

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2010 年 5 月 20 日(20.05.2010)

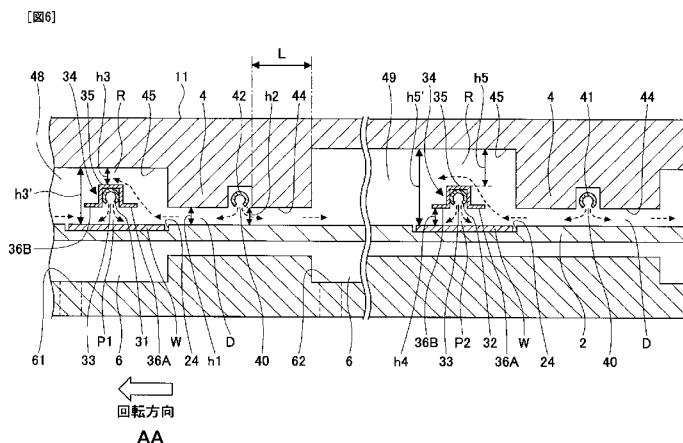
(10) 国際公開番号
WO 2010/055926 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/31 (2006.01) H01L 21/316 (2006.01)
C23C 16/455 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/069398
- (22) 国際出願日: 2009 年 11 月 13 日(13.11.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2008-292508 2008 年 11 月 14 日(14.11.2008) JP
特願 2009-233047 2009 年 10 月 7 日(07.10.2009) JP
特願 2009-258644 2009 年 11 月 12 日(12.11.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社(TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒1076325 東京都港区赤坂五丁目 3 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 加藤 寿 (KATO, Hitoshi) [JP/JP]; 〒0231101 岩手県奥州市江刺区岩谷堂字松長根 5 2 東京エレクトロン東北株式会社内 Iwate (JP). 竹内 靖 (TAKEUCHI, Yasushi) [JP/JP]; 〒0231101 岩手県奥州市江刺区岩谷堂字松長根 5 2 東京エレクトロン東北株式会社内 Iwate (JP).
- (74) 代理人: 伊東 忠彦(ITO, Tadahiko); 〒1506032 東京都渋谷区恵比寿 4 丁目 2 0 番 3 号 恵比寿ガーデンプレイスタワー 3 2 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: FILM FORMING APPARATUS

(54) 発明の名称: 成膜装置



AA - ROTATING DIRECTION

(57) Abstract: A film forming apparatus is provided with: a gas nozzle wherein discharge ports which discharge a reaction gas are formed in the length direction of the nozzle; and a flow straightening member which protrudes from the gas nozzle toward the upstream or downstream in the rotating direction of a rotating table. With this configuration, the concentration of the reaction gas in a processing region is prevented from being reduced, by restricting a separation gas flowing toward the gas nozzle from the upstream in the rotating direction from flowing into between the gas nozzle and the rotating table having a substrate placed thereon or by restricting the reaction gas from soaring from the rotating table due to the separation gas.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2010/055926 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

成膜装置は、反応ガスを吐出する吐出孔が、その長さ方向に沿って形成されたガスノズルと、前記ガスノズルから回転テーブルの回転方向上流側または回転方向下流側に向かって突出した整流部材と、を備える。このような構成において、前記回転方向上流側から当該ガスノズルに向かって流れる分離ガスが、前記ガスノズルと基板を載置した回転テーブルとの間に流入することを制限するか、または分離ガスによる反応ガスの回転テーブルからの舞い上げを制限することで処理領域の反応ガスの濃度低下を防ぐ。

明 細 書

発明の名称：成膜装置

技術分野

[0001] 本発明は、互いに反応する少なくとも２種類の反応ガスを順番に基板の表面に供給し、かつ、この供給サイクルを多数回実行することにより反応生成物の層を多数積層して薄膜を形成する成膜装置に関する。

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（以下単に「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、サイクル数に応じて膜厚を高精度にコントロールすることができると共に、膜質の面内均一性も良好であり、半導体デバイスの薄膜化に対応できる有効な手法である。

[0003] このような成膜方法が好適である例としては、例えばゲート酸化膜に用いられる高誘電体膜の成膜が挙げられる。一例を挙げると、シリコン酸化膜（ SiO_2 膜）を成膜する場合には、第１の反応ガス（または原料ガス）として、例えばビスターシャルブチルアミノシラン（以下「ＢＴＢＡＳ」という）ガス等が用いられ、第２の反応ガス（又は酸化ガス）としてオゾンガス等が用いられる。

[0004] このような成膜方法を実施する装置としては、真空容器の上部中央にガスシャワーヘッドを備えた枚葉の成膜装置を用いて、基板の中央部上方側から反応ガスを供給し、未反応の反応ガス及び反応副生成物を処理容器の底部から排気する方法が検討されている。ところで上記の成膜方法は、パージガス

によるガス置換に長い時間がかかり、またサイクル数も例えば数百回にもなることから、処理時間が長いという問題があり、高スループットで処理できる装置、手法が要望されている。

[0005] 上述の背景から、複数枚の基板を真空容器内の回転テーブルに回転方向に配置して成膜処理を行う装置を用いてA L DまたはM L Dを行うことが検討されている。より具体的に、このような成膜装置では、例えば前記真空容器内の回転テーブルの回転方向に互いに離れた位置に夫々異なる反応ガスが供給されて成膜処理が行われる処理領域が複数形成され、また、前記回転方向において処理領域と処理領域との間の領域は、これら処理領域の雰囲気を分離するための分離ガスが供給される分離ガス供給手段を備えた分離領域として構成される。

[0006] 成膜処理時には、前記分離ガス供給手段から分離ガスが供給され、その分離ガスが回転テーブル上を回転方向両側に広がり、分離領域にて各反応ガス同士の混合を阻止するための分離空間が形成される。そして、処理領域に供給された反応ガスは例えばその回転方向両側に広がった分離ガスと共に真空容器内に設けられた排気口から排気される。このように処理領域にて処理ガスを、分離領域にて分離ガスを夫々供給する一方で、前記回転テーブルを回転させてそのテーブルに載置されたウエハを一の処理領域から他の処理領域へ、他の処理領域から一の処理領域へと交互に繰り返し移動させ、A L DまたはM L D処理を行う。このような成膜装置では、上記のような処理雰囲気におけるガス置換が不要になり、また複数枚の基板に同時に成膜することができるので、高いスループットが得られることが見込まれる。

[0007] 例えば特許文献1には、扁平な円筒状の真空容器を左右に分離し、左側半円の輪郭と右側半円の輪郭の間、つまり真空容器の直径領域には分離ガスの吐出口が形成された成膜装置が提案されている。また、例えば特許文献2には、ウエハ支持部材（または回転テーブル）の上に回転方向に沿って4枚のウエハを等距離に配置する一方、ウエハ支持部材と対向するように第1の反応ガス吐出ノズル及び第2の反応ガス吐出ノズルを回転方向に沿って等距離

に配置しかつこれらノズルの間に分離ガスノズルを配置し、ウエハ支持部材を水平回転させて成膜処理を行う装置の構成が提案されている。しかしこれらの提案された成膜装置において、後述の処理領域における反応ガスの濃度及び基板への接触時間が低下する結果として、基板への成膜速度が低下するという問題は認識されておらず、この問題を解決できるものではない。

[0008] また、例えば特許文献 3、4 または 5 には、ターゲット（ウエハに相当する）に複数のガスを交互に吸着させる原子層 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とを供給する装置が提案されている。特許文献 3 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を設けること、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提案されている。しかしこの例においても、分離ガスによる基板への成膜速度が低下するという問題は認識されておらず、この問題を解決できるものではない。

[0009] 更に、例えば特許文献 6 には、回転方向に沿って複数枚のウエハがその表面に配置される回転テーブルと、前記回転テーブルに対向するチャンバ上部と、を備えた ALD 装置が提案されている。チャンバ上部の裏面には回転テーブルの径方向に伸び、夫々異なる反応ガスを供給する複数の吸気ゾーン（または、供給口）が、周方向に間隔をおいて設けられ、周方向に隣接する各供給口間には前記径方向に伸びる 2 つの排気ゾーン（または、排気口）が互いに周方向に設けられている。このチャンバ上部の裏面において、各吸気ゾーンと各吐出口との間は回転テーブルからの距離が互いに等しく、平坦な天井面として形成されている。そして、回転テーブルの回転中に各吸気ゾーンから供給された各反応ガスは、前記天井面と回転テーブルとの間の隙間を流れ、その反応ガスを供給した吸気ゾーンに隣接する排気ゾーンから排気される。これにより、各反応ガスが供給される領域を区画して ALD 処理または ML D 処理を行う。しかし、互いに隣接する排気ゾーン同士は近接しているため、実際には各吸気ゾーンからこれらの排気ゾーンへ向かった各反応ガス

が互いに混ざり合い、チャンバ内部でパーティクルの原因となる反応副生成物を生じる可能性がある。

先行技術文献

特許文献

- [0010] 特許文献1：米国特許第7 1 5 3 5 4 2号公報
特許文献2：特開2 0 0 1－2 5 4 1 8 1号公報
特許文献3：特開2 0 0 7－2 4 7 0 6 6号公報
特許文献4：米国特許出願公開第2 0 0 7／0 2 1 8 7 0 1号公報
特許文献5：米国特許出願公開第2 0 0 7／0 2 1 8 7 0 2号公報
特許文献6：特表2 0 0 8－5 1 6 4 2 6号公報（又は、米国特許出願公開第2 0 0 6／0 0 7 3 2 7 6号公報）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0011] ところで、上記のように複数枚の基板を真空容器内の回転テーブルに回転方向に配置して成膜処理を行う装置において、本発明者らは図1に示す如き考えられる構成を検討した。この図1を参照しながら成膜装置の構成を具体的に説明する。図1は回転テーブル2の回転方向に装置を縦断して展開した展開図である。図1中、31はBTBASガスの供給手段である第1の反応ガスノズルであり、この第1のガスノズル31の下方の領域が第1の処理領域P1として構成されている。41、42は分離ガス供給手段である分離ガスノズルである。これら反応ガスノズル及び分離ガスノズルは回転テーブル2上に、その回転テーブル2の径方向に伸びるように形成されており、下方に向けて前記径方向に沿って成膜ガスであるBTBASガス、分離ガスであるN₂ガスを夫々吐出する。
- [0012] 分離領域Dの圧力の低下を防ぐために、吐出された前記N₂ガスは分離領域Dから直接排気されず、処理領域に向かった後に排気されるようになっている。具体的に説明すると、図1に実線の矢印で示すように分離領域Dから回

転テーブル2の回転方向の下流側に向かって流れて処理領域P1に向かったN₂ガスは、第1の反応ガスノズル31の上方を乗り越えて、反応ガスノズル31とその上方の天井面45との間に設けられた隙間Rを通過し、その反応ガスノズル31からさらに前記回転方向下流側における当該回転テーブル2の外側位置に設けられた排気口に反応ガスノズル31から吐出されたBTBASガスと共に流入して排気される。

[0013] ところが、本発明者らは、この装置において検討の結果、以下の知見を得た。回転テーブル2の回転数が低い場合にはBTBASガスの分子がガスノズル31の下方に飽和し、ウエハWに対して飽和吸着すると考えられるが、高いスループットを得るために回転テーブル2は例えば120rpm以上で高速回転する必要がある。しかし、このように回転数を高くすると、図2に実線の矢印でその流れを示すようにN₂ガスが、その流速が高くなることにより反応ガスノズル31の下方に潜り込み、第1の処理領域P1におけるBTBASガス濃度が低下する。そうするとBTBASガスの飽和吸着は行われず、BTBAS分子のウエハWへの吸着量は当該処理領域P1におけるガスの濃度と接触時間とに比例するようになる。そして、この場合は上記のようにガス濃度が低下しているため、BTBASガス分子の吸着量が低下してしまう。

[0014] また、ある物体に向かって流れるガス流は流体力学上、物体のそのガス流を受ける側を正面側とすると、圧力が低い背面側へと回り込もうとする性質を有する。つまり、反応ガスノズル31に向かって流れて当該反応ガスノズル31の下方に潜り込んだN₂ガスは回転テーブル2から見て上方へと舞い上がり、ガスノズル31の前記回転方向の下流側へと回り込む。このとき、図2中点線の矢印でその流れを示すように、反応ガスノズル31から処理領域P1に吐出されたBTBASガスもそのN₂ガスの流れに従い、回転テーブル2から上方へと舞い上がるので、処理領域P1におけるBTBASガス濃度が更に低くなると共にBTBASガスのウエハWへの接触時間が短くなってしまう。結果としてBTBASガス分子の吸着量がさらに低下してしまう。

[0015] これらの理由から反応ガスのウエハWへの接触時間を稼ぎ、反応ガス濃度の低下を防いで、反応ガスに含まれる分子を正常にウエハWに吸着させるためには回転テーブル2の回転数を制限することが必要になるので、スループットを十分に上昇させることができなくなる可能性があった。

[0016] 本発明はこのような事情に基づいて行われたものであり、その目的の一つは、真空容器内にて基板の表面に互いに反応する複数の反応ガスを順番に供給して反応生成物の層を多数積層して薄膜を形成し、基板が載置される回転テーブルの周方向に沿って設けられる第1の反応ガスが供給される第1の処理領域と、第2の反応ガスが供給される第2の処理領域とをこれら処理領域の雰囲気を分離するための分離領域とを備えた成膜装置において、成膜速度の低下を抑えることができる成膜装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0017] 本発明の一観点によれば、成膜装置は、真空容器内にて互いに反応する少なくとも2種類の反応ガスを順番に基板の表面に供給しかつこの供給サイクルを実行することにより反応生成物の層を多数積層して薄膜を形成する成膜装置において、前記真空容器内に設けられた回転テーブルと、この回転テーブルに基板を載置するために設けられた基板載置領域と、前記回転テーブルの回転方向に、当該回転テーブル上方に互いに離れて固定して設けられ、夫々基板に第1の反応ガス及び第2の反応ガスを供給するための第1の反応ガス供給手段及び第2の反応ガス供給手段と、前記第1の反応ガスが供給される第1の処理領域と第2の反応ガスが供給される第2の処理領域との雰囲気を分離するために前記回転方向においてこれら処理領域の間に位置し、分離ガスを供給する分離ガス供給手段が設けられた分離領域と、前記真空容器内を真空排気するための排気口と、を備え、前記第1の反応ガス供給手段及び第2の反応ガス供給手段の少なくとも一方は、前記基板載置領域の移動方向と交差するように伸びると共に、前記回転テーブルに向けて反応ガスを吐出する吐出孔が、その長さ方向に沿って形成されたガスノズルとして構成され、前記ガスノズルの上方側には、分離ガスを通流させるための通流空間が形

成され、前記ガスノズルから前記上流側及び下流側の少なくとも一方に向かって張り出した整流部材を備える。

[0018] 前記整流部材は、前記ガスノズルから前記上流側及び前記下流側の両方に張り出されていてもよく、各整流部材は例えば回転テーブルの中心部側から離れる部位ほど前記回転方向の幅が大きく、その場合前記整流部材の平面形状は扇型に形成されていてもよい。前記分離領域は、例えば前記分離ガス供給手段の前記回転方向両側に位置し、当該分離領域から処理領域側に分離ガスが流れるための狭隘な空間を回転テーブルとの間に形成するための天井面を備えており、前記第1の処理領域と第2の処理領域との雰囲気とを分離するために真空容器内の中心部に位置し、回転テーブルの基板載置面側に分離ガスを吐出する吐出孔が形成された中心部領域が設けられていてもよく、その場合例えば前記中心部領域は、回転テーブルの回転中心部と真空容器の上面側とにより区画され、分離ガスがパージされる領域である。また、その場合、例えば前記排気口は、分離領域の両側に拡散する分離ガス及び前記中心部領域から吐出する分離ガスと共に前記反応ガスを排気するように設けられている。排気口は各反応ガスの排気を専用に行うために、平面で見たときに前記分離領域の前記回転方向両側に設けられていてもよい。

[0019] さらに、成膜装置において、前記分離ガス供給手段のガス吐出孔は、例えば回転テーブルの回転中心部及び周縁部の一方側から他方側に向かって配列されており、前記分離領域の天井面における真空容器の外縁側の部位は、前記回転テーブルの外端面に対向するように屈曲して真空容器の内周壁の一部を構成し、当該天井面の屈曲部位と前記回転テーブルの外端面との隙間は、反応ガスの侵入防止効果が得られる寸法に設定されていてもよい。また、前記分離領域の天井面において、前記分離ガス供給手段に対して回転テーブルの相対的回転方向の上流側部位は、例えば外縁に位置する部位ほど前記回転方向の幅が大きい構成であってもよい。

[0020] 本発明の一観点によれば、成膜装置は、真空容器内にて複数の基板を載置した回転テーブルを回転して、前記基板が複数の異なる処理領域に供給され

た反応ガスと順次接触することにより、前記基板の表面に薄膜を形成する成膜装置において、前記複数の処理領域の間に設けられ、異なる反応ガスが前記基板表面から離れた空間で反応することを防止する分離ガスを供給する分離領域と、前記処理領域の天井から離間して基板近傍において基板の方向に反応ガスを供給する反応ガス供給手段と、前記分離領域から前記処理領域に流入した分離ガスが前記反応ガス供給手段と前記基板との隙間に流入して前記基板に供給される反応ガスの濃度が低下することを抑制する整流部材と、処理領域の天井と、前記反応ガス供給手段との間に設けられ、前記整流部材により分離ガスがガイドされる通流空間と、を備える。前記処理領域の天井の回転テーブルに載置された基板表面からの高さは、前記分離領域の天井よりも高く形成されていてもよく、複数の異なる反応領域において、処理領域の天井の高さは、前記処理領域に供給される反応ガスの種類、供給されるガス量に応じて夫々選択的に決められていてもよい。

発明の効果

- [0021] 本発明の成膜装置によれば、回転テーブルの基板載置領域の移動方向と交差するように伸び、その長さ方向に沿って形成された吐出孔を備えた反応ガス供給手段をなすガスノズルと、そのガスノズルから前記回転テーブルの回転方向上流側または下流側の少なくとも一方に向かって張り出した整流部材と、を備えており、この整流部材により前記上流側及び下流側のいずれか一方側から他方側に分離ガスを通流させるための通流空間に分離ガスがガイドされる。その結果として、分離ガスによる処理領域の反応ガス濃度の低下を抑えることができるので、回転テーブルの回転数を上げて処理領域にて基板へ反応ガスを吸着させることができる。従って、成膜速度の低下が抑えられる。又、基板に均一性高く成膜することができ、膜質を向上させることができる。

図面の簡単な説明

- [0022] [図1]従来の成膜装置におけるガスの流れを示した説明図である
[図2]ガスノズルの周囲におけるガス流を詳細に示した説明図、

[図3] 本発明の実施の形態に係る成膜装置の縦断面図である。

[図4] 図3の成膜装置の内部の概略構成を示す斜視図である。

[図5] 図3の成膜装置の横断平面図である。

[図6] 図3の成膜装置における処理領域及び分離領域の一例を示す縦断面図である。

[図7] 図3の成膜装置における処理領域及び分離領域の他の例を示す縦断面図である。

[図8] 反応ガスノズル及び整流部材の構成図である。

[図9] 図3の成膜装置の縦断面図である。

[図10] 反応ガスノズルを示す縦断面図である。

[図11] 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12] 図3の成膜装置の一部破断斜視図である。

[図13] 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14] 図3の成膜装置の回転テーブル上のガスの流れを示した説明図である。
。

[図15] 整流部材により規制されたガスの詳細な流れを示した説明図である。

[図16] 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17] ガスノズルの他の例を示した斜視図及び縦断面図である。

[図18] 整流板の他の例を示した上面図である。

[図19] 更に他のガスノズルの構成を示した縦断面図及び破断斜視図である。

[図20] 前記ガスノズルの側面図及び上面図である。

[図21] 更に他のガスノズルの構成を示した縦断面図及び破断斜視図である。

[図22] 本発明の他の実施の形態に係る成膜装置を示す横断側面図である。

[図23] 本発明の他の実施の形態に係る成膜装置を示す横断側面図である。

[図24] 本発明の更に他の実施の形態に係る成膜装置を示す縦断側面図である。
。

[図25]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26]評価試験を行うためにシミュレーションで設定した反応ガスノズルの上面図である。

[図27]評価試験の結果を示したグラフの図である。

[図28]評価試験の結果を示したグラフの図である。

[図29]評価試験で用いたウエハの膜厚測定範囲及びその結果を示した説明図である。

[図30]評価試験におけるガスの濃度分布を示した説明図である。

[図31]評価試験におけるガスの濃度分布を示した説明図である。

発明を実施するための形態

[0023] 本発明の一実施の形態における成膜装置は、図3（後述する図5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、内部の減圧状態により封止部材例えばOリング13を介して容器本体12側に押し付けられていて気密状態を維持しているが、天板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。

[0024] 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。

[0025] 回転テーブル2の表面部には、図4及び図5に示すように回転方向（または周方向）に沿って複数枚例えば5枚の基板であるウエハWを載置するための基板載置領域である円形状の凹部24が設けられており、この凹部24は

その直径がウエハWの直径よりも僅かに大きく形成され、ウエハWを位置決めして回転テーブル2の回転に伴う遠心力により飛び出さないようにする役割を有する。なお、図5には便宜上1個の凹部24だけにウエハWを描いてある。複数のウエハWは、共通の平坦な回転テーブル2に載置され、この回転テーブル2は、凹部24にウエハWが載置されたときに、当該ウエハWの表面の高さと回転テーブル2の表面の高さとが略一致するように構成されている。略一致する高さとは、具体的には、例えばこれらの高さの差が5mm以内であることを言う。このような回転テーブル2を用いることで、複数の分割された部材が組み合わされて構成された回転テーブルを用いる場合や、凹部24に載置されたウエハWの表面の高さとその表面の高さとが略一致しない回転テーブルを用いる場合に比べて、回転テーブル2の表面及びウエハWの表面を流れる気流が乱れることが抑えられる。

[0026] ここで図6は、回転テーブル2を同心円に沿って切断し、且つ、横に展開して示す展開図である。図6に示すようにウエハを凹部24に落とし込むと、ウエハの表面と回転テーブル2の表面（即ち、ウエハが載置されない領域）とがおおむねゼロになるように凹部24が形成されており、ウエハWの表面と回転テーブル2の表面との間の高さの差によって生じる圧力変動を抑え、膜厚の面内均一性を揃えることができるようになっている。凹部24の底面には、ウエハWの裏面を支えて当該ウエハWを昇降させて、ウエハWの搬送機構10と受け渡しを行うための例えば後述する3本の昇降ピン（後述する図12参照）が貫通する貫通孔（図示せず）が形成されている。

[0027] 図4及び図5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、その基端部であるガス導入ポート31a、32a、41a、42aは当該側壁を貫通してい

る。

[0028] 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 (ビスターシャルブチルアミノシラン) ガスのガス供給源及び第 2 の反応ガスである O_3 (オゾン) ガスのガス供給源 (いずれも図示せず) に接続されており、分離ガスノズル 4 1, 4 2 はいずれも分離ガスである N_2 ガス (窒素ガス) のガス供給源 (図示せず) に接続されている。この例では、第 2 の反応ガスノズル 3 2、分離ガスノズル 4 1、第 1 の反応ガスノズル 3 1 及び分離ガスノズル 4 2 がこの順に時計方向に配列されている。

[0029] 反応ガスノズル 3 1, 3 2 には、下方側に反応ガスを吐出するための吐出孔 3 3 がノズルの長さ方向に間隔を置いて配列されている。この例では各ガスノズルの吐出口の口径は 0.5 mm であり、各ノズルの長さ方向に沿って例えば 10 mm の間隔をおいて配列されている。反応ガスノズル 3 1, 3 2 は夫々第 1 の反応ガス供給手段及び第 2 の反応ガス供給手段に相当し、その下方領域は夫々 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。

[0030] なお、厳密に言えば、ウエハ W には処理領域 P 1 を通過した後も上方に残留している BTBAS ガスが吸着し、また処理領域 P 2 を通過した後も上方に残留している O_3 ガスがウエハ W 上の BTBAS ガスの成分と反応する。後述するように、前記分離ガスノズル 4 1, 4 2 は、第 1 の天井面 4 4 により形成される 2 つの分離領域 D に含まれており、各分離領域 D は平面視扇状であり、回転テーブル 2 の回転方向に互いに離れて形成されている。これらの分離領域 D に隣接するように平面視扇状の領域 4 8, 4 9 が設けられている。これら領域 4 8, 4 9 を他の領域の名称と区別するために、以後拡散領域 4 8, 4 9 と呼ぶ。拡散領域 4 8, 4 9 は、回転テーブル 2 からの高さが、前記分離領域 D を形成する第 1 の天井面 4 4 よりも高い第 2 の天井面 4 5 により形成されており、前記処理領域 P 1, P 2 は拡散領域 4 8, 4 9 に夫々含まれる。

[0031] ウエハWへの各ガスの吸着性、反応時間の特性、回転テーブル2の回転速度（または、処理速度）などを考慮して最適な処理を行うために、拡散領域48、49の大きさ、即ち、当該拡散領域48、49の回転方向の長さ及び前記第2の天井面45の高さ位置が、適宜設計される。また、拡散領域48、49において、反応ガスノズル31、32は、夫々前記回転方向の中央部か、その中央部よりも当該回転方向の上流側に設けられることが望ましい。これは、ウエハWに供給した反応ガスの成分を十分にウエハWに吸着にさせたり、既にウエハWに吸着された反応ガスの成分と新たにウエハWに供給した反応ガスとを十分に反応させるためである。本実施の形態では、後述する成膜処理が行われるにあたってウエハWに吸着されたBTBASを確実に酸化させるために、図3に示すように第2の反応ガスノズル42は、拡散領域49の前記回転方向の中央よりも上流側に設けられ、さらにこの第2の反応ガスノズル42が含まれる拡散領域49の回転方向の長さは、第1の反応ガスノズル41が含まれる拡散領域48の回転方向の長さよりも長く構成されている。そして、第1の反応ガスノズル41からのBTBASガスの流量は例えば100 sccmに設定されるのに対して、酸化を確実にを行うために第2の反応ガスノズル42からの O_3 ガスの流量は例えば10000 sccmに設定される。このように、比較的大きな流量の O_3 ガスを供給するために、拡散領域49の天井面45は拡散領域48の天井面45よりも高く形成されている。

[0032] なお、図7（a）、図7（b）は、各拡散領域48、49の第2の天井面45を同じ高さに構成した例を示しており、このように装置を構成してもよい。図7（b）では分離ガスの流れを実線の矢印で示している。図7中、図6と実質的に同じ部分には同一符号を付し、その説明は省略する。

[0033] 前記反応ガスノズル31、32には図8（a）に示すノズルカバー34が設けられている。ノズルカバー34は、ガスノズル31、32の長さ方向に沿って伸長し、その縦断面がコ字型をなす基部35を備えており、この基部35によりガスノズル31、32の上方及び側方が被覆される。そして基部

35の下端の左右から水平方向に、つまり回転テーブル2の回転方向の上流側、下流側に整流板36A、整流板36Bが突出している。図4及び図5に示すように板36A、36Bは回転テーブル2の中心部側から周縁部側に向かうほど大きく基部35から突出するように形成され、平面視扇状に構成されている。この例では整流部材をなす扇板36A、36Bは基部35に対して左右対称に形成されており、図8(b)中に点線で示した扇板36A、36Bの輪郭線の延長線がなす角度(扇の開き角度) θ は例えば 10° である。ここで、 θ は N_2 ガスが供給される分離領域Dの周方向の大きさや前記拡散領域48、49の周方向の大きさを考慮することで適宜設計されるが、例えば 5° 以上 90° 未満である。

[0034] 図5に示すようにノズルカバー34は、平面視その扇板36A、36Bの先端側(または幅が狭い側)が突出部5に近接すると共に後端側(または幅が広い側)が回転テーブル2の外縁に向かうように設けられている。また、ノズルカバー34は分離領域Dから離れ、且つ、第2の天井面45との間にガスの通流空間である隙間Rを介するように設けられている。図6では回転テーブル2上における各ガスの流れを点線の矢印で示しており、図6に示すように隙間Rは、分離領域Dから処理領域P1、P2に向かった N_2 ガスの通流路をなしている。図6にh3で示した拡散領域48(反応ガスノズル31が配置された領域)におけるこの隙間Rの高さは例えば10mm~70mmであり、h5で示した拡散領域49(反応ガスノズル32が配置された領域)における隙間Rの高さは例えば10mm~100mmである。また、図6中、h3'で示した拡散領域48におけるウエハWの表面から第2の天井面45までの高さは15mm~100mmで例えば32mmであり、h5'で示した拡散領域49におけるウエハWの表面から第2の天井面45までの高さは例えば15mm~150mmである。ここで、隙間Rの高さh3、h5についてはガス種やプロセス条件により適宜その大きさを変更することができ、ノズルカバー34による分離ガス(または N_2 ガス)を隙間Rにガイドして処理領域P1、P2への流れ込みを抑える整流効果ができるだけ有効にな

るような大きさに設定される。そのような整流効果を得るために例えば高さ h_3 、 h_5 は、回転テーブル 2 とガスノズル 31、32 の下端との高さ以上であることが望ましい。また、図 6 に示すようにノズルカバー 34 の扇板 36A、36B の下面は反応ガスノズル 31、32 の吐出口 33 の下端と同じ高さ位置に形成されており、この図 31 中に h_4 として示す扇板 36A、36B の回転テーブル 2 の表面（またはウエハ W の表面）からの高さは 0.5 mm ~ 4 mm である。なお、高さ h_4 は 0.5 mm ~ 4 mm に限られるものではなく、 N_2 ガスを上記のように隙間 R へとガイドし、処理領域 P1、P2 における反応ガス濃度をウエハ W に処理を行うことができるような十分な濃度に確保できる高さに設定すればよく、例えば、0.2 mm ~ 10 mm でもよい。ノズルカバー 34 の扇板 36A、36B は、後述するように分離領域 D から進入した N_2 ガスのガスノズル 31、32 の下方側に潜り込む流量を減少させると共に、反応ガスノズル 31、32 から夫々供給された BTBAS ガス、 O_3 ガスの回転テーブル 2 からの舞い上がりを制限して防ぐ役割を有しており、その役割を果たすことができれば、ここに示した位置に設けることに限られない。

[0035] ところで、回転テーブル 2 においては回転中心から回転テーブル 2 の周縁部に向かうほどその回転速度が大きくなるので、例えば回転する回転テーブルの中心側と、周縁部側とで、夫々同じ流量のガスを供給した場合、周縁部側のガス濃度が中心側に比べて低下しやすくなる。しかし、この成膜装置では、反応ガスノズル 31、32 及び分離ガスノズル 41、42 は真空容器 1 の外周側から回転テーブル 2 の回転中心に向かって伸びるように設けられ、前記外周側から各ノズルに分離ガス及び反応ガスが供給されている。従って、各ノズルにおいて回転テーブル 2 の周縁部側ほどガス圧が高いため、長さ方向において例えばガス孔の径を同じにすれば回転テーブル 2 の周縁部側ほど流量を大きくすることができる。各ノズルのガス孔の径を長さ方向において同じにすることに限られないが、このような吐出流量分布を容易に形成できる点で好ましい。そして、このようなノズルの長さ方向の吐出流量分布は

、周縁部側でのガス濃度の低下を抑えることができ、回転テーブル2の長さ方向におけるガス濃度が揃えられる点で好ましい。

[0036] また、前記扇板36A、36Bの作用について詳しくは後述するが、これから扇板36A、36Bは回転テーブルの回転方向に伸びており、当該扇板36A、36Bにより当該扇板36A、36Bの下方側に潜り込む N_2 ガスの流量を減少させ、扇板36A、36Bの下方での反応ガスの濃度を向上させることができる。また、扇板36A、36Bの前記回転方向への長さを調整することにより、反応ガスの濃度をコントロールするエリアの面積及び隙間Rへガイドする N_2 ガスの量を調整することもできる。

[0037] 分離ガスノズル41、42には、下方側に分離ガスを吐出するための吐出孔40が長さ方向に間隔を置いて穿設されており、この例では各ガスノズルの吐出口の口径は0.5mmであり、各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。これら分離ガスノズル41、42は、前記第1の処理領域P1と第2の処理領域P2とを分離するための分離領域Dを形成するためのものであり、この分離領域Dにおける真空容器1の天板11には図4、図5及び図6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（または42）の中心軸から凸状部4である扇型の両縁（回転方向上流側の縁及び下流側の縁）までの距離は同じ長さに設定されている。なお、溝部43は、本実施形態では凸状部4を二等分するように形成されているが、例えば当該溝部43から見て凸状部4における回転テーブル2の回転方向上流側が前記回転方向下流側よりも広くなるように形成されていてもよい。

[0038] 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（または第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（または第 2 の天井面）が存在することになり、これらは天板 1 1 の下面を構成する。この凸状部 4 の役割は、回転テーブル 2 との間に第 1 の反応ガス及び第 2 の反応ガスの侵入を阻止してこれら反応ガスの混合を阻止するための狭隘な空間である分離空間を形成することにある。

[0039] 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 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 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 4 4 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 4 4 に隣接する第 2 の天井面 4 5 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 内で混じり合わない状態が確保される場合も意味し、このような作用が得られる限り、分離領域 D の役割である第 1 の処理領域 P 1 の雰囲気と第 2 の処理領域 P 2 の雰囲気との分離作用が発揮できる。

[0040] 従って狭隘な空間における狭隘の程度は、狭隘な空間（即ち、凸状部 4 の下方空間）と当該空間に隣接した領域（即ち、この例では第 2 の天井面 4 5 の下方空間）との圧力差が「ガスが侵入できなくなる」作用を確保できる程度の大きさになるように設定され、その具体的な寸法は凸状部 4 の面積などにより異なるといえる。また、ウエハに吸着したガスについては当然に分離領域 D 内を通過することができ、ガスの侵入阻止は、気相中のガスを意味している。分離ガスとしては N_2 ガスに限られず、成膜処理に影響を与えないガスであれば、ガスの種類に関しては特に限定されるものではない。

[0041] 一方、天板 1 1 の下面には、回転テーブル 2 におけるコア部 2 1 よりも外周側の部位と対向するようにかつ当該コア部 2 1 の外周に沿って突出部 5 が

設けられている。この突出部 5 は凸状部 4 における前記回転中心側の部位と連続して形成されており、その下面が凸状部 4 の下面（天井面 4 4）と同じ高さに形成されている。図 4 及び図 5 は、前記第 2 の天井面 4 5 よりも低くかつ分離ガスノズル 4 1、4 2 よりも高い位置にて天板 1 1 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。

[0042] この例では直径 300 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 140 mm 離れた突出部 5 との境界部位においては、周方向の長さ（即ち、回転テーブル 2 と同心円の円弧の長さ）が例えば 146 mm であり、ウエハの載置領域（即ち、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 502 mm である。なお当該外側部位において分離ガスノズル 4 1（または 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 は 246 mm である。

図 6 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_1 は、例えば 0.5 mm ~ 4 mm であり、分離ガスノズル 4 1（または 4 2）の下端から回転テーブル 2 の表面までの高さ h_2 は 0.5 mm ~ 4 mm である。

[0043] 図 3 及び図 9 では、高い第 2 の天井面 4 5、低い第 1 の天井面 4 4 が設けられている領域についての夫々の縦断面を示している。扇型の凸状部 4 の周縁部（即ち、真空容器 1 の外縁側の部位）は図 4 及び図 9 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。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、及び屈曲部 4 6 の外周面と容器本体 1 2 との隙間は、回転テーブル 2 の表面に対する天井面 4 4 の高さ h_1 と同様の寸法に設定されている。

[0044] 容器本体 1 2 の内周壁は、分離領域 D においては図 8 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 3 に示すように例えば回転テーブル 2 の外端面と対向する部位から底面部 14 に亘って縦断面形状が矩形に切り欠かれて外方側に窪んだ構造になっている。この窪んだ部分を排気領域 6 と呼ぶことにすると、この排気領域 6 の底部には図 3 及び図 5 に示すように例えば 2 つの排気口 61, 62 が設けられている。これら排気口 61, 62 は各々排気管 63 を介して真空排気手段である例えば共通の真空ポンプ 64 に接続されている。なお、図 3 中、65 は圧力調整手段であり、排気口 61, 62 ごとに設けてもよいし、共通化されていてもよい。このような構造により、回転テーブル 2 の外側に向かう排気流を形成して、真空容器 1 に供給されたガスを排気することができる。

[0045] ところで、このように回転テーブル 2 の外側領域に排気口 61, 62 を設けてガスを排気する場合、排気口 61, 62 としては下方に開口することに限られず、上方や側方に開口するような構成であってもよい。また、回転テーブル 2 の周端よりも内側領域に排気口を設ける場合も上方や側方に開口するように排気口を設けてもよいが、パーティクルの発生を抑えることを考慮すると、下方へ開口していることが好ましい。また、通常真空容器 1 は、例えばメンテナンスなどを容易に行うために、床から離れた上方位置に設けられる。従って、下方へ向けて排気口 61, 62 が開口すると、排気管 63 も下方へ引き出すことができ、床と真空容器 1 との間におけるスペースに当該配管 63 を引き回すことができるので、成膜装置の設置スペースを抑えることができる。

[0046] さらに、排気口 61（または 62）あるいは排気口に相当する真空容器 1 内のガスをより多く排気する部位は、反応ガスノズル 31（または 32）よりも回転テーブル 2 の回転方向の下流側に位置し、さらにその位置は反応ガスノズル 31（または 32）が含まれる拡散領域 48（または 49）内あるいは当該拡散領域 48（または 49）の外周側であることが望ましい。このような配置によって、反応ガスが回転方向に対して逆流したり、回転テーブル 2 の外周側に向かわずに内周側に向かうことが抑えられる。また、扇板 3

6 A, 3 6 Bの整流作用により、分離ガスは隙間Rを通してスムーズに排気口6 1, 6 2に流れ込む。排気口6 1, 6 2は夫々排気領域6の中に設けられている。更に、排気領域6は、第1及び第2の拡散領域4 8, 4 9における回転テーブル2の径方向外側に配置されているが、分離領域Dにおける回転テーブル2の径方向外側には設けられていない。従って、このような扇板3 6 A, 3 6 Bの整流作用及び排気口6 1, 6 2の配置により、各ガスノズルから供給された各ガスは、スムーズに排気口6 1, 6 2へと流れ込み、回転テーブル2上の拡散領域4 8, 4 9で第1及び第2の反応ガスが分離される流れが形成されている。

[0047] 排気口6 1, 6 2は、分離領域Dの分離作用が確実に働くように、平面で見たときに前記分離領域Dの前記回転方向両側に設けられ、各反応ガス（BTBASガス及び O_3 ガス）の排気を専用に行うようにしている。排気口6 1は第1の反応ガスノズル3 1とこの反応ガスノズル3 1に対して前記回転方向下流側に隣接する分離領域Dとの間に設けられ、排気口6 2は、第2の反応ガスノズル3 2とこの反応ガスノズル3 2に対して前記回転方向下流側に隣接する分離領域Dとの間に設けられている。また、例えば排気口6 1は第1の反応ガスノズル3 1とこの反応ガスノズル3 1に対して前記回転方向上流側に隣接する分離領域Dとの間に設けられていてもよく、排気口6 2は、第2の反応ガスノズル3 2とこの反応ガスノズル3 2に対して前記回転方向上流側に隣接する分離領域Dとの間に設けられていてもよい。

[0048] 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3及び図10に示すようにヒータユニット7が設けられ、回転テーブル2上のウエハをプロセスレシピで決められた温度に加熱する。図10中、7 1はその上縁が外側に屈曲されてフランジ形状に形成されたカバー部材であり、その内側に外方からガスが侵入することを抑えている。ヒータユニット7が配置されている空間よりも回転中心寄りの部位における底面部1 4は、回転テーブル2の下面の中心部付近、コア部2 1に接近してその間は狭い空間になっており、また当該底面部1 4を貫通する回転軸2 2の貫通穴についてもその

内周面と回転軸 22 との隙間が狭くなっており、パージガス供給管 72 から
のパージガスである N_2 ガスによりパージされる。また図 10 中、73 はヒー
タユニット 7 の配置空間をパージするためのパージガス供給管である。

[0049] 図 11 ではパージガスの流れを矢印で示しており、ケース体 20 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 71 との間の隙間から排気領域 6 を
介して排気口 61, 62 に排気される。これによって既述の第 1 の処理領域
P1 と第 2 の処理領域 P2 との一方から回転テーブル 2 の下方を介して他方
に BTBAS ガスあるいは O_3 ガスが回り込むことが防止されるため、このパ
ージガスは分離ガスの役割も果たしている。

[0050] また真空容器 1 の天板 11 の中心部には分離ガス供給管 51 が接続されて
いて、天板 11 とコア部 21 との間の空間 52 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 52 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 11 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 を備えているということ
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。

[0051] 更に真空容器 1 の側壁には図 4、図 5 及び図 12 に示すように外部の搬送
アーム 10 と回転テーブル 2 との間でウエハの受け渡しを行うための搬送口
15 が形成されており、搬送口 15 は図示しないゲートバルブにより開閉さ
れる。

- [0052] またこの実施の形態の成膜装置は、装置全体の動作のコントロールを行うためのコンピュータからなる制御部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まれており、ハードディスク、コンパクトディスク、光磁気ディスク、メモリカード、フレキシブルディスクなどの記憶媒体から制御部100内にインストールされる。
- [0053] 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10により搬送口15を介してウエハを回転テーブル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図12に示すように凹部24の底面の貫通孔を介して真空容器の底部側から昇降ピン16が昇降することにより行われる。このようなウエハWの受け渡しを回転テーブル2を間欠的に回転させて行い、回転テーブル2の5つの凹部24内に夫々ウエハWを載置する。
- [0054] 続いて真空ポンプ64により真空容器1内を予め設定した圧力に真空引きすると共に、回転テーブル2を時計回りに回転させながらヒータユニット7によりウエハWを加熱する。詳しくは、回転テーブル2はヒータユニット7により予め例えば300℃に加熱されており、ウエハWがこの回転テーブル2に載置されることで加熱される。ウエハWの温度が図示しない温度センサにより設定温度になったことを確認した後、第1の反応ガスノズル31及び第2の反応ガスノズル32から夫々BTBASガス及びO₃ガスを吐出させると共に、分離ガスノズル41、42から分離ガスであるN₂ガスを吐出する。また、このとき分離ガス供給管51からも分離ガスであるN₂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N₂ガスが吐出される。
- [0055] ところで、本実施の形態のように排気口61、62を配置することにより、分離ガスノズル41、42から供給されたN₂ガスが、夫々反応ガスノズル31、32が配置された領域を通過して、排気口61、62に流れ込む。こ

のような N_2 ガスの気流が形成されると、発明が解決しようとする課題の欄で説明したように前記 N_2 ガスの気流が反応ガスノズル31, 32の下方に流れ込んでしまう。この問題について、発明者らは鋭意研究し、本実施の形態ではその下方への流れ込みを抑えるためにガスノズル31, 32へ扇板36A, 36Bを取り付けている。

[0056] 分離ガスノズル41, 42から下方側に吐出された N_2 ガスは、回転テーブル2の表面（ウエハWの表面及びウエハWの非載置領域の表面の両方）に当たってその表面に沿って回転方向上流側、下流側に向かう。また、各反応ガスノズル31, 32から夫々下方側に吐出されたBTBASガス、 O_3 ガスは前記回転テーブル2の表面に当たって、前記分離ガスの流れに乗って回転方向下流側に向かう。

[0057] この例では反応ガスノズル31, 32が配置されている第2の天井面45の下方側の空間に沿った容器本体12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61, 62が位置しているので、第1の天井面44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45の下方側の空間の圧力の方が低くなる。

[0058] 図13は各部位から吐出された回転テーブル2上のガスの流れの状態を模式的に示したものであり、図14は回転テーブル2の周方向に沿って装置を縦断し、紙面に展開した展開図である。なお、この成膜装置では処理領域P1, P2及び分離領域Dよりも外方領域に外方領域に排気口61, 62が設けられているが、図14では各ガスの流れを示すために便宜上処理領域P1, P2及び分離領域Dと排気口61, 62とを同一平面に示している。ただし、図14では便宜上、図7(a)と同様に拡散領域48, 49の第2の天井面45の高さを同じ高さに構成した装置について示している。図6のように各第2の天井面45の高さ位置が夫々異なる場合もこの図14と同様に各ガスが流れる。

[0059] 図13及び図14を参照しながら回転テーブル2上における各ガスの流れ

を説明すると、分離ガスノズル 4 1 から吐出されて回転方向下流側に流れた N_2 ガスは、分離領域 D から第 2 の天井面 4 5 の下方へと流れ、そして、第 1 の反応ガスノズル 3 1 の下流側に設けられた排気口 6 1 により排気が行われていることから、その天井面 4 5 の下方を下流側の第 1 の反応ガスノズル 3 1 へ向かって流れる。

[0060] 図 1 5 (a) にはその N_2 ガスの第 1 の反応ガスノズル 3 1 周辺における流れを実線の矢印で示している。反応ガスノズル 3 1 の下方の第 1 の処理領域 P 1 には B T B A S ガスが吐出されており、点線の矢印でその流れを示している。吐出された B T B A S ガスは扇板 3 6 A, 3 6 B により、扇板 3 6 A, 3 6 B の下方から上方への舞い上がりが規制されているため、扇板 3 6 A, 3 6 B の下方領域は、扇板 3 6 A, 3 6 B の上方領域に比べて圧力が高くなっている。回転方向の上流側から反応ガスノズル 3 1 に向かう N_2 ガスについては、このような圧力差及び回転方向の上流側に突出した扇板 3 6 A により、その流れが規制されるため、前記処理領域 P 1 への潜り込みが防がれて下流側へと向かう。そして、前記 N_2 ガスは、ノズルカバー 3 4 と天井面 4 5 との間に設けられた隙間 R を通って前記回転方向を第 1 の反応ガスノズル 3 1 の下流側へと向かう。つまり、反応ガスノズル 3 1 の上流側から下流側へ向かう N_2 ガスについて、その多くを反応ガスノズル 3 1 の下方側を迂回して隙間 R にガイドすることができるような位置に前記扇板 3 6 A は配置されており、従って第 1 の処理領域 P 1 に流れこむ N_2 ガスの量が抑えられる。

[0061] また、考えられる構成と共に上述したように、第 1 の処理領域 P 1 に流れ込んだ N_2 ガスは、ガスを受ける反応ガスノズル 3 1 の上流側（正面側）に比べて下流側（背面側）の圧力が低くなっていることから、この反応ガスノズル 3 1 の下流側の位置へ向けて上昇しようとし、それに伴って反応ガスノズル 3 1 から吐出されて回転方向下流側に向かう B T B A S ガスも回転テーブル 2 から舞い上がろうとする。しかし、図 1 5 (a) に示すように、回転方向下流側に設けられた扇板 3 6 B によってこれら B T B A S ガス及び N_2 ガスは、その舞い上がりが制限されて防がれ、当該扇板 3 6 B と回転テーブル 2

との間を下流側へと向かい、そして処理領域 P 1 の下流側で上記した反応ガスノズル 3 1 の上側の隙間 R を通過して下流側へ流れた N_2 ガスと合流する。

[0062] そして、これら BTBAS ガス及び分離ガスノズル 4 1 から供給された N_2 ガスは、処理領域 P 1 の下流側に位置する分離ガスノズル 4 2 から上流側に向かった N_2 ガスに押されて、当該分離ガスノズル 4 2 が設けられた凸状部 4 の下方側に侵入することが防がれて、この分離ガスノズル 4 2 からの N_2 ガスと、中心部領域 C から吐出されている N_2 ガスと共に排気領域 6 を介して排気口 6 1 から排気される。

[0063] また、分離ガスノズル 4 2 から吐出されて回転方向下流側に流れた N_2 ガスは、分離領域 D から第 2 の天井面 4 5 の下方へと流れ、第 2 の反応ガスノズル 3 2 の下流側に設けられた排気口 6 2 により排気が行われていることから、その天井面 4 5 の下方を第 2 の反応ガスノズル 3 2 へ向かって流れる。反応ガスノズル 3 2 の下方の第 2 の処理領域 P 2 には O_3 ガスが吐出されており、図 1 5 (b) では点線の矢印でその流れを示している。吐出された O_3 ガスは扇板 3 6 A, 3 6 B により、扇板 3 6 A, 3 6 B の下方から上方への舞い上がりが規制されているため、扇板 3 6 A, 3 6 B の下方領域は、扇板 3 6 A, 3 6 B の上方領域に比べて圧力が高くなっている。そして、回転方向の上流側から反応ガスノズル 3 2 に向かう前記 N_2 ガスについては、このような圧力差及び回転方向の上流側に突出した扇板 3 6 A によりその流れが規制される。そのため、前記 N_2 ガスが反応ガスノズル 3 2 の下方の処理領域 P 2 に潜り込むことが防がれて、ノズルカバー 3 4 上を下流側へと向かい、ノズルカバー 3 4 と天井面 4 5 との間に設けられた隙間 R を通って処理領域 P 2 の下流側へと流れる。つまり、反応ガスノズル 3 2 の上流側から下流側へ向かう N_2 ガスについて、その多くを反応ガスノズル 3 2 の下方側を迂回して隙間 R にガイドすることができるような位置に前記扇板 3 6 A は配置されており、従って第 2 の処理領域 P 2 に流れ込む N_2 ガスの量が抑えられる。

[0064] また、第 2 の処理領域 P 2 に流れ込んだ N_2 ガスは、その N_2 ガス流を受ける反応ガスノズル 3 2 の上流側（正面側）に比べて下流側（背面側）の圧力

が低くなっていることから、この反応ガスノズル 3 2 の下流側の位置へ向けて上昇しようとし、それに伴って反応ガスノズル 3 2 から吐出されて回転方向下流側に向かう O_3 ガスもその位置へと舞い上がろうとする。しかし、図 15 (b) に示すように、回転方向下流側に設けられた扇板 3 6 B によってこれら O_3 ガス及び N_2 ガスは、その舞い上がりが制限されて防がれ、当該扇板 3 6 B と回転テーブル 2 との間を下流側へと向かい、処理領域 P 2 の下流側で上記した反応ガスノズル 3 2 の上側の隙間 R を通過して下流側へ流れた N_2 ガスと合流する。

[0065] そして、これら O_3 ガス及び分離ガスノズル 4 2 から供給された N_2 ガスは、処理領域 P 2 の下流側に位置する分離ガスノズル 4 1 から上流側に向かった N_2 ガスに押されて、当該分離ガスノズル 4 1 が設けられた凸状部 4 の下方側への侵入が防がれ、この分離ガスノズル 4 1 からの N_2 ガスと、中心部領域 C から吐出されている N_2 ガスと共に排気領域 6 を介して排気口 6 2 から排気される。

[0066] ウエハ W は回転テーブル 2 の回転により、第 1 の反応ガスノズル 3 1 が設けられる第 1 の処理領域 P 1 と第 2 の反応ガスノズル 3 2 が設けられる第 2 の処理領域 P 2 とを交互に通過するため、B T B A S ガスが吸着し、次いで O_3 ガスが吸着して B T B A S 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。

[0067] この成膜装置では、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、B T B A S ガス及び O_3 ガスは扇型の凸状部 4 の下方側にほとんど流入できないかあるいは少し流入したとしても分離ガスノズル 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、下流側に押し戻されて、既述のように排気される。また、各分離領域 D においては、雰囲気中を流れる反応ガスである 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44の下方を通過し、成膜に寄与することになる。

[0068] こうして成膜処理が終了すると、各ウエハは搬入動作と逆の動作により順次搬送アーム10により搬出される。ここで処理パラメータの一例について記載しておく、回転テーブル2の回転数は、300mm径のウエハWを被処理基板とする場合例えば1rpm~500rpm、プロセス圧力は例えば1067Pa（8Torr）、ウエハWの加熱温度は例えば350℃、BTBASガス及びO₃ガスの流量は例えば夫々100sccm及び10000sccm、分離ガスノズル41、42からのN₂ガスの流量は例えば20000sccm、真空容器1の中心部の分離ガス供給管51からのN₂ガスの流量は例えば5000sccmである。また1枚のウエハに対する反応ガス供給のサイクル数、即ちウエハが処理領域P1、P2の各々を通過する回数は目標膜厚に応じて変わるが、多数回例えば6000回である。以上のようなガスの流量の比率から言えることは、第1の処理領域P1及び第2の処理領域P2におけるガスの流れは分離領域Dから供給されるN₂ガスにより大きく影響を受ける。従って、N₂ガスの第1の処理領域P1及び第2の処理領域P2への流入を抑えることが重要であり、そのために既述のように扇板36A、36Bを設けることが有効である。

[0069] 上述の実施の形態によれば、ウエハWが載置された回転テーブル2上に設けられた第1の反応ガスノズル31の上方に分離領域Dから回転テーブル2の回転方向の上流側から下流側に向かうN₂ガスの通流路をなす隙間Rが設けられると共に第1の反応ガスノズル31には前記回転方向の上流側に突出した扇板36Aを備えたノズルカバー34が設けられている。この扇板36Aにより分離ガスノズル41が設けられた分離領域Dから、第1の処理領域P1側に向かって流れるN₂ガスについては、その多くが前記隙間Rを介して当該第1の処理領域P1の下流側へと流れて排気口61に流入するので、第1の処理領域P1に流入することが抑えられる。従って、第1の処理領域P1

におけるBTBASガスの濃度が低下することが抑えられ、回転テーブル2の回転数を上昇させた場合でもBTBASガスの分子を確実にウエハWに吸着させて、正常に成膜を行うことができる。従ってウエハWへの成膜速度が向上するので、スループットを向上させることができる。また、ウエハWに均一性高く成膜することができる。さらに、膜質が向上する、つまり所望の性質の膜を得ることができる。

[0070] また、前記ノズルカバー34には、回転方向の下流側に突出するように扇板36Bが設けられている。この扇板36Bにより上流側の分離領域Dから第1の処理領域P1に流れた N_2 ガスが、その処理領域P1から当該反応ガスノズル31から吐出されたBTBASガスを伴って回転テーブル2から第1の反応ガスノズル31の回転方向下流側にて第1の反応ガスノズル31の背面へと上昇することが抑えられる。従って、処理領域P1においてBTBASガスの濃度の低下が抑えられると共にBTBASガスのウエハWとの接触時間が低下することが抑えられるので、回転テーブル2の回転数を上昇させた場合でもBTBASガスの分子を確実にウエハWに吸着させて、正常に成膜を行うことができる。結果として、スループットを向上させることができる。また、ウエハWに均一性高く成膜することができ、膜質を向上させることができる。

[0071] また、上述実施の形態によれば、第2の反応ガスノズル32の上方にも第1の反応ガスノズルと同様に回転テーブル2の回転方向の上流側から下流側に向かう N_2 ガスの通流路をなす隙間Rが設けられると共に、この第2の反応ガスノズル32には前記回転方向の上流側に突出した扇板36Aを備えたノズルカバー34が設けられている。この扇板36Aにより分離ガスノズル41が設けられた分離領域Dから、第2の処理領域P2側に向かって流れる N_2 ガスについては、その多くが前記隙間Rを介して当該第2の処理領域P2の下流側へと流れて排気口62に流入するので、第2の処理領域P2に流入することが抑えられる。従って第2の処理領域P2にその N_2 ガスが流入することが抑えられ、第2の処理領域P2の O_3 ガス濃度が低下することが抑えられ

る。従って、回転テーブル2の回転数が高い場合にもBTBASの酸化を十分行うことができ、不純物の少ない膜を形成することができるので、成膜速度を高めることができる。結果としてスループットを向上させることができる。また、ウエハWに均一性高く成膜することができ、膜質を向上させることができる。

[0072] また、第2の反応ガスノズル32にも第1の反応ガスノズル31と同様に回転方向の下流側に向かって突出した扇板36Bが設けられており、分離領域Dから、第2の処理領域P2に流れた N_2 ガスが、その処理領域P2から当該反応ガスノズル32から吐出された O_3 ガスを伴って回転テーブル2から第2の反応ガスノズル32の回転方向下流側へ上昇することが抑えられるので、処理領域P2において O_3 ガスの濃度が低下することが抑えられると共に当該 O_3 ガスとウエハWとの接触時間が低下することが抑えられる。このことから回転テーブル2の回転数が高い場合にもBTBASの酸化を十分行うことができ、不純物の少ない膜を形成することができるので、成膜速度を高めることができる。結果としてスループットを向上させることができる。また、ウエハWに均一性高く成膜することができ、膜質を向上させることができる。

[0073] なお、ガスノズル31、32の上下に圧力差を形成し、この圧力差によってガスノズル31、32と回転テーブルとの間に分離ガスである N_2 ガスの流入を抑えるためには、ガスノズル31、32から夫々回転方向の上流側のみに扇板36Aを突出させる構成であってもよい。しかし、回転方向下流側にも扇板36Bを突出させることで、より確実に前記圧力差を形成できるので、上記の効果が確実に得られる。また、反応ガスの舞い上げを制限して防ぐためには、ガスノズル31、32から夫々回転方向の下流側のみに扇板36Bを突出させる構成であってもよい。しかし、上流側にも扇板36Aを突出させることで、例えば反応ガスが回転テーブル2に衝突した勢いで、一旦ガスノズル31、32の上流側に流れてから下流側に向かう場合、この上流側に流れたガスが、分離ガスにより舞い上がることを当該扇板36Aで制限し

て防ぐことができる。従って、このように両方向に扇板 36 A, 36 B を設けることで、より確実に反応ガスの舞い上げを制限して防ぐことができる。

[0074] また、上記の例では、回転テーブル 2 の回転方向の上流側から反応ガスノズル 3 1, 3 2 に分離ガスが流れているが、分離ガスノズル 4 1, 4 2、反応ガスノズル 3 1, 3 2 及び排気口 6 1, 6 2 の各配置や、各ガスノズルから吐出されるガスの圧力によっては、前記分離ガスは、回転方向の上流側及び下流側の両方向から反応ガスノズル 3 1, 3 2 に向かう場合もある。そのように分離ガスが回転方向の下流側からも反応ガスノズル 3 1, 3 2 に向かう場合、前記下流側に突出した扇板 36 B が、その上下に圧力差を形成すると共に前記下流側から当該反応ガスノズル 3 1, 3 2 に向かう分離ガスを隙間 R にガイドする。つまり、扇板 36 B は、回転方向の下流側から反応ガスノズル 3 1, 3 2 に流れる分離ガスに対して、回転方向の上流側から流れる分離ガスに対する扇板 36 A の役割と同様の役割を果たす。また、同様に分離ガスが回転方向の下流側からも反応ガスノズル 3 1, 3 2 に向かう場合、前記分離ガスによる反応ガスノズル 3 1, 3 2 の回転方向上流側への反応ガスの舞い上げを、前記上流側に突出した扇板 36 A により制限して防ぐことができる。つまり、扇板 36 A は、回転方向の下流側から流れる分離ガスに対して、回転方向の上流側から流れる分離ガスに対する扇板 36 B の役割と同様の役割を果たす。また、扇板は、回転方向の下流側のみに設けられていてもよい。扇板を下流側のみに設けた場合、下流側から反応ガスノズル 3 1, 3 2 に向かう分離ガスを隙間 R へガイドし、処理領域 P 1, P 2 の反応ガスの濃度の低下を防ぐことができる。

[0075] 本実施の形態で使用し得る処理ガスとしては、上述の例の他に、DCS [ジクロロシラン]、HCD [ヘキサクロロジシラン]、TMA [トリメチルアルミニウム]、3DMAS [トリスジメチルアミノシラン]、TEMAZ [テトラキスエチルメチルアミノジルコニウム]、TEMHF [テトラキスエチルメチルアミノハフニウム]、Sr (THD)₂ [ストロンチウムビステトラメチルヘプタンジオナト]、Ti (MPD) (THD)₂ [チタニウムメチルペンタンジオ

ナトビステトラメチルヘプタンジオナト]、モノアミノシランなどを挙げることができる。

[0076] また前記分離領域Dの天井面44において、前記分離ガスノズル41、42に対して回転テーブル2の回転方向の上流側部位は、外縁に位置する部位ほど前記回転方向の幅が大きいことが好ましい。その理由は回転テーブル2の回転によって上流側から分離領域Dに向かうガスの流れが外縁に寄るほど速いためである。この観点からすれば、上述のように凸状部4を扇型に構成することは得策である。

[0077] そして前記分離ガス供給ノズル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16（a）、図16（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。

[0078] 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。

[0079] 更にまた回転テーブル2の回転数が高い程、凸状部4の上流側から当該凸状部4の下方側に反応ガスが侵入しやすくなるので、前記幅寸法Lを50m

m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未満であっても本実施の形態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 $1/10 \sim 1/1$ であることが好ましく、約 $1/6$ 以上であることがより好ましい。

[0080] ところで、図17(a)、図17(b)に示すように反応ガスノズル31、32には、基部34を設けず、扇板のみを設けてもよい。図17(a)は、その下端から回転方向の上流側、下流側に夫々突出するように扇板36A、36Bと同様に構成された扇板37A、37Bが設けられた反応ガスノズル31(または32)の斜視図であり、図17(b)はその反応ガスノズル31(または32)の縦断面図である。また、回転テーブル2の回転中心から回転テーブル2の外縁に向かうほど、回転テーブル2の移動距離が大きくなり、当該回転テーブル2上におけるガスの流れが速くなる。従って既述のように反応ガスノズル31、32に設けられる整流板としては各ガスの流れを確実に規制するために、前記回転テーブル2の回転中心から離れるほど、回転方向上流側、下流側へ大きく突出することが好ましいので、整流板としては36A、36B、37A、37Bのようにその平面形状が扇になるように形成することが好ましい。

[0081] また、整流板の突出する方向としては、上記の各例のように水平方向に限られない。例えば、図17(c)に示すように反応ガスノズル31から夫々斜め下方に向けて突出するように前記扇板37A、37Bを設けてもよい。

[0082] 回転テーブル2の回転速度が大きい場合には回転テーブル2上におけるガスの流れが速くなるので、上記の理由から整流板は扇形状にすることが好ましい。しかし整流板としては、処理領域においてガス濃度が薄くなる部位をカバーすることができればよく、従ってそのガス濃度に応じて自由にその形状を変更することができる。図18(a)は図17(a)に示した上記の扇板37A、37Bを取り付けたガスノズル31の上面側を示し、図18(b)～図18(d)は扇板37A、37Bの代わりに当該扇板37A、37B

とは異なる形状の整流板 301A～304A, 301B～304B を取り付けけたガスノズル 31 の上面側を示している。これら図 18 (b)～図 18 (d) に示すように、整流板は扇形状に限られない。なお、整流板は、反応ガスノズルと一体化して、整流機能を有すものでもよい。また、整流板は、反応ガスノズルと離間して別体で形成してもよい。

[0083] 続いて上記の成膜装置に設けられる反応ガスノズルの他の例について図 19～図 20 (b) を用いて説明する。反応ガスノズル 3 は、細長い角筒状のノズル本体 321 と、このノズル本体 321 の側面に設けられた案内板 325 とを備えている。そして、ノズル本体 321 と案内板 325 とを挟むように、これらノズル本体 321 及び案内板 325 の下端に既述の扇板 37A, 37B が設けられている。ノズル本体 321 の内部は空洞となっていて、ノズル本体 321 の基端部に設けられたガス導入管 327 から供給される反応ガスを通流させるための通流空間 322 を構成している。

[0084] 図 19 及び図 20 (a) に示すように、ノズル本体 321 の管壁である側壁部の一方側、例えば回転テーブル 2 の回転方向から見て上流側の側壁部には、例えば口径 0.5 mm の反応ガス流出孔 323 がノズル本体 321 の長さ方向に沿って例えば 5 mm の間隔をおいて複数個配列されている。また、この側壁部には、隙間調節部材 324 を介して当該側壁部に平行するように案内板 325 が固定されている。図 20 (a) は案内板 325 を取り外した状態における反応ガスノズル 3 の側面図である。図 20 (a) に示すように隙間調節部材 324 は、厚さの等しい複数の板材から構成され、ノズル本体 321 の側壁部の反応ガス流出孔 323 が配列されている領域を取り囲むように、例えば当該領域の上側と左右とに配置される。

[0085] これらの構成により、前記側壁部の外面、隙間調節部材 324、並びに案内板 325 で囲まれる空間は、反応ガス流出孔 323 から吐出されたガスが通流する扁平な帯状のガス通流空間 326 となる。ここで反応ガス流出孔 323 の配列されている領域の下方側には隙間調節部材 324 が配置されていないことから、当該ガス通流空間 326 には、図 20 (b) の底面図に示す

ようにスリット状のガス吐出口 3 2 8 が形成され、反応ガスノズル 3 はこのガス吐出口 3 2 8 を回転テーブル 2 に向けた状態で反応ガスノズル 3 1, 3 2 と同様に回転テーブル 2 の半径上に配置される。また、隙間調節部材 3 2 4 の厚さは例えば 0.3 mm であり、従って反応ガス流出孔 3 2 3 の出口である吐出口 3 2 8 から案内板 3 2 5 までのガス通流空間 3 2 6 の幅も 0.3 mm となっている。

[0086] そして、反応ガスノズル 3 からガスを吐出させるにあたっては、前記反応ガス流出孔 3 2 3 より吐出された反応ガスを、当該反応ガス流出孔 3 2 3 に対向する位置に設けられた案内板 3 2 5 に衝突させてから真空容器 1 内に供給することにより、案内板 3 2 5 との間に形成されているガス通流空間 3 2 6 の広がる方向、即ちノズル本体 3 2 1 の伸びる方向に反応ガスの流れを分散させることができる。この結果、各反応ガス吐出口から吐出されたガスを回転テーブル 2 上に載置されたウエハ W に直接吹き付ける場合に比べて反応ガス吐出口の配置位置に応じて膜厚が異なる波打ち現象の発生を抑制し、ウエハ W 面内においてより厚さの均一な膜を成膜することができるため好ましい。

[0087] さらに他の反応ガスノズルの構成例について示す。図 2 1 (a)、図 2 1 (b) に示す反応ガスノズル 3 A は、ノズル本体 3 2 1 を円筒状の部材にて構成した点と、案内板 3 2 5 を部分円筒状の部材にて構成した点とが、前記反応ガスノズル 3 と異なっている。この反応ガスノズル 3 において、円筒状のノズル本体 3 2 1 の側壁面には、例えば口径 0.5 mm の反応ガス流出孔 3 2 3 がノズル本体 3 2 1 の長さ方向に沿って例えば 10 mm の間隔をおいて複数個配列されている。また案内板 3 2 5 は、例えばノズル本体 3 2 1 よりも直径の大きな円筒を径方向に切り取って得られた、縦断側面が円弧状の部分円筒の長さ方向に伸びる一端を、ノズル本体 3 2 1 の上端に固定した構成となっている。そして、ノズル 3 と同様にノズル本体 3 2 1 と案内板 3 2 5 とを挟むように扇板 3 7 A, 3 7 B が設けられている。

[0088] 反応ガス吐出孔 3 2 3 の設けられているノズル本体 3 2 1 の外壁面と案内

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

[0089] ここで処理領域 P 1, P 2 及び分離領域 D の各レイアウトについて上記の実施の形態以外の他の例を挙げておく。図 2 2 は第 2 の反応ガスノズル 3 2 を搬送口 1 5 よりも回転テーブル 2 の回転方向下流側に位置させた例であり、このようなレイアウトであっても同様の効果が得られる。また分離領域 D は、扇型の凸状部 4 を周方向に 2 つに分割し、その間に分離ガスノズル 4 1 (または 4 2) を設ける構成であってもよいことを既に述べたが、図 2 3 は、このような構成の一例を示す平面図である。この場合、扇型の凸状部 4 と分離ガスノズル 4 1 (または 4 2) との距離や扇型の凸状部 4 の大きさなどは、分離ガスの吐出流量や反応ガスの吐出流量などを考慮して分離領域 D が有効な分離作用が発揮できるように設定される。なお、反応ガスノズルが含まれる処理領域は 3 つ以上設けてもよく、第 1、第 2 の反応ガスノズル 3 1, 3 2 以外の各反応ガスノズルに既述の整流板を設けることができる。例えば 3 種類以上の反応ガスを順番に基板上に供給する場合には、第 1 の反応ガスノズル、分離ガスノズル、第 2 の反応ガスノズル、分離ガスノズル、第 3 の反応ガスノズル及び分離ガスノズルの順番で真空容器 1 の周方向に各ガスノズルを配置し、各分離ガスノズルを含む分離領域を既述の実施の形態のように構成すればよい。そして第 1 ~ 第 3 の各反応ガスノズルに既述の整流板を設けることができる。

[0090] 以上の実施の形態では、回転テーブル 2 の回転軸 2 2 が真空容器 1 の中心部に位置し、回転テーブル 2 の中心部と真空容器 1 の上面部との間の空間に分離ガスをパージしているが、本発明は図 2 3 に示すような構成に適用して

もよい。図 2 4 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收容空間 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 の中心部において收容空間 8 0 の底部と真空容器 1 の前記凹部 8 0 a の上面との間に支柱 8 1 を介在させて、第 1 の反応ガスノズル 3 1 からの B T B A S ガスと第 2 の反応ガスノズル 3 2 からの O_3 ガスとが前記中心部を介して混ざり合うことを防止している。

[0091] 回転テーブル 2 を回転させる機構については、支柱 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。そして前記收容空間 8 0 にモータ 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。また前記收容空間 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 2 4 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 O_3 ガスとが混じり合わないようにするために、開口部（即ち、パージガス供給口）の配列数を設計することが好ましい。

[0092] 図 2 4 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。

[0093] 以上述べた成膜装置を用いた基板処理装置について図 2 5 に示しておく。図 2 5 中、1 0 1 は例えば 2 5 枚のウエハを収納するフープと呼ばれる密閉型の搬送容器、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

、 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（または予備真空室）、106 は、2 基の搬送アーム 107 a、107 b が配置された真空搬送室、108、109 は本実施の形態における成膜装置である。搬送容器 101 は図示しない載置台を備えた搬入搬出ポートに外部から搬送され、大気搬送室 102 に接続された後、図示しない開閉機構により蓋が開けられて搬送アーム 103 により当該搬送容器 101 内からウエハが取り出される。次いでロードロック室 104（または 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 a、107 b によりウエハが取り出されて成膜装置 108、109 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 枚処理用の本実施の形態における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（または MLD）を高いスループットで実施することができる。

[0094] （評価試験 1）

本実施の形態の効果を確認するためにコンピュータによるシミュレーションを行った。まず、回転テーブル 2 と、その回転テーブル 2 上に上記の実施形態と同様に設けられた反応ガスノズル 31 とをシミュレーションで設定した。この反応ガスノズル 31 については、図 17（a）、図 17（b）で説明したその下端に扇板 37 A、37 B を設けたものと、扇板 37 A、37 B を設けていないものとを夫々設定した。そして、回転テーブル 2 の回転数を 120 rpm に設定して、反応ガスノズル 31 から反応ガスを吐出したときのその回転テーブル 2 上における反応ガスの濃度分布を、扇板 37 A、37 B を設けた場合、扇板 37 A、37 B を設けていない場合夫々について調べた。この扇板 37 A、37 B としては図 26（a）に示すように回転方向上流側、下流側に夫々突出した外形線の延長線のなす角 θ_1 が 10° となるように設定した。また、反応ガス濃度の測定領域としては、図 26（b）に点線を付した領域 U1、U2、U3 として示すように、回転テーブル 2 の中心点 P から周縁に向かって夫々 160 mm、310 mm、460 mm 離れ、回転方向に沿った領域とした。また領域 U1、U2、U3 は、図中鎖線で示す

反応ガスノズル 31 の長さ方向を 0° とした場合に、回転方向上流側、下流側に夫々前記点 P を中心に 30° 以下の範囲でずれた領域である。

[0095] 図 27 (a)、図 27 (b)、図 27 (c) のグラフに領域 U1, U2, U3 についての夫々の測定結果を示している。各グラフの縦軸は測定位置における反応ガスのガス濃度 (%) を、各グラフの横軸は測定位置を夫々示している。横軸について具体的に説明すると、図 26 (b) に鎖線で示した反応ガスノズル 31 の長さ方向 0° として、点 P と測定位置とを結ぶ線分と前記反応ガスノズル 31 とのなす角度をその横軸の値として表示しており、測定位置が反応ガスノズル 31 に対して回転方向上流側に位置する場合に + の符号を、回転方向下流側に位置する場合に - の符号を夫々付している。また、各グラフ中の鎖線間を結ぶ矢印は、前記各測定領域 U1 ~ U3 において扇板 37A, 37B 及び反応ガスノズル 31 に覆われた範囲を示しており、領域 U1 では $+7.3^\circ \sim -7.3^\circ$ の範囲、領域 U2 では $+6.2^\circ \sim -6.2^\circ$ の範囲、領域 U3 では $+5.8^\circ \sim -5.8^\circ$ の範囲である。そして、実線のグラフは扇板 37A, 37B を設けた場合の測定結果、点線のグラフは扇板 37A, 37B を設けていない場合の結果について示している。

[0096] 各グラフから明らかなように、いずれの測定領域においても反応ガスノズル 3 の回転方向の下流側の領域について、扇板 37A, 37B を設けた場合には扇板 37A, 37B を設けない場合に比べて反応ガスの濃度が上昇している。従ってこの評価試験 1 から本実施の形態の効果が証明された。

[0097] (評価試験 2)

回転テーブル 2 の回転数を 240 rpm に変更した他は評価試験 1 と同様のシミュレーションを行った。図 28 (a)、図 28 (b)、図 28 (c) は夫々領域 U1, U2, U3 におけるガスの濃度分布について、夫々評価試験 1 と同様に示したものである。これらのグラフに示されるように、いずれの測定領域においても反応ガスノズル 31 の回転方向の下流側の領域について、扇板 37A, 37B を設けることで反応ガスの濃度が上昇している。従って、この評価試験 2 の結果から上記のように扇板 37A, 37B を設ける

ことにより、回転テーブル2の回転数が高くなっても有効に処理領域のガス濃度を上昇させることができることが示された。

[0098] (評価試験3)

上記の図3で示す実施形態の成膜装置を用いて成膜処理を行い、図29(a)に鎖線で示すようにウエハWについて回転テーブル2の中心から周縁部側へ向かったその直径方向における膜厚を調べた。また、第1の反応ガスノズル31、第2の反応ガスノズル32について夫々扇板36A、36Bを設けずに、同様に成膜処理を行ってウエハWの直径方向における膜厚を調べた。各測定において回転テーブル2の回転数は240rpm、その温度は350℃に夫々設定した。

[0099] 図29(b)は上記の各測定結果を示したグラフであり、グラフの横軸はウエハWにおける膜厚の測定位置を示しており、回転テーブル2の中心側の端部を0mm、回転テーブル2の周縁側の端部を300mmとして、それらの間の直径方向における位置を示している。縦軸は各測定位置にて測定された膜厚を成膜処理を行ったときの回転テーブル2の回転数で除した値であり、従って1回転あたりにウエハWに形成される膜厚(nm/回数)を示している。そして、グラフ中には実線で扇板36A、36Bを設けた場合の測定結果を、点線で扇板36A、36Bを設けなかった場合の測定結果を夫々示している。このグラフからノズルカバー34を設けることでウエハWの面内の各所で1回転あたりに成膜できる膜厚を大きくすることが分かる。従って回転テーブル2の回転数を上昇させても正常に成膜を行うことができるので、スループットを高くすることができることが分かる。なお、扇板36A、36Bを設けることで、若干膜厚の面内均一性が低下しているが、反応ガスノズル31、32の吐出口33の形状や間隔などを調整することで、その面内均一性の低下は防ぐことができると考えられる。

[0100] (評価試験4)

続いて評価試験1と同様に、回転テーブル2と、その回転テーブル2上に上記の実施形態と同様に設けられた反応ガスノズル31とをシミュレーショ

ンで設定し、この反応ガスノズル31については、図17(a)、図17(b)で説明したその下端に扇板37A、37Bを設けたものと、扇板37A、37Bを設けていないものとを夫々設定した。そして回転テーブル2の回転数を120rpmに設定し、反応ガスノズル31から反応ガスを吐出したときのその回転テーブル2上における反応ガスの濃度分布を、扇板37A、37Bを設けた場合、扇板37A、37Bを設けていない場合夫々について調べた。

[0101] 図30(a)は扇板37A、37Bを設けていない場合の濃度分布について、図30(b)は扇板37A、37Bを設けた場合の濃度分布について夫々示したものである。実際のシミュレーション結果は、コンピュータグラフィクスにより反応ガスの濃度分布(単位:%)がグラデーション表示されるようにカラー画面にてアウトプットされているが、図示の便宜上、図30(a)、図30(b)及び後述の図31(a)、図31(b)では概略の濃度分布を示してある。従って、図30(a)、図30(b)及び図31(a)、図31(b)で実際に濃度分布が飛び飛びになっているわけではなく、これらの図に等濃度線で区画した領域間に急な濃度勾配が存在していることを意味している。図30(a)、図30(b)を比較して明らかなように扇板37A、37Bを設けた場合には、設けない場合に比べてその反応ガスノズル31の周囲に高いガス濃度雰囲気形成されている。従って本実施の形態の効果が証明された。

[0102] (評価試験5)

続いて評価試験4と同様に、シミュレーションを行った。ただし回転テーブル2の回転数は240rpmに設定した。評価試験4と同様に図31(a)、図31(b)に扇板37A、37Bを設けない場合、扇板37A、37Bを設けた場合について夫々概略の反応ガスの濃度分布を示した。これらの図31(a)、図31(b)を比較して明らかなように扇板37A、37Bを設けることで反応ガスノズル31周辺の反応ガスの濃度が上昇している。この結果から、回転テーブル2の回転数を上昇させても反応ガスノズル31

の周囲に高いガスの濃度雰囲気を形成できることが分かり、従って本実施の形態の効果が証明された。

[0103] 本出願は、２００８年１１月１４日に出願された日本国特許出願である特願２００８－２９２５０８、２００９年１０月７日に出願された日本国特許出願である特願２００９－２３３０４７及び２００９年１１月１２日に出願された日本国特許出願である特願２００９－２５８６４４に基づくものであり、それらの優先権を主張するものであり、それらの全ての内容を引用することにより包含するものである。

[0104] 以上、本発明を実施の形態により説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の範囲内で種々の変形及び改良が可能であることは言うまでもない。

符号の説明

[0105]	W	ウエハ
	1	真空容器
	2	回転テーブル
	2 1	コア部
	2 4	凹部（基板載置領域）
	3 1	第１の反応ガスノズル
	3 2	第２の反応ガスノズル
	3 4	整流部材
	3 5 A, 3 5 B	扇板
	P 1	第１の処理領域
	P 2	第２の処理領域
	D	分離領域
	C	中心部領域
	4 1, 4 2	分離ガスノズル
	4	凸状部
	6 1, 6 2	排気口

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

請求の範囲

- [請求項1] 真空容器内にて互いに反応する少なくとも２種類の反応ガスを順番に基板の表面に供給しかつこの供給サイクルを実行することにより反応生成物の層を多数積層して薄膜を形成する成膜装置において、
- 前記真空容器内に設けられた回転テーブルと、
- この回転テーブルに基板を載置するために設けられた基板載置領域と、
- 前記回転テーブルの回転方向に、当該回転テーブル上方に互いに離れて固定して設けられ、夫々基板に第１の反応ガス及び第２の反応ガスを供給するための第１の反応ガス供給手段及び第２の反応ガス供給手段と、
- 前記第１の反応ガスが供給される第１の処理領域と第２の反応ガスが供給される第２の処理領域との雰囲気とを分離するために前記回転方向においてこれら処理領域の間に位置し、分離ガスを供給する分離ガス供給手段が設けられた分離領域と、
- 前記真空容器内を真空排気するための排気口と、
- を備え、
- 前記第１の反応ガス供給手段及び第２の反応ガス供給手段の少なくとも一方は、前記基板載置領域の移動方向と交差するように伸びると共に、前記回転テーブルに向けて反応ガスを吐出する吐出孔が、その長さ方向に沿って形成されたガスノズルとして構成され、
- 前記ガスノズルの上方側には、分離ガスを通流させるための通流空間が形成され、
- 前記ガスノズルから前記上流側及び下流側の少なくとも一方に向かって張り出した整流部材を備えた、成膜装置。
- [請求項2] 前記整流部材は、前記ガスノズルから前記上流側及び前記下流側の両方に張り出されている、請求項１記載の成膜装置。
- [請求項3] 各整流部材は回転テーブルの中心部側から離れる部位ほど前記回転

方向の幅が大きい、請求項 1 または 2 記載の成膜装置。

[請求項4] 前記整流部材の平面形状は扇型に形成されている、請求項 3 記載の成膜装置。

[請求項5] 前記分離領域は、前記分離ガス供給手段の前記回転方向両側に位置し、当該分離領域から処理領域側に分離ガスが流れるための狭隘な空間を回転テーブルとの間に形成するための天井面を備えた、請求項 1 乃至 4 のいずれか一項記載の成膜装置。

[請求項6] 前記第 1 の処理領域と第 2 の処理領域との雰囲気とを分離するために真空容器内の中心部に位置し、回転テーブルの基板載置面側に分離ガスを吐出する吐出孔が形成された中心部領域が設けられた、請求項 1 乃至 5 のいずれか一項記載の成膜装置。

[請求項7] 前記中心部領域は、回転テーブルの回転中心部と真空容器の上面側とにより区画され、分離ガスがパージされる領域である、請求項 6 記載の成膜装置。

[請求項8] 前記排気口は、分離領域の両側に拡散する分離ガス及び前記中心部領域から吐出する分離ガスと共に前記反応ガスを排気するように設けられている、請求項 7 記載の成膜装置。

[請求項9] 前記排気口は、各反応ガスの排気を専用に行うために、平面で見たときに前記分離領域の前記回転方向両側に設けられている、請求項 1 乃至 8 のいずれか一項記載の成膜装置。

[請求項10] 前記分離ガス供給手段は分離ガスを吐出するためのガス吐出孔を備え、この吐出口は、回転テーブルの回転中心部及び周縁部の一方側から他方側に向かって配列されている、請求項 1 乃至 9 のいずれか一項記載の成膜装置。

[請求項11] 前記分離領域の天井面における真空容器の外縁側の部位は、前記回転テーブルの外端面に対向するように屈曲して真空容器の内周壁の一部を構成し、当該天井面の屈曲部位と前記回転テーブルの外端面との隙間は、反応ガスの侵入防止効果が得られる寸法に設定されている、

請求項 1 乃至 10 のいずれか一項記載の成膜装置。

[請求項12] 前記分離領域の天井面において、前記分離ガス供給手段に対して回転テーブルの相対的回転方向の上流側部位は、外縁に位置する部位ほど前記回転方向の幅が大きい、請求項 1 乃至 11 のいずれか一項記載の成膜装置。

[請求項13] 真空容器内にて複数の基板を載置した回転テーブルを回転して、前記基板が複数の異なる処理領域に供給された反応ガスと順次接触することにより、前記基板の表面に薄膜を形成する成膜装置において、

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

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

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

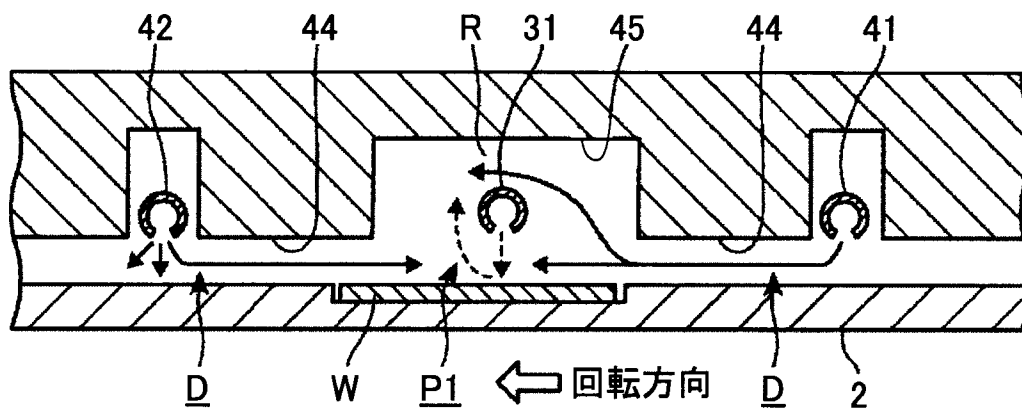
前記処理領域の天井と、前記反応ガス供給手段との間に設けられ、前記整流部材により分離ガスがガイドされる通流空間と、

を備えた、成膜装置。

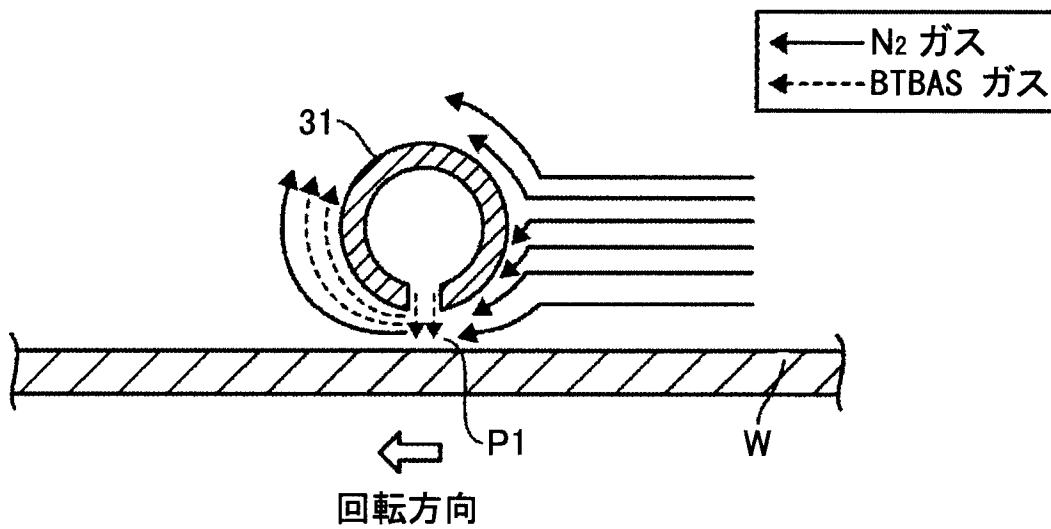
[請求項14] 前記回転テーブルに載置された基板表面から前記処理領域の天井の高さは、前記回転テーブルに載置された基板表面から前記分離領域の天井よりも高く形成されている、請求項 13 記載の成膜装置。

[請求項15] 複数の異なる反応領域において、処理領域の天井の高さは、前記処理領域に供給される反応ガスの種類、供給されるガス量に応じて夫々選択的に決められる、請求項 13 または 14 記載の成膜装置。

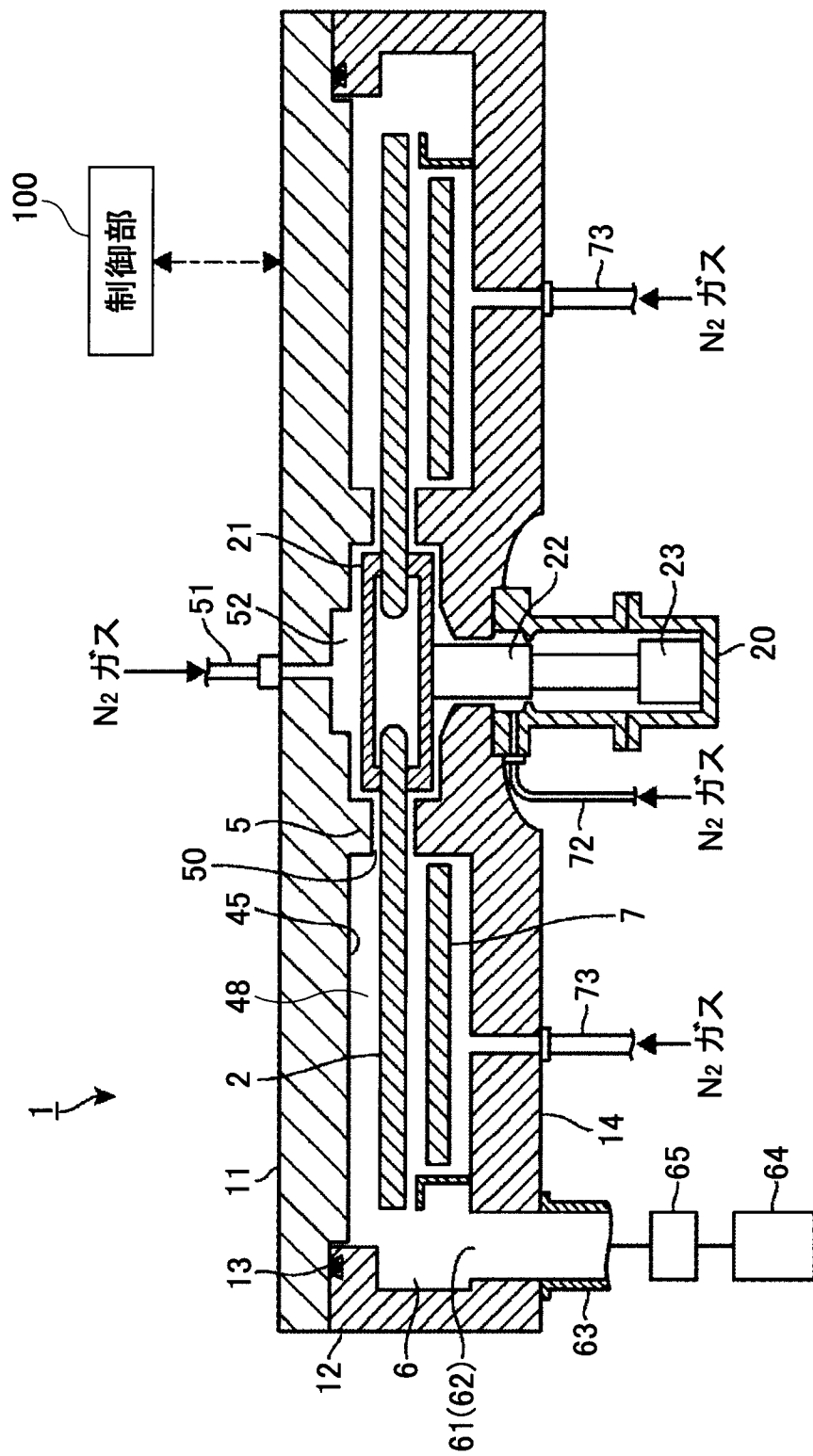
[図1]

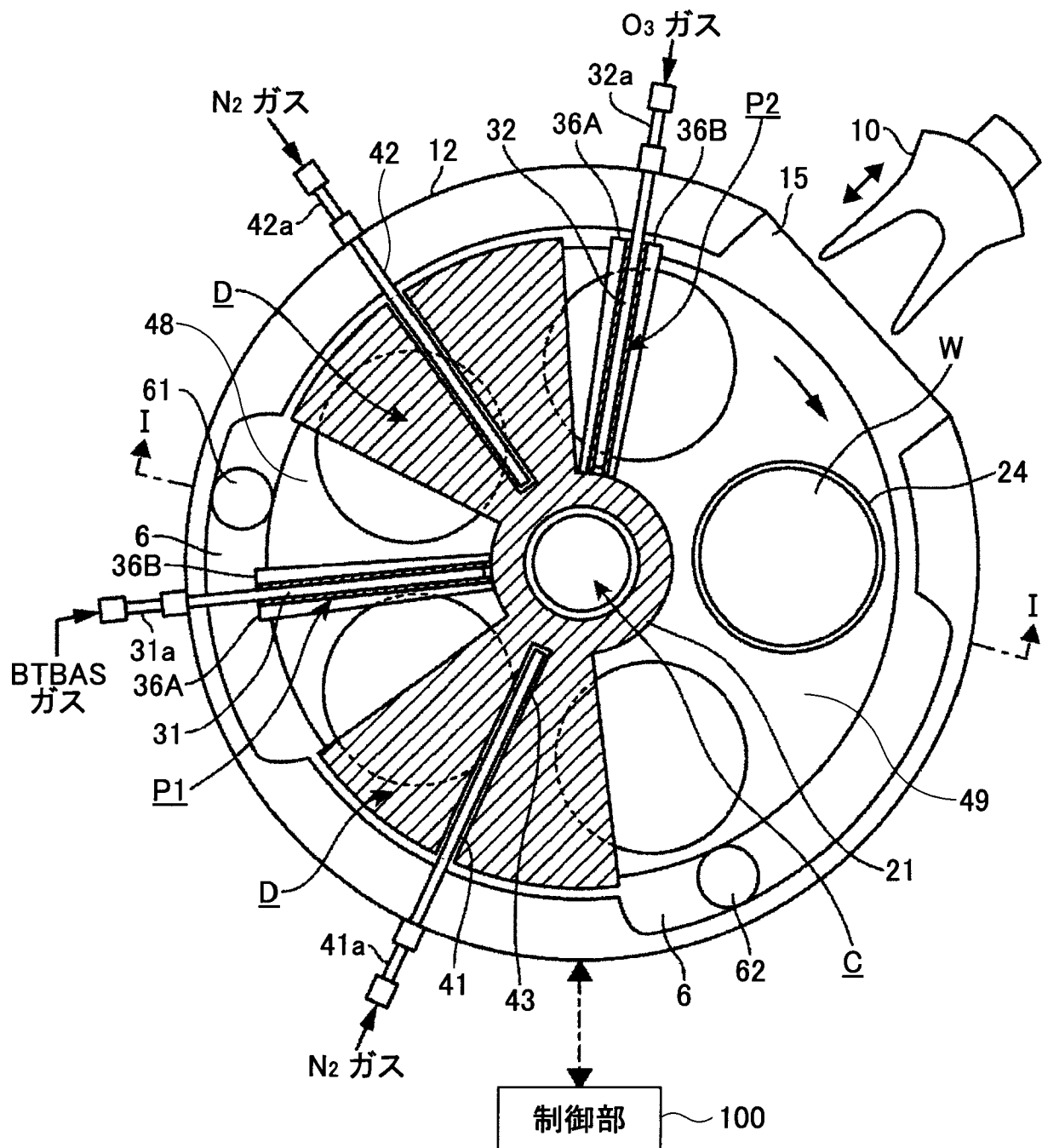


[図2]

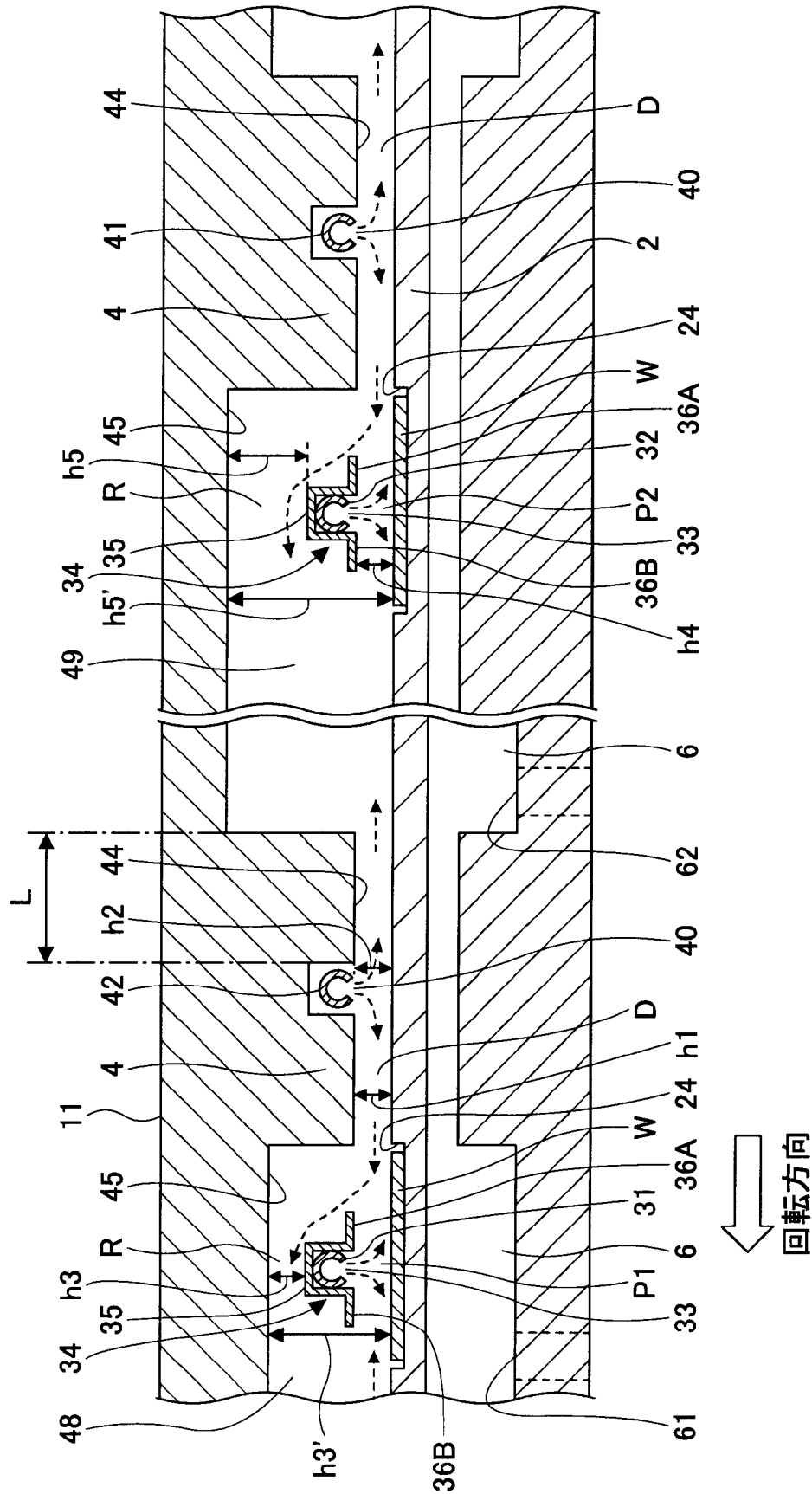


[図3]

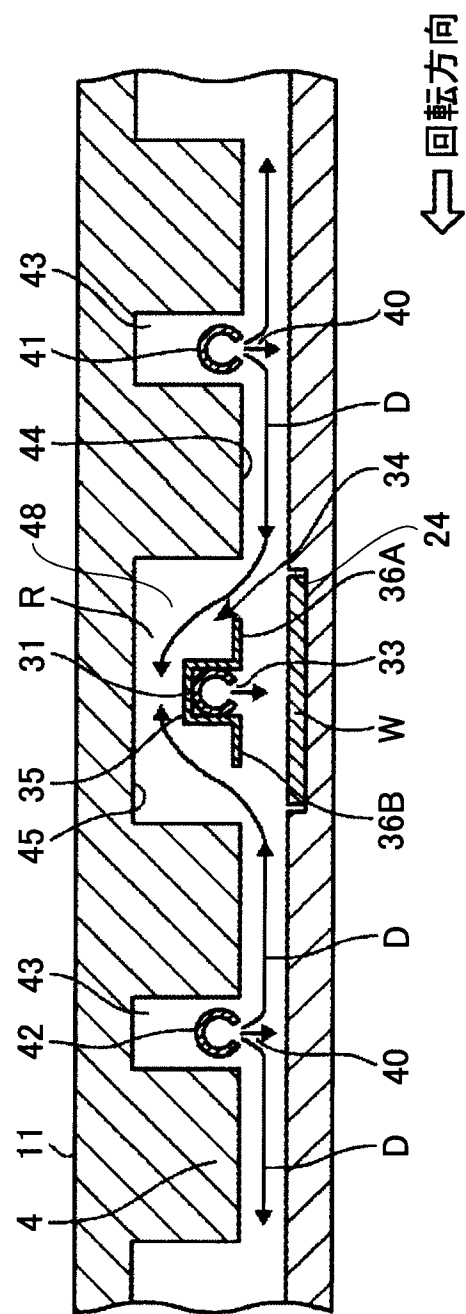




[図6]

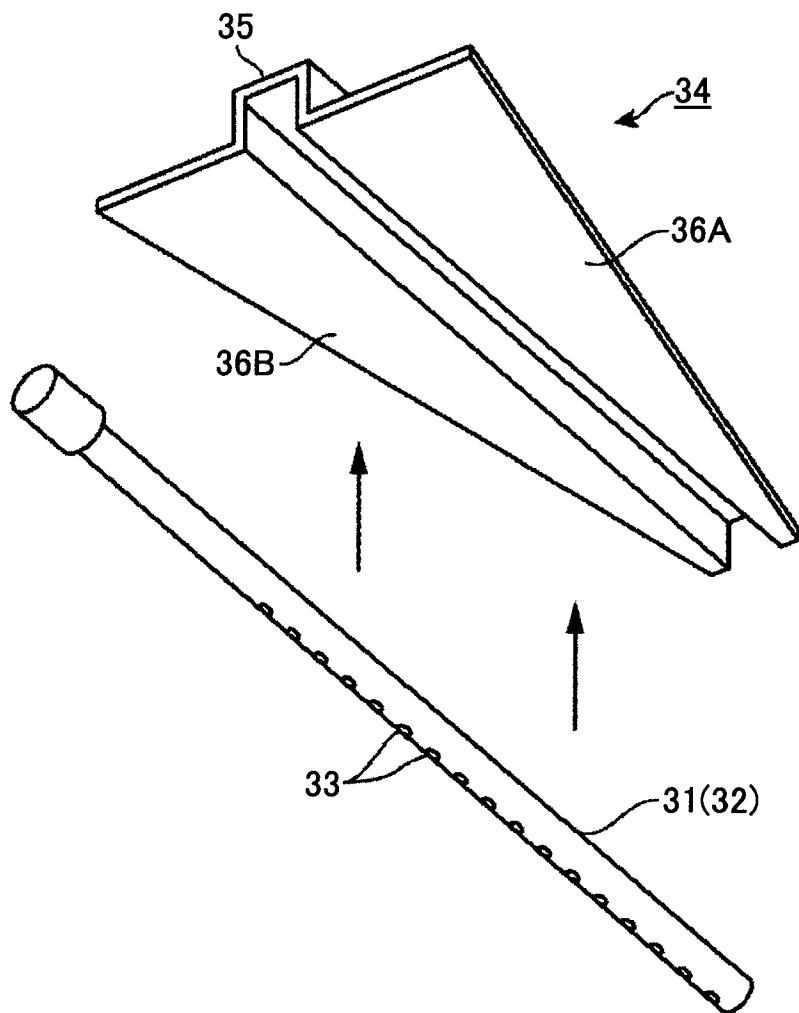


(a)

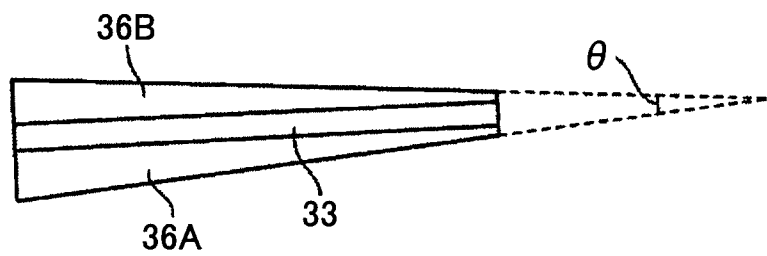


[図8]

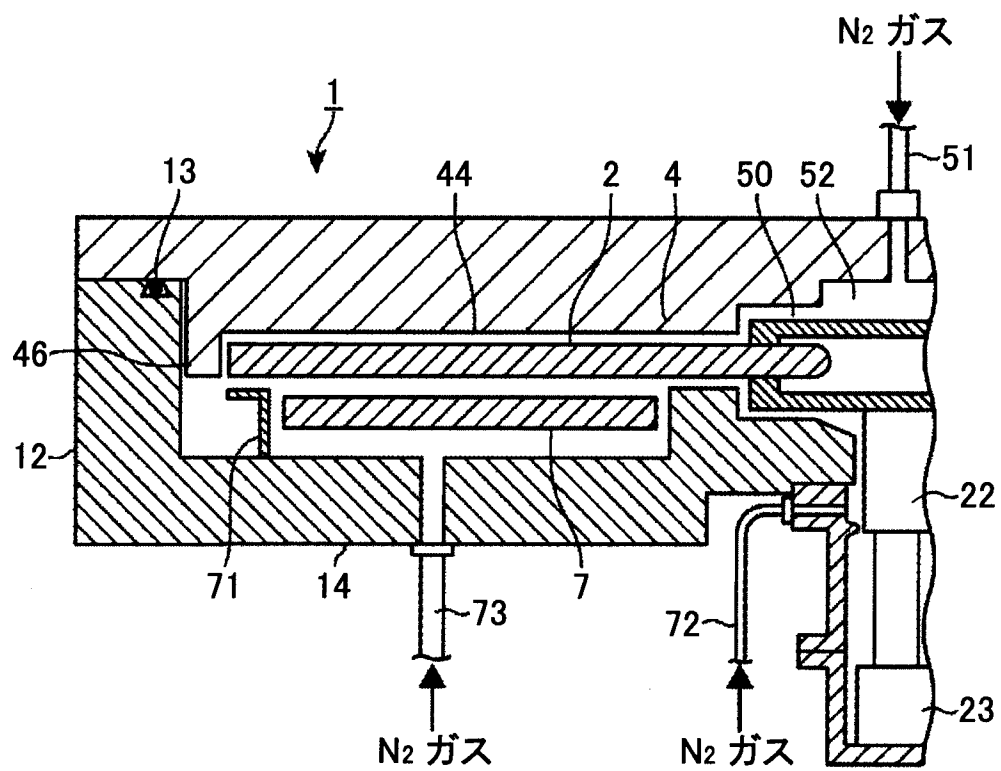
(a)



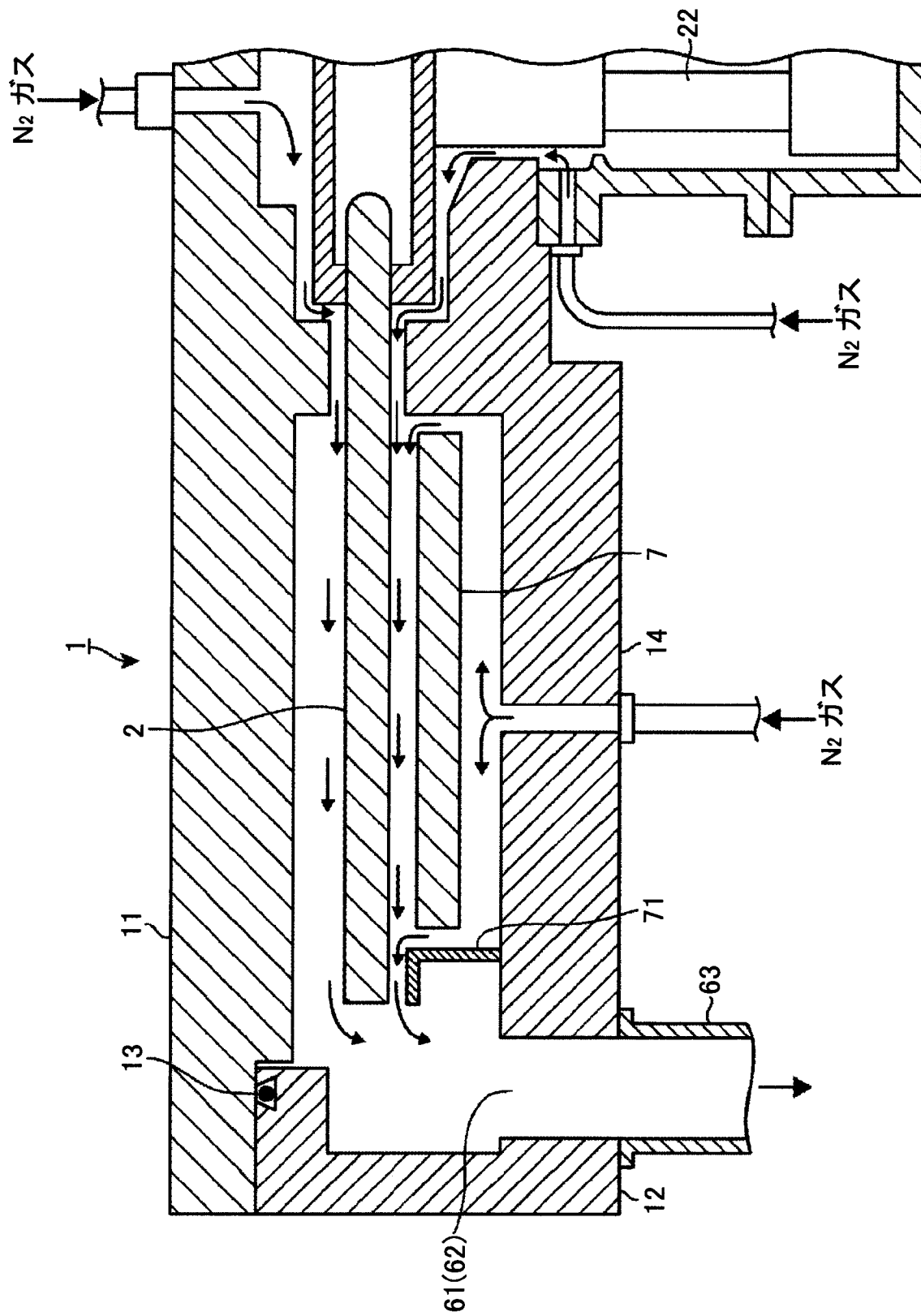
(b)



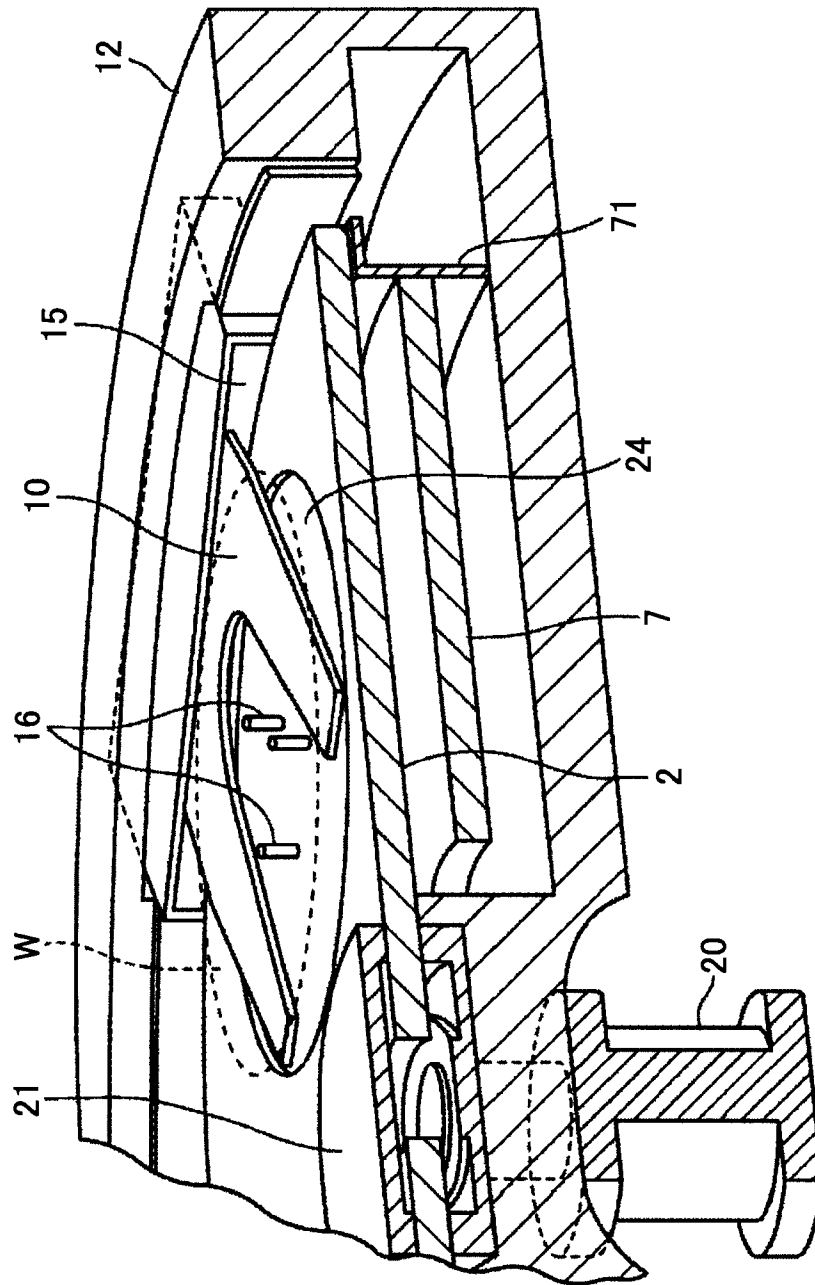
[図9]



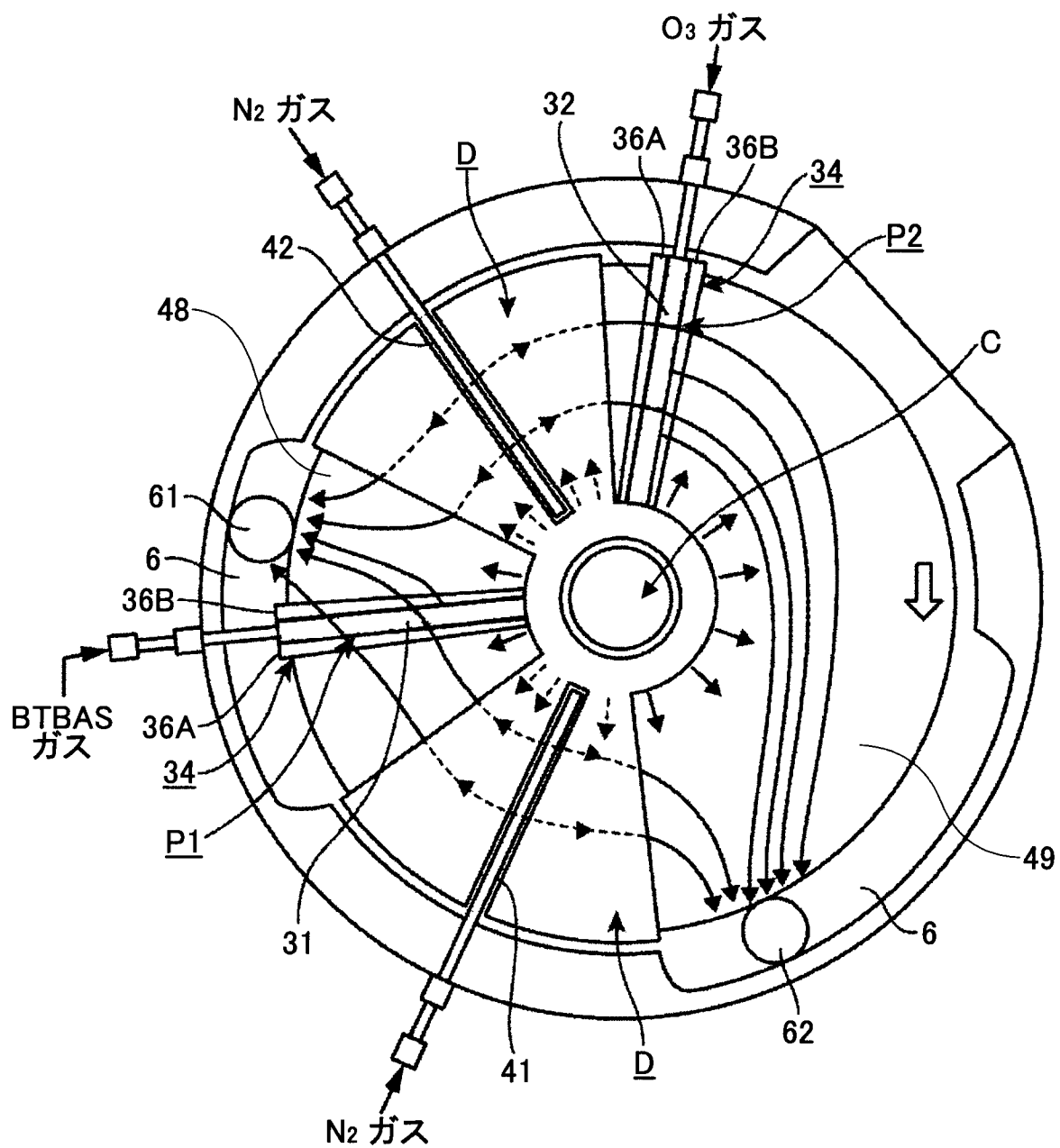
[図11]



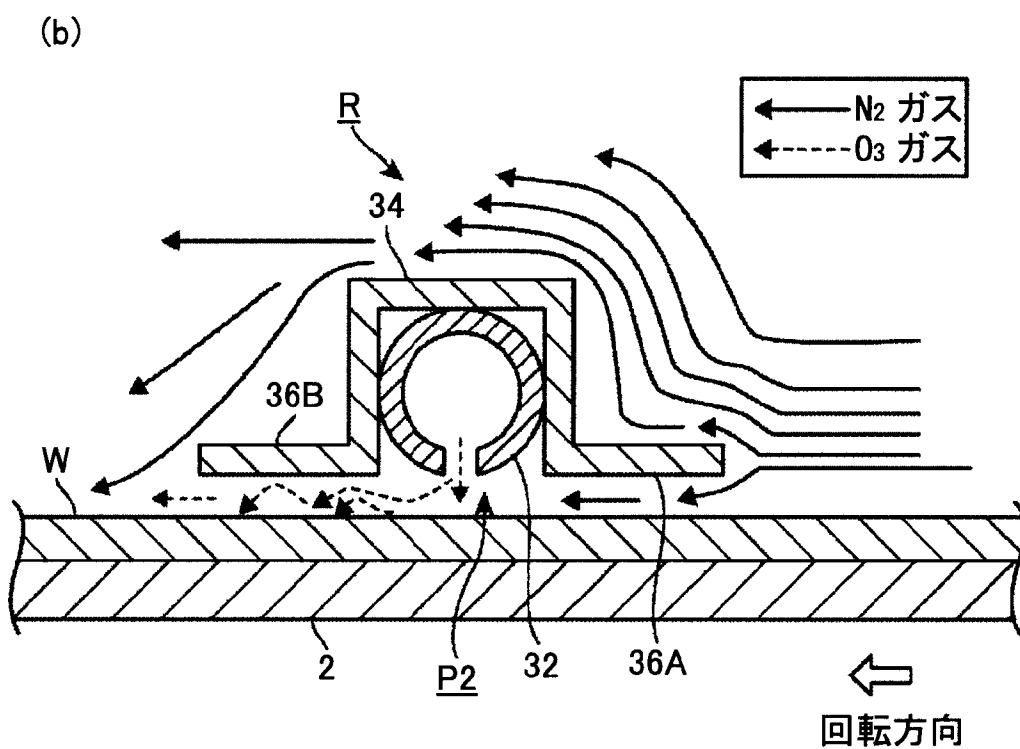
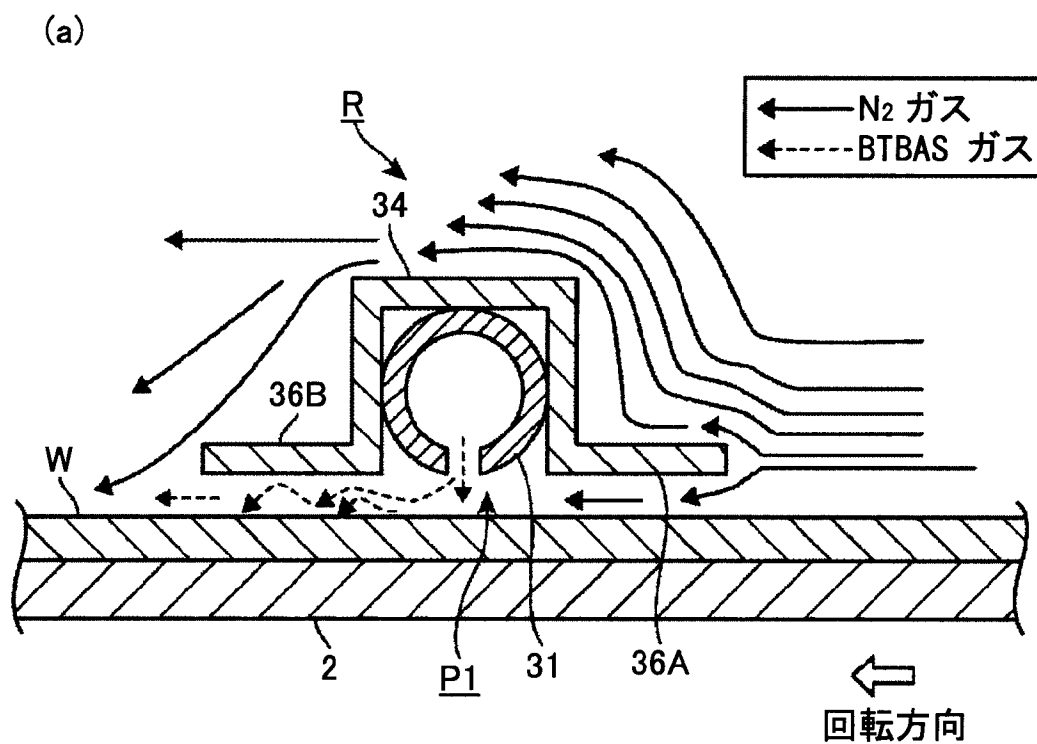
[図12]



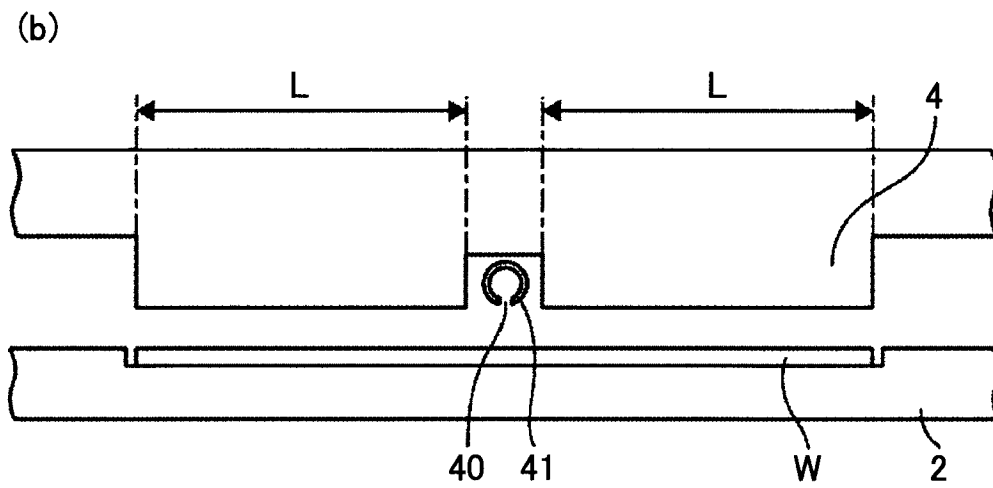
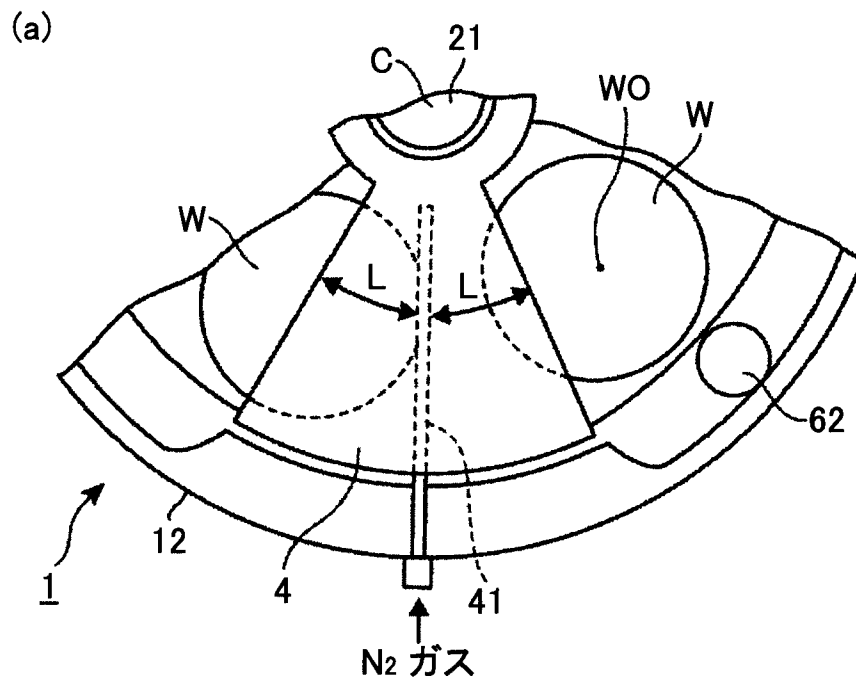
[図13]



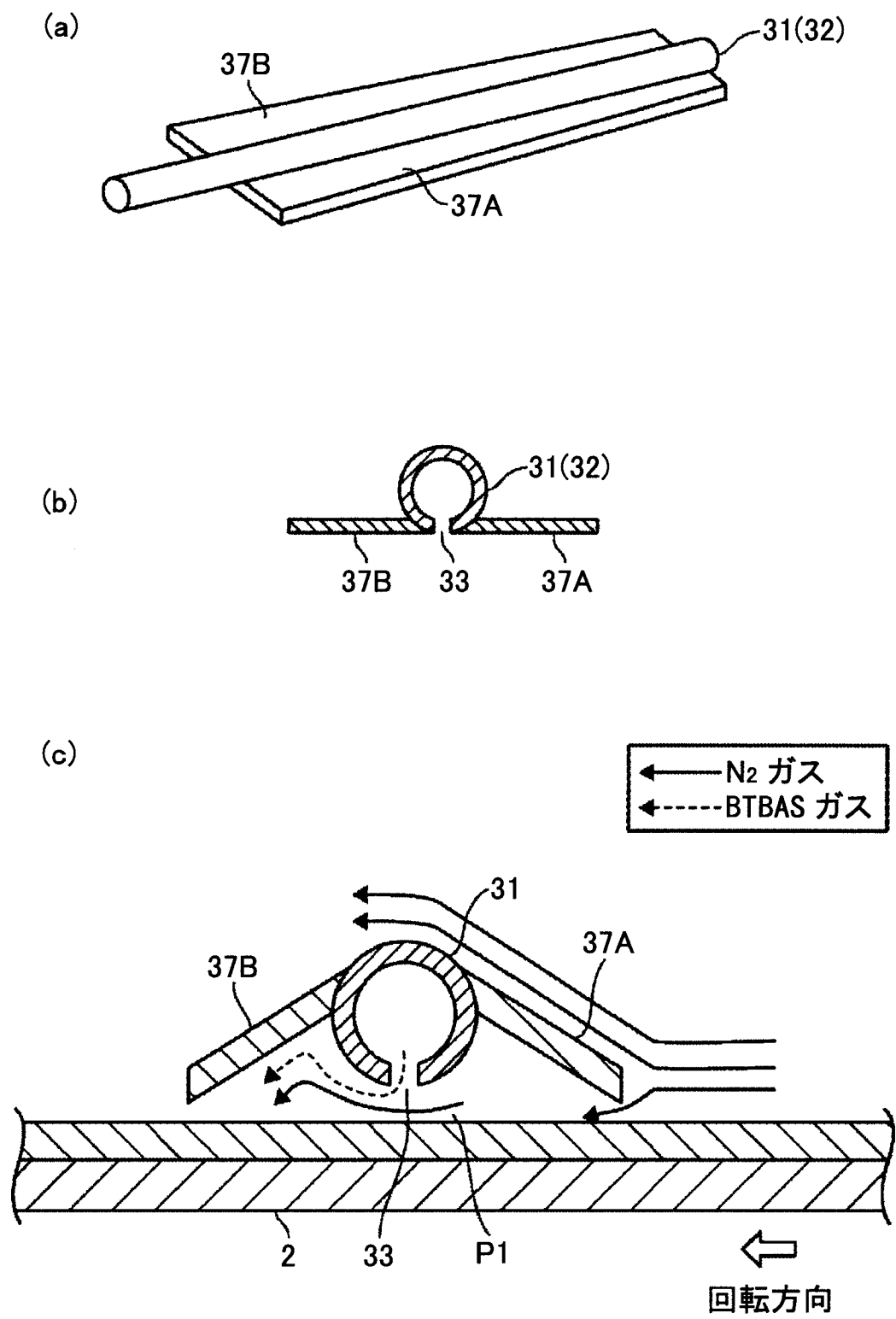
[図15]



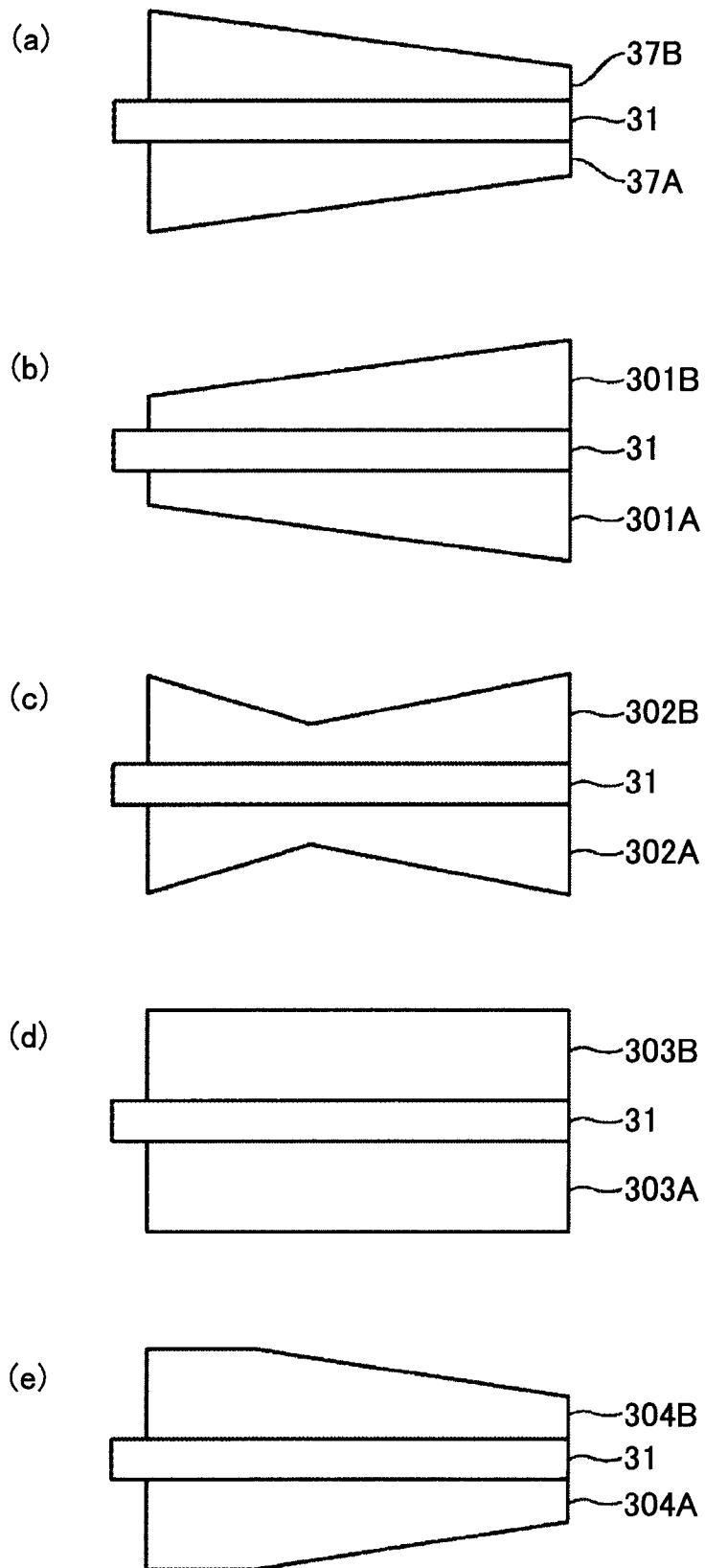
[図16]



[図17]

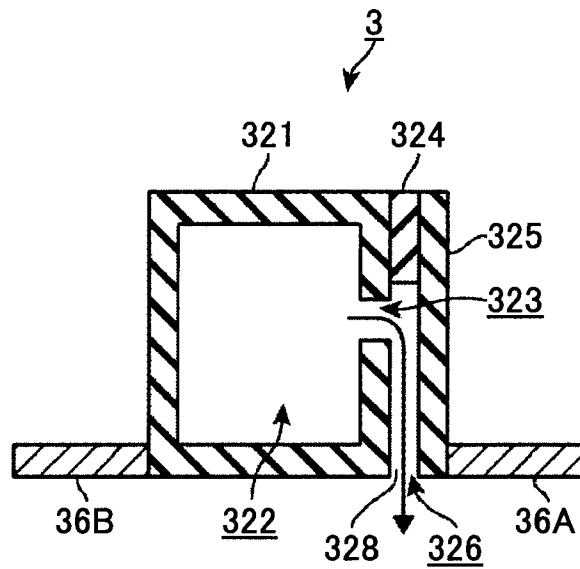


[図18]

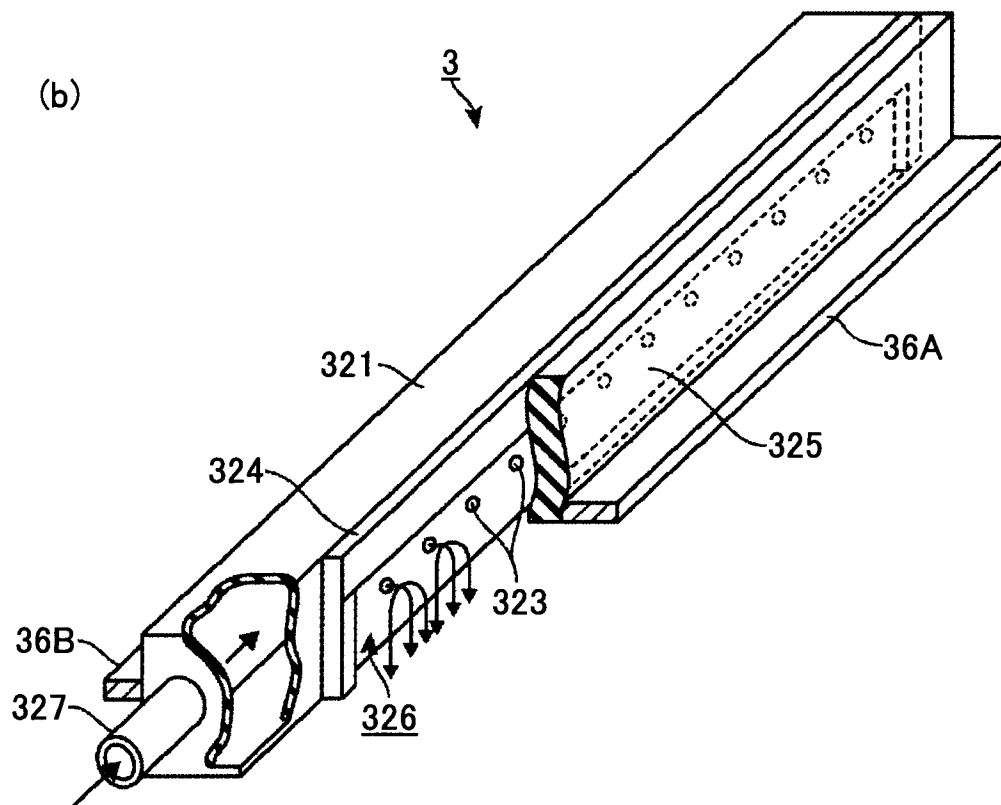


[図19]

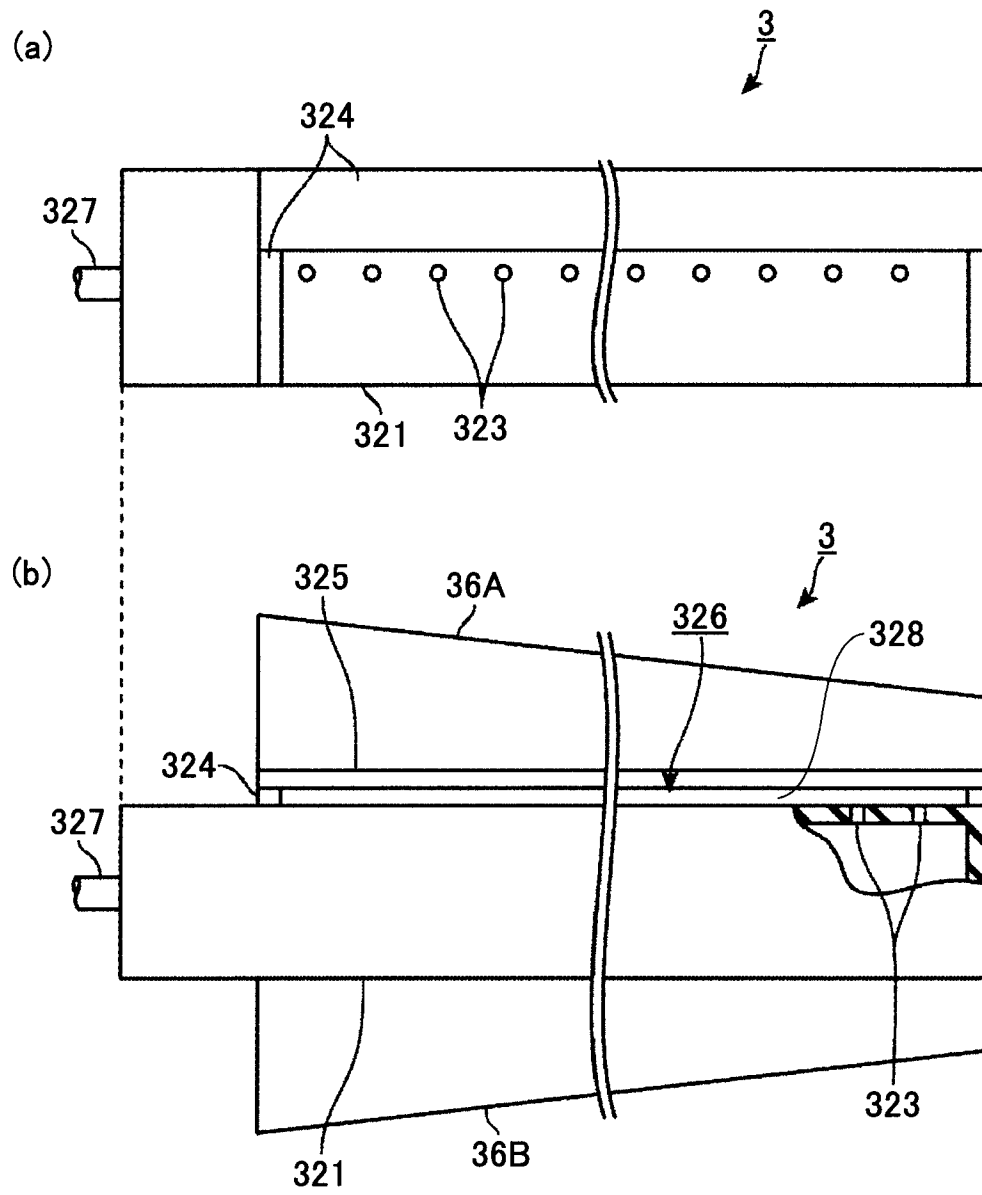
(a)



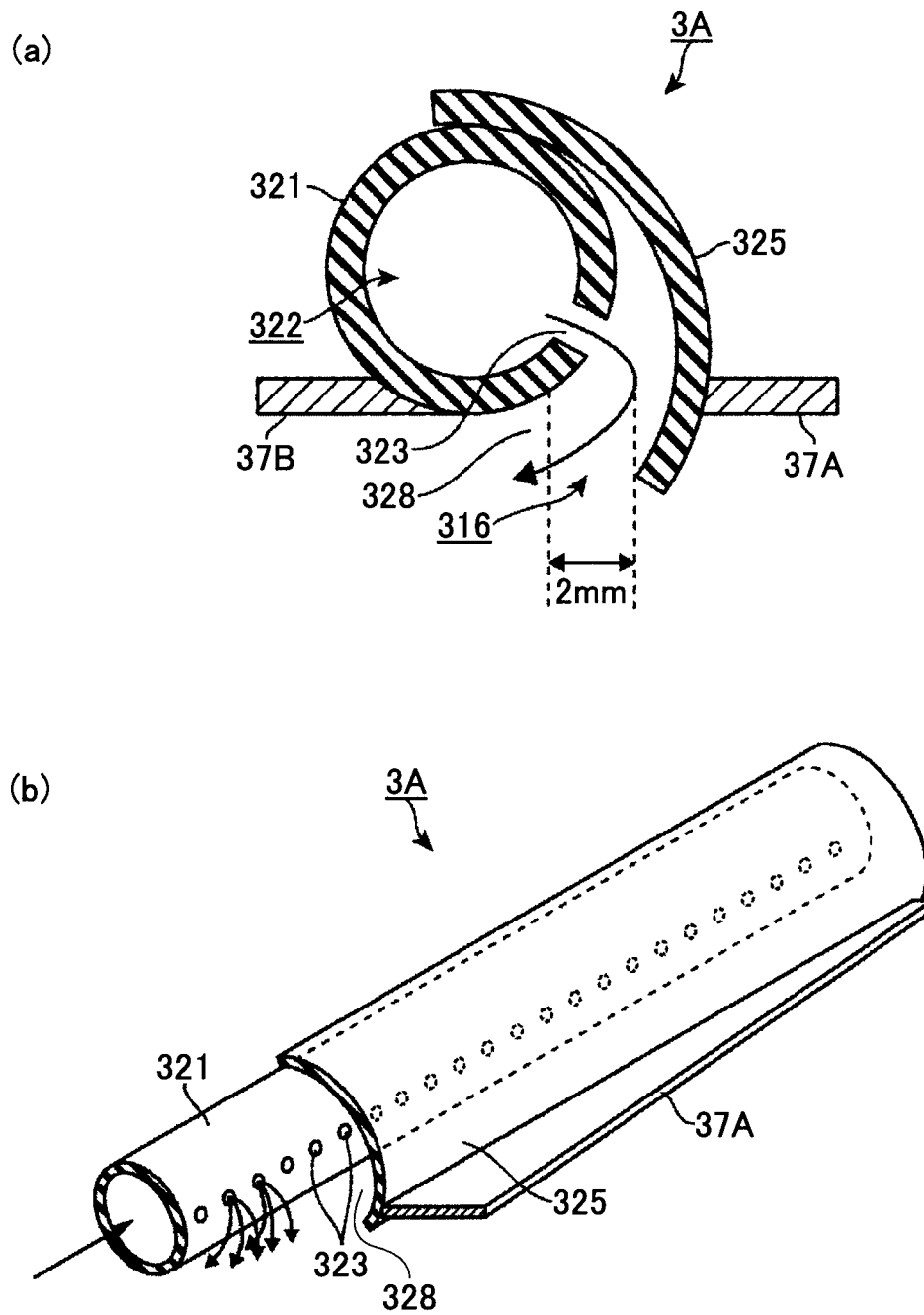
(b)

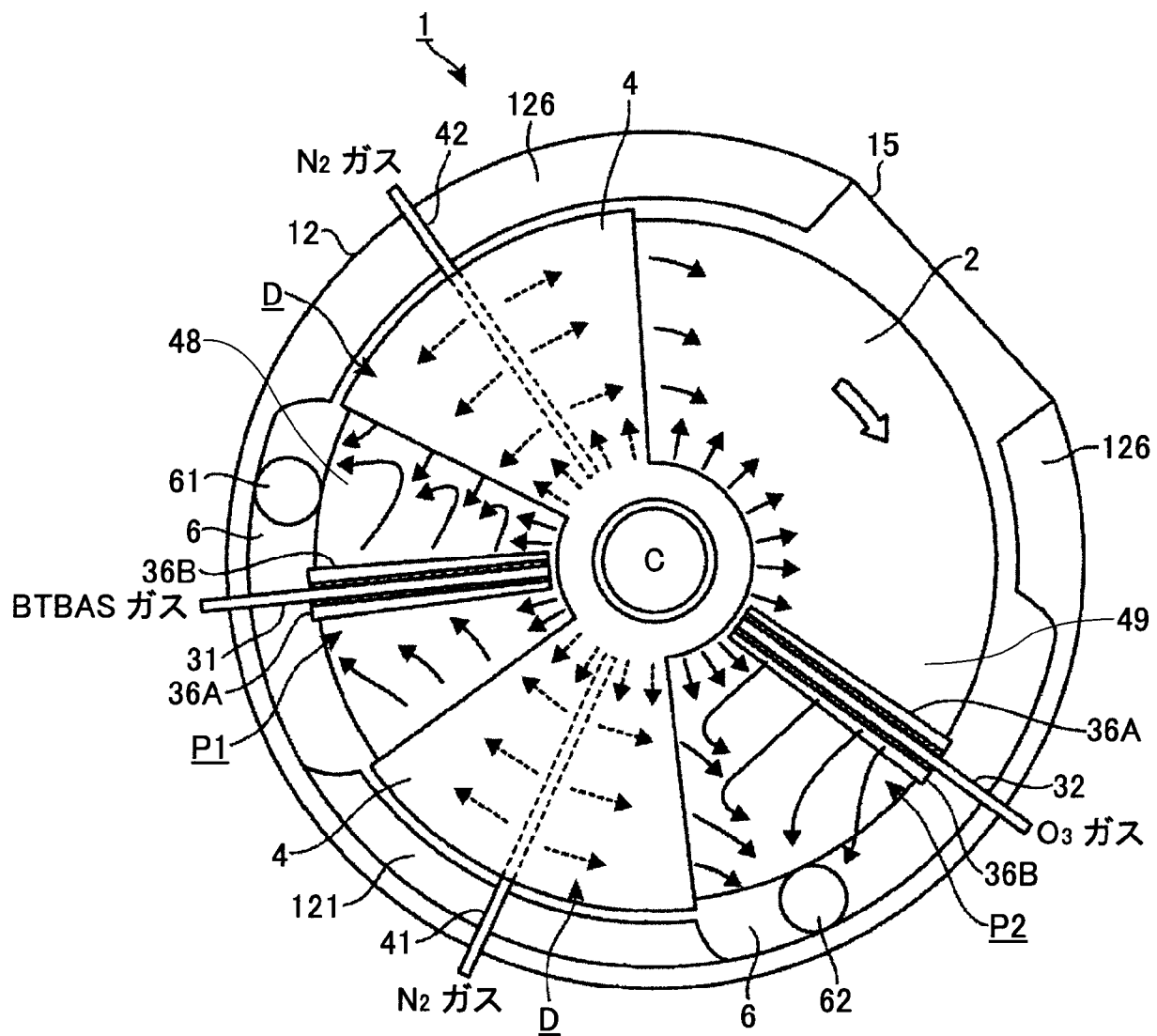


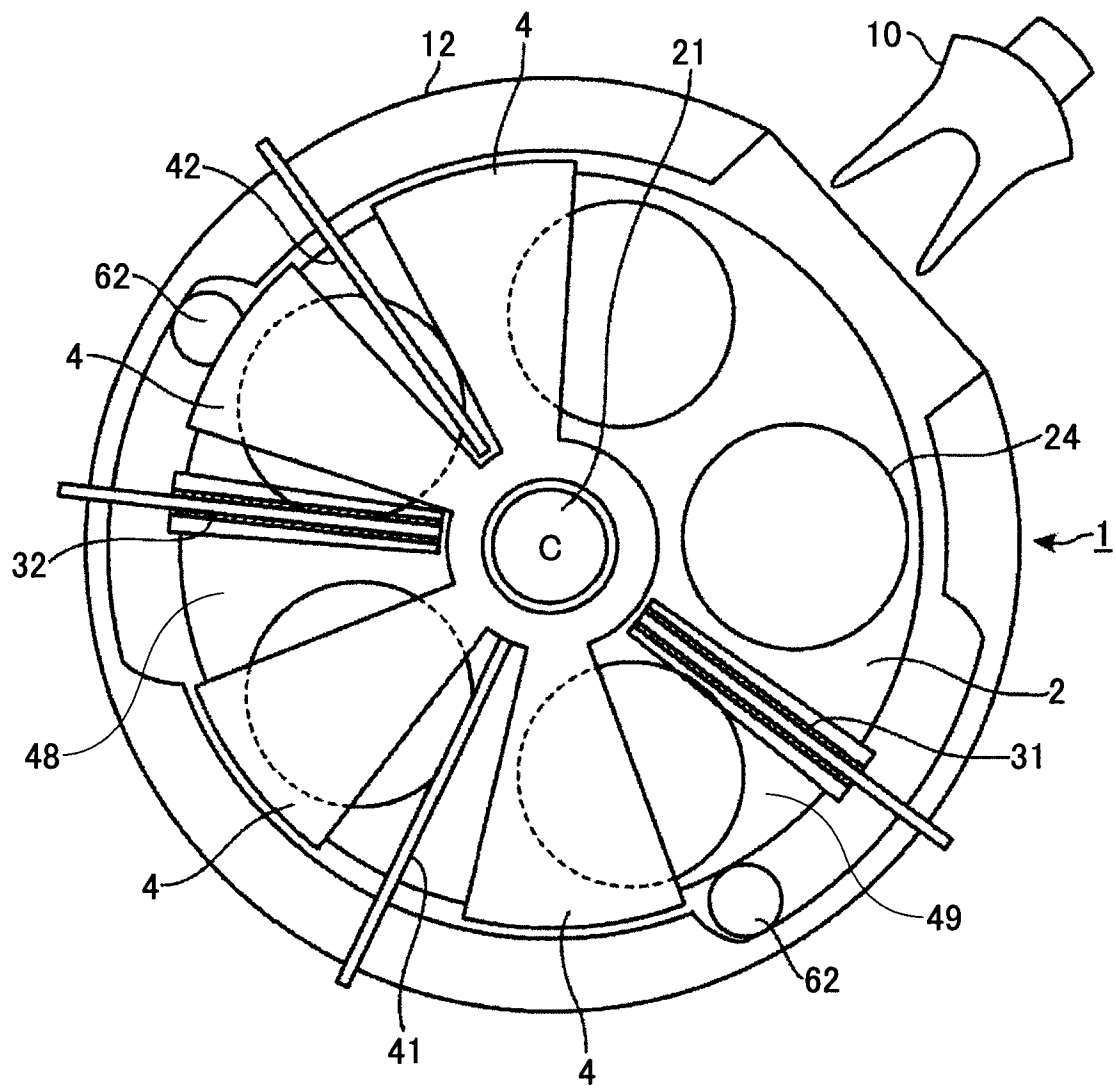
[図20]



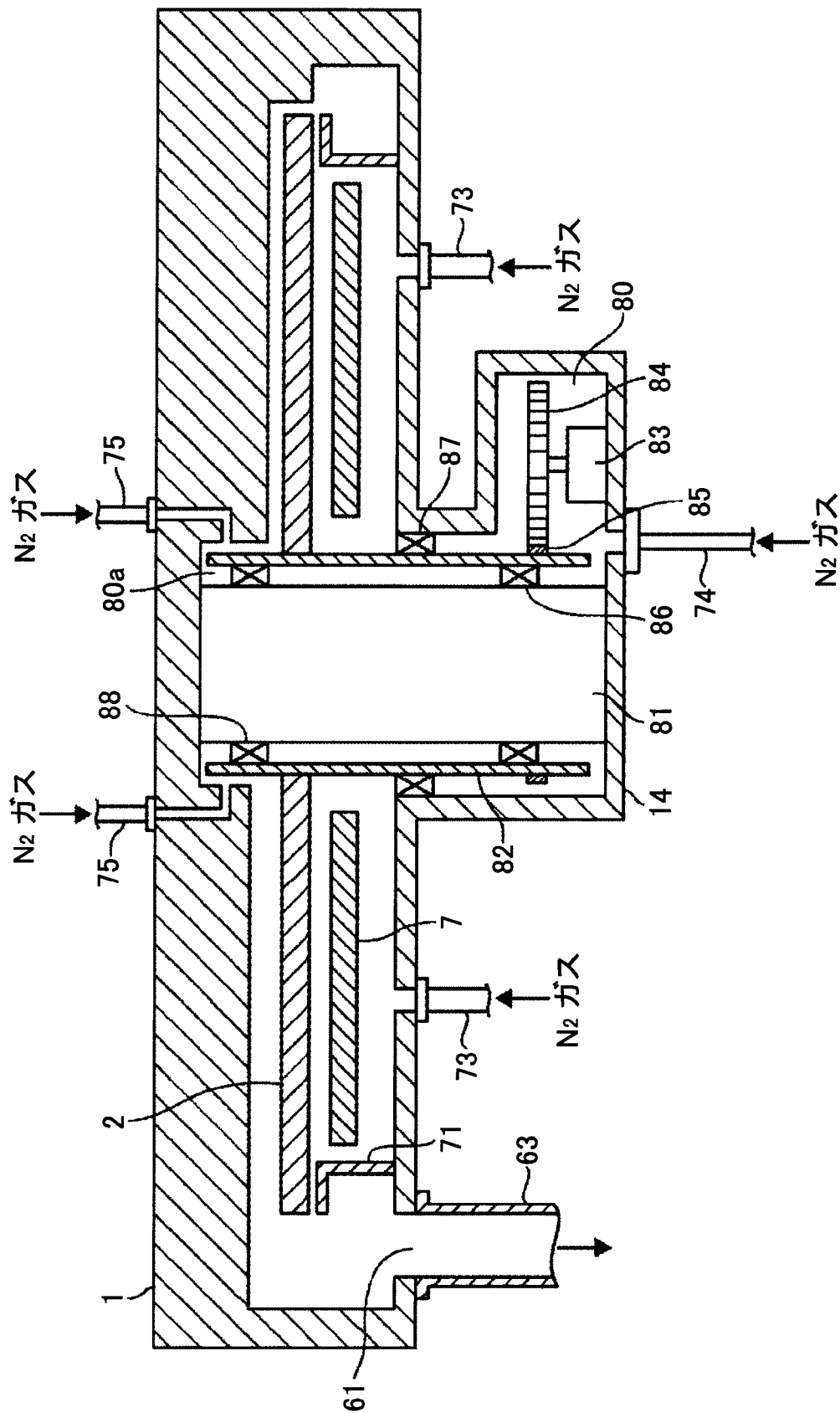
[図21]



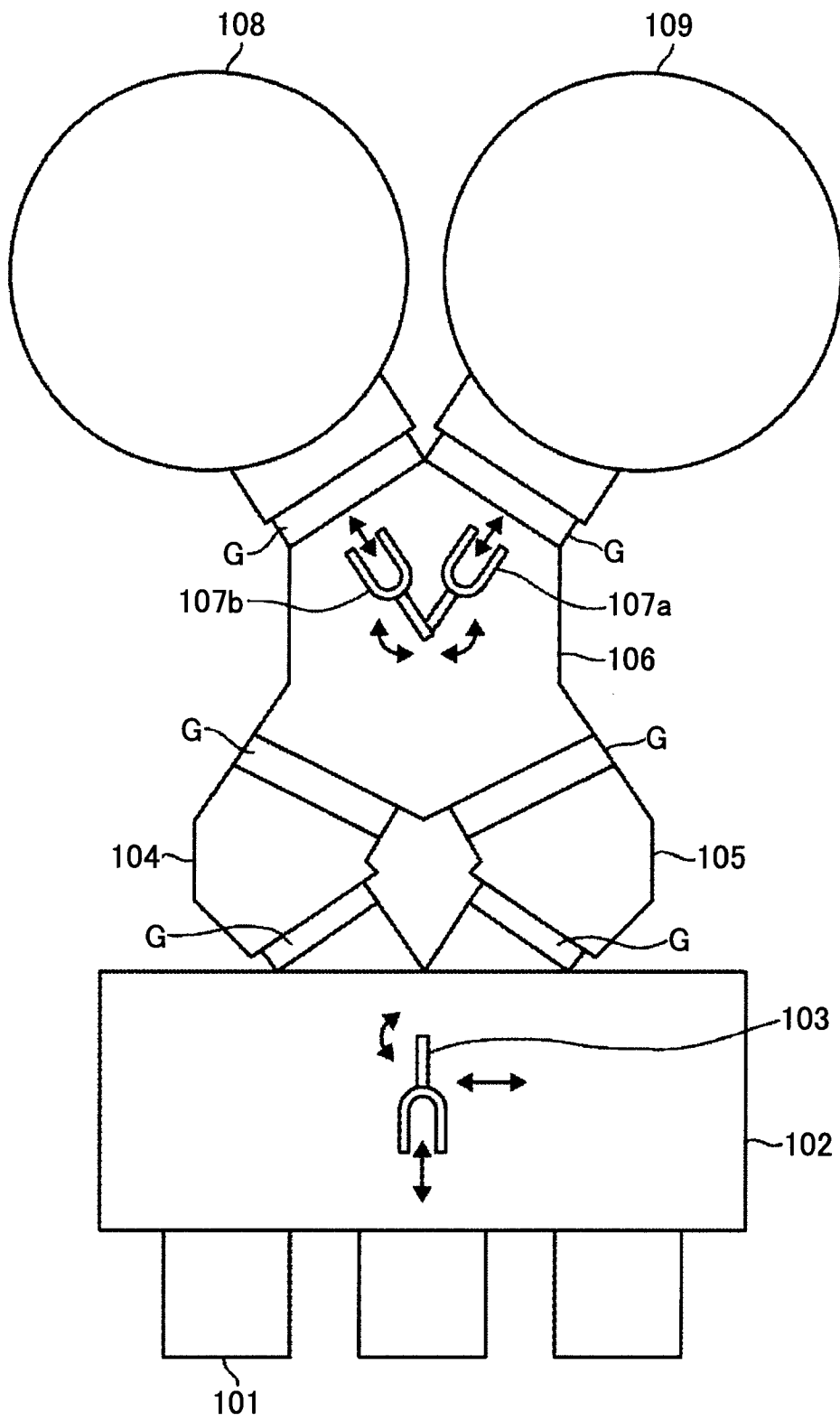




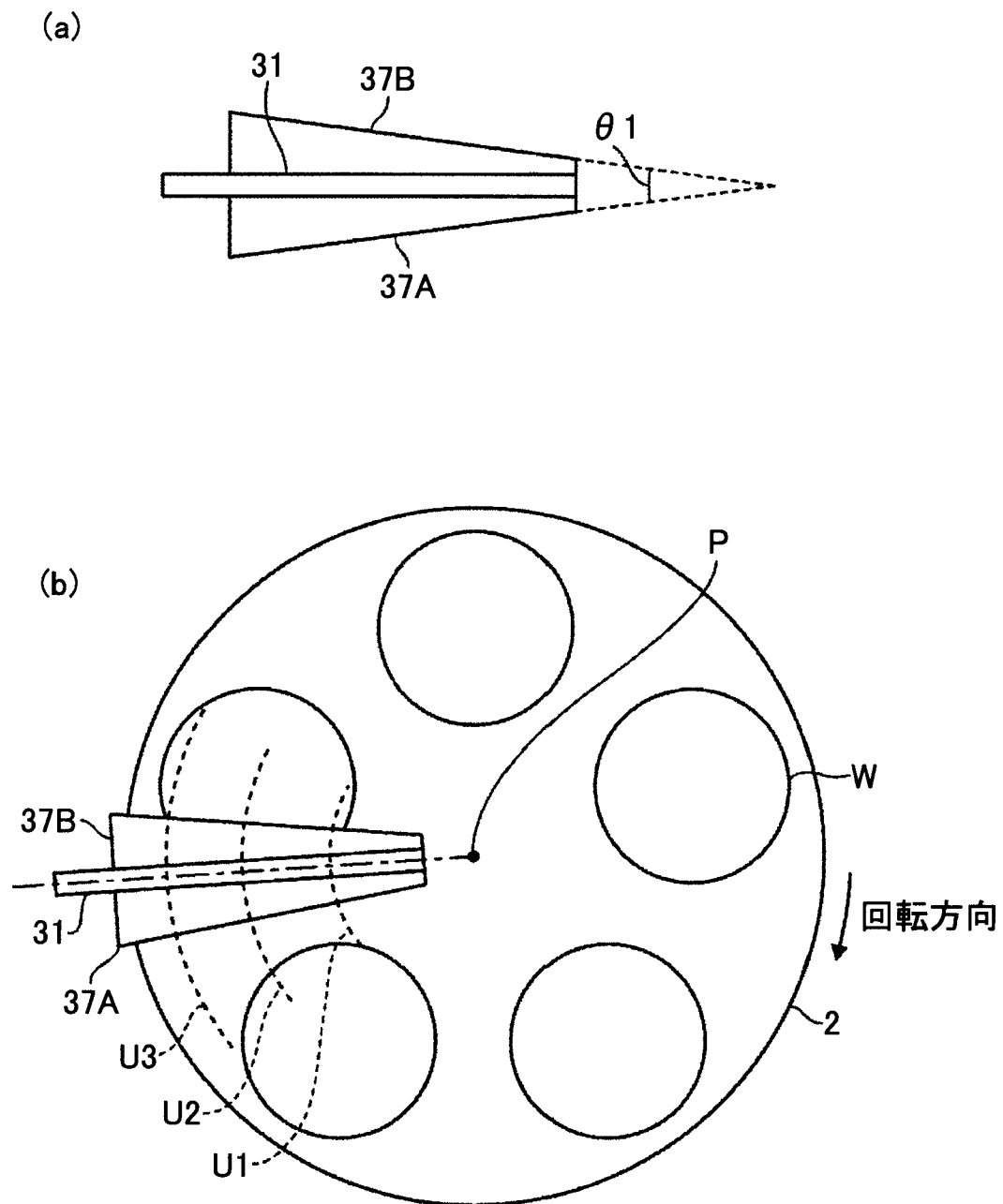
[図24]



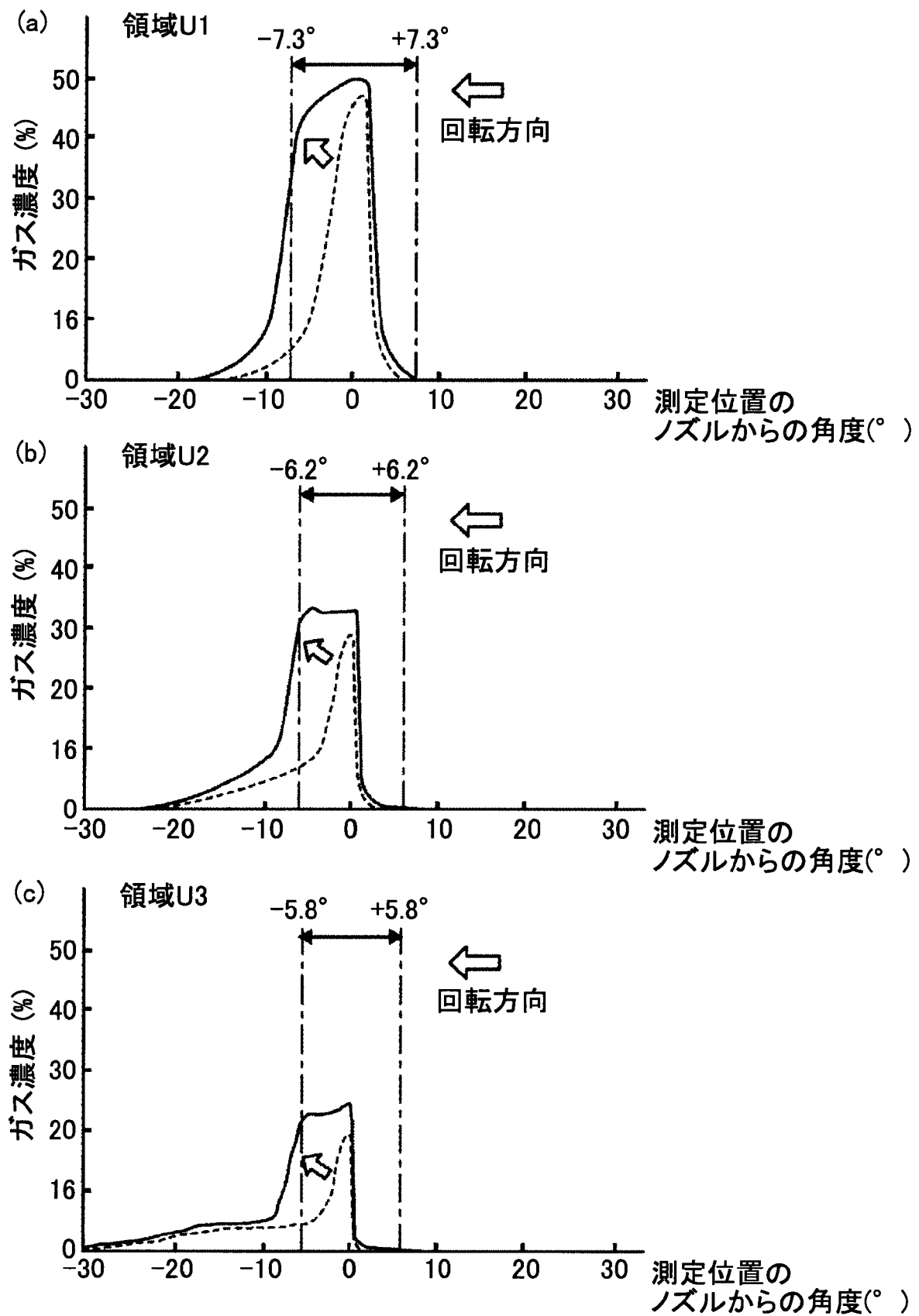
[図25]



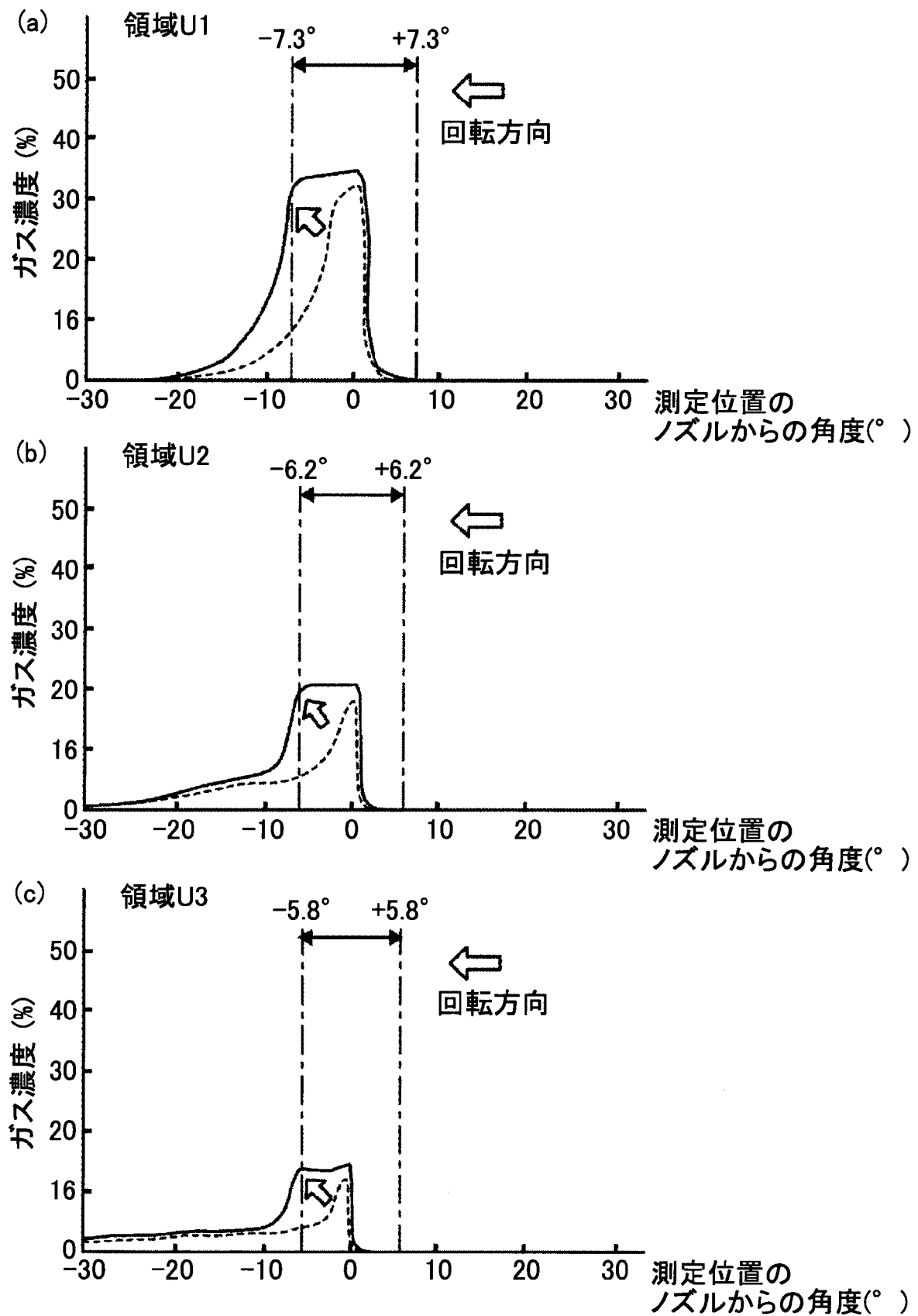
[図26]



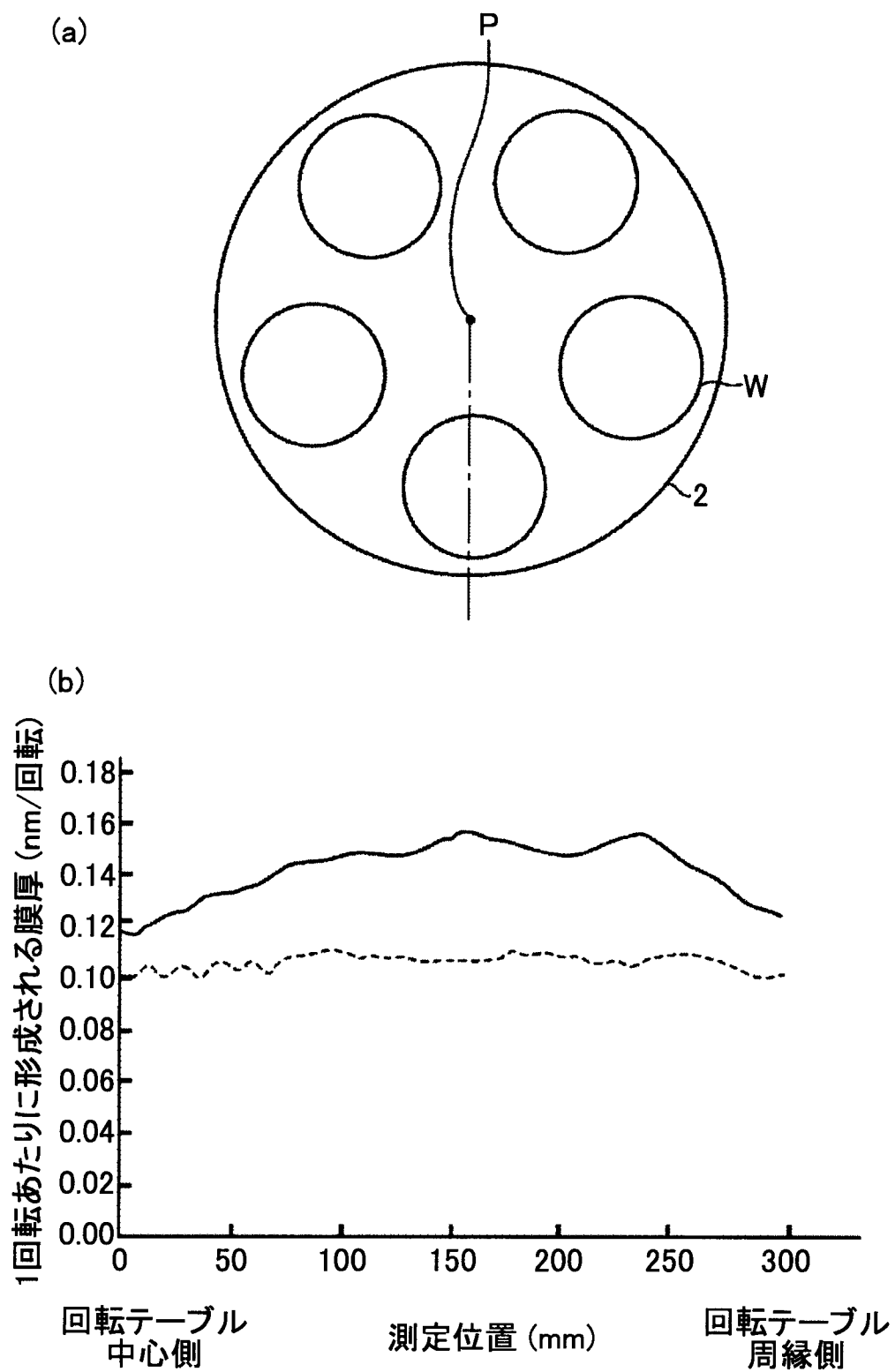
[図27]



[図28]

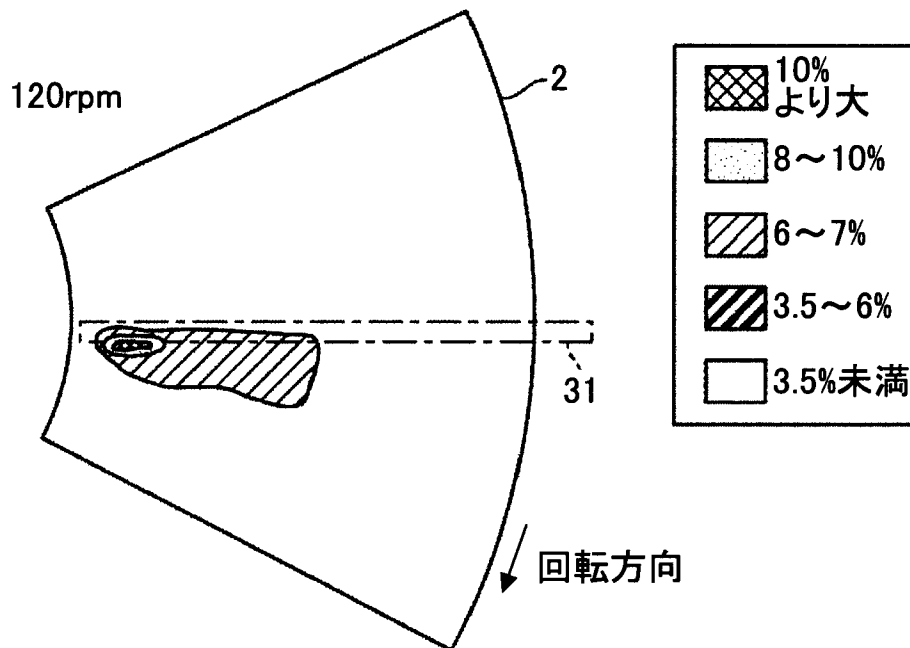


[図29]

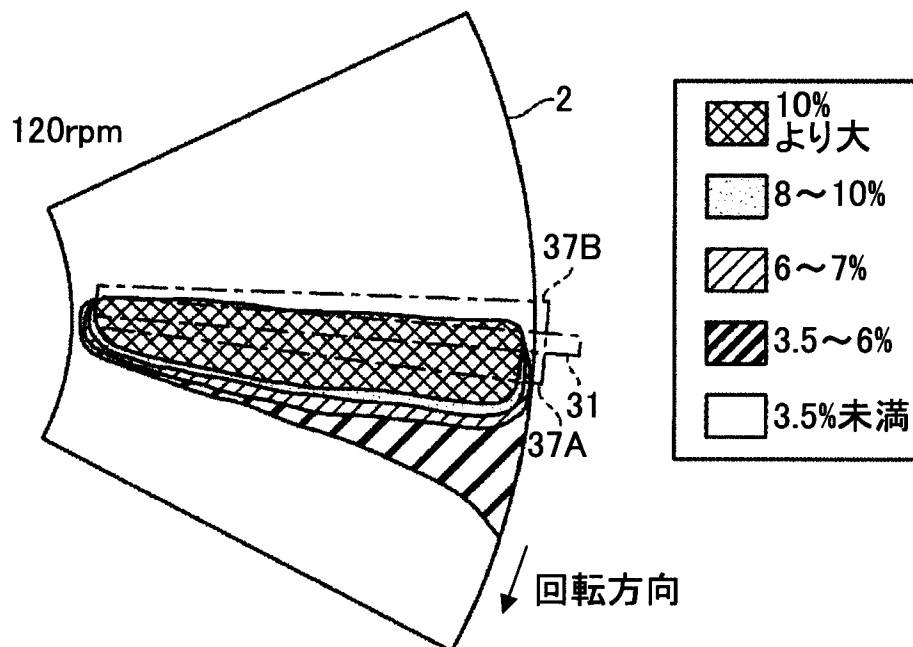


[図30]

(a)

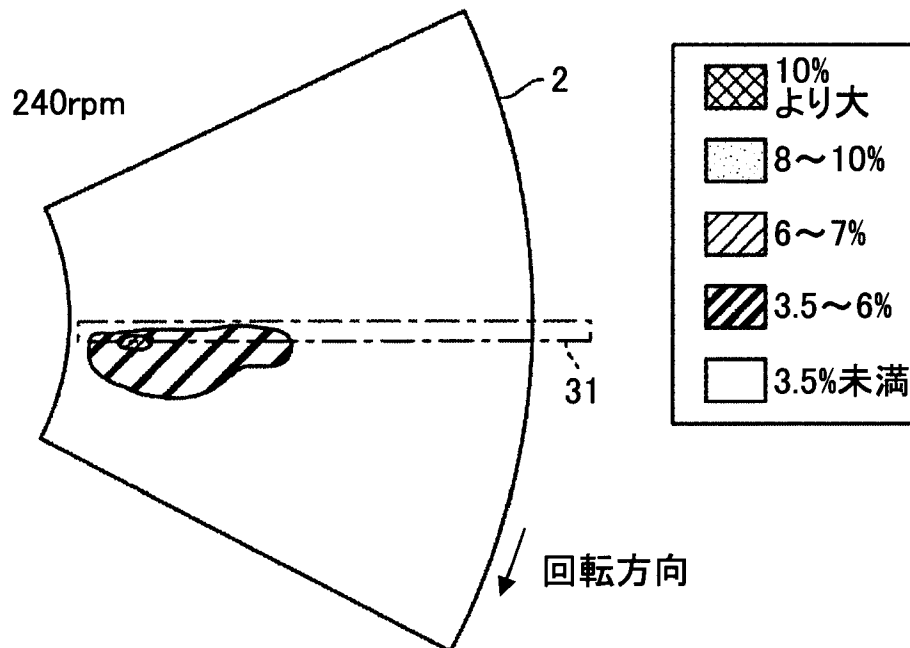


(b)

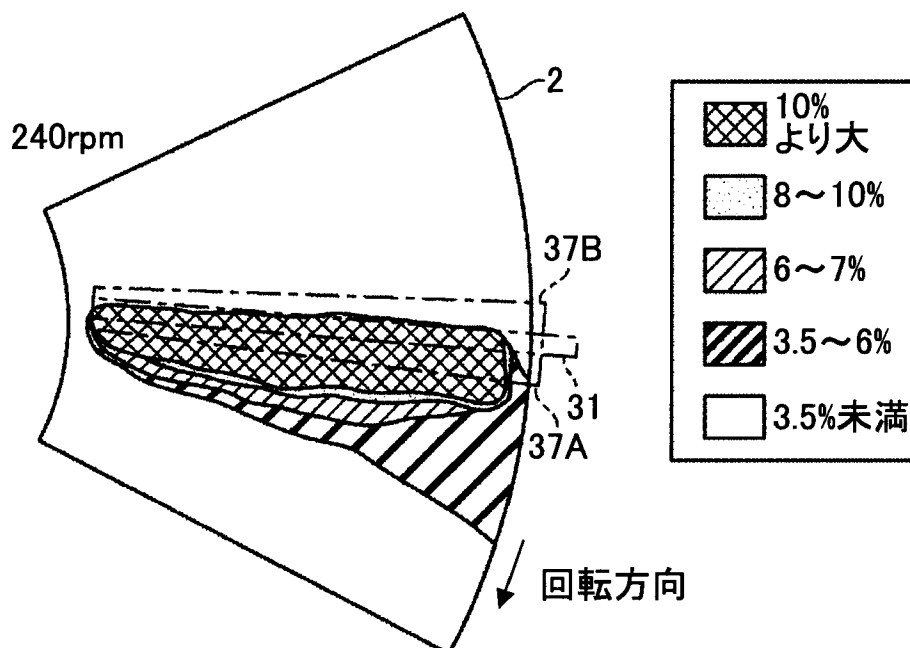


[図31]

(a)



(b)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/069398

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/31(2006.01)i, C23C16/455(2006.01)i, H01L21/316(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L21/31, C23C16/455, H01L21/316

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y <u>A</u>	JP 63-000112 A (Rohm Co., Ltd.), 05 January 1988 (05.01.1988), page 2, lower left column, line