】



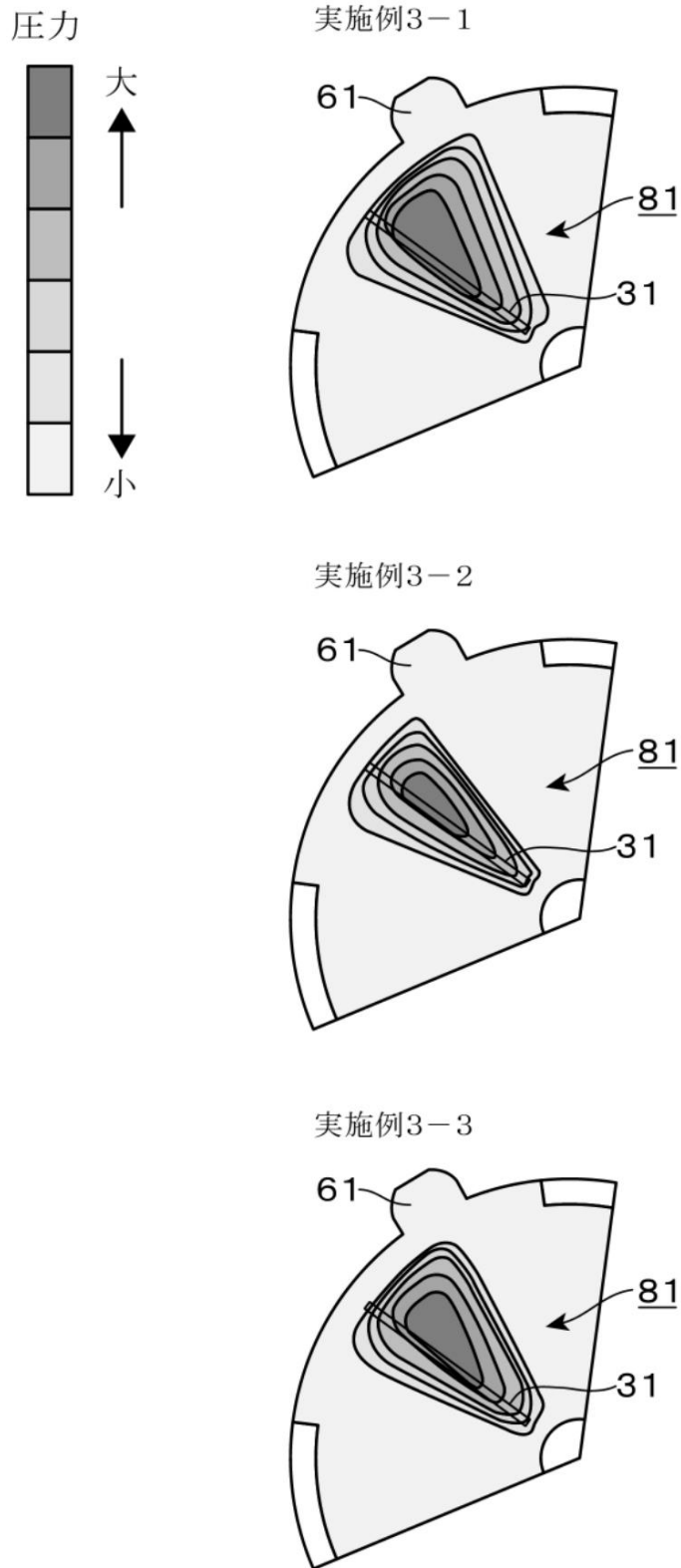
【図 38】



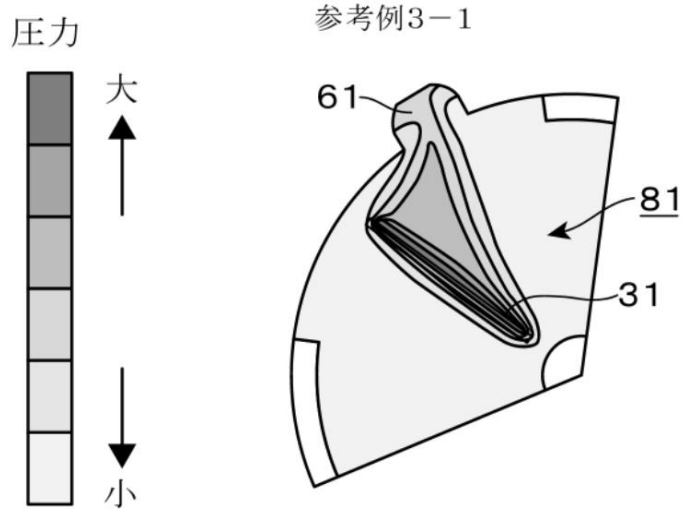
【図 39】



【図28】

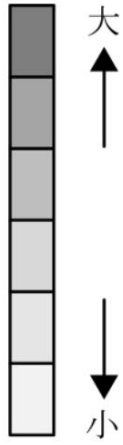


【図 29】

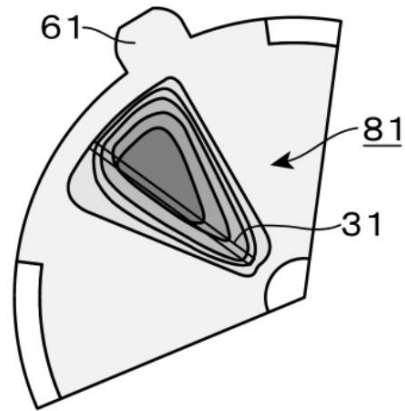


【図 3 1】

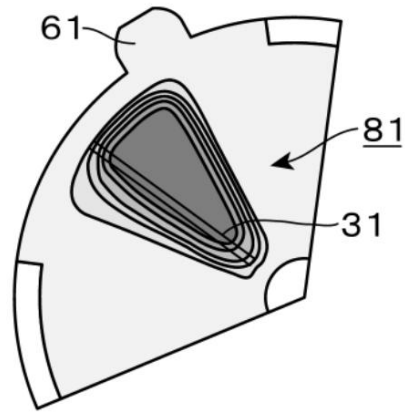
压力



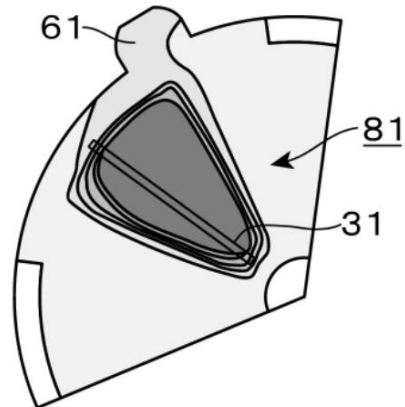
实施例4-1



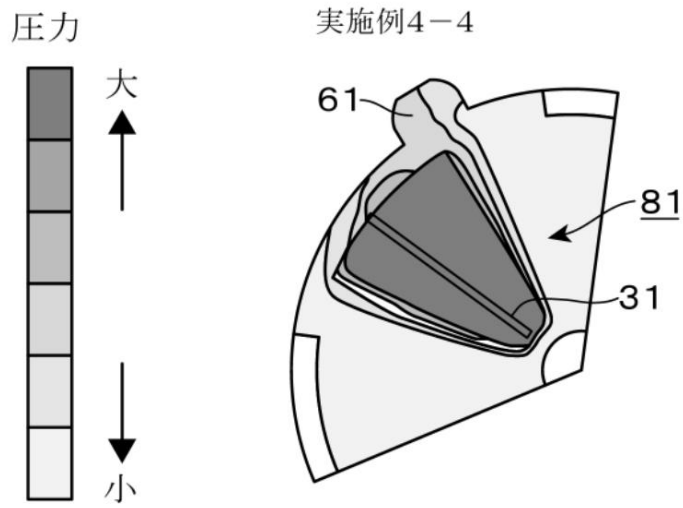
实施例4-2



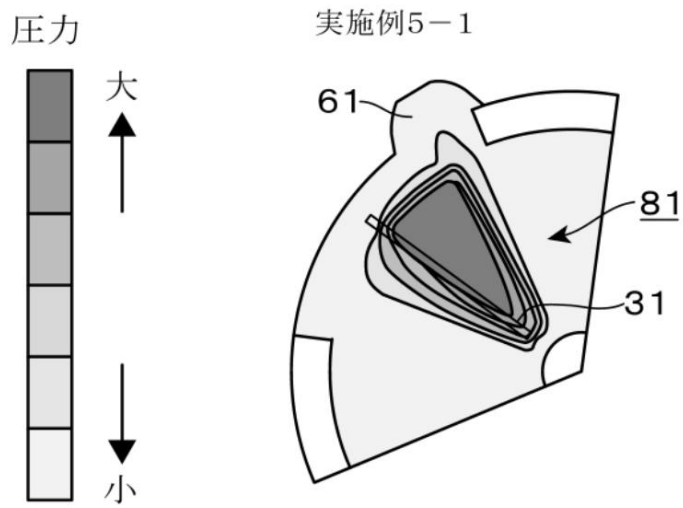
实施例4-3



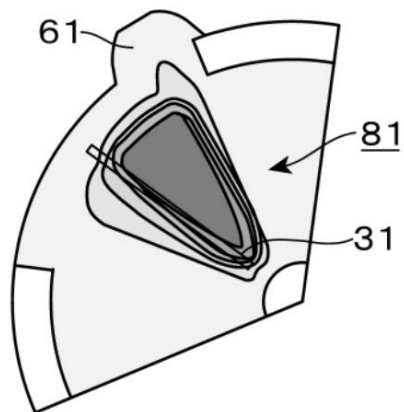
【図32】



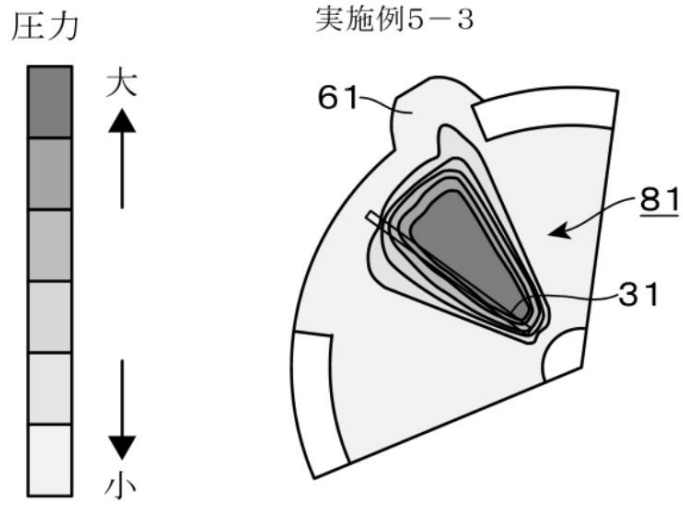
【図34】



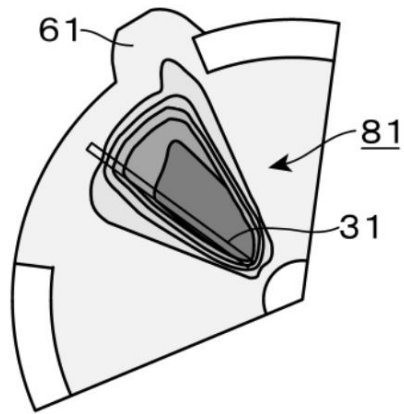
実施例5-2



【図35】



实施例5-4



---

フロントページの続き

審査官 小川 将之

- (56)参考文献 特開平01-134911(JP,A)  
特開平05-211122(JP,A)  
特開平04-023429(JP,A)  
特開2010-056472(JP,A)  
特開2010-087238(JP,A)  
特開2011-071412(JP,A)  
特開2011-100956(JP,A)  
特開2011-124384(JP,A)  
特開2011-134996(JP,A)  
特開2011-151343(JP,A)  
特表2013-503498(JP,A)  
米国特許出願公開第2004/0052972(US,A1)  
米国特許出願公開第2011/0139074(US,A1)  
米国特許出願公開第2011/0155057(US,A1)  
米国特許出願公開第2011/0214611(US,A1)  
米国特許出願公開第2011/0226178(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/31  
C23C 16/455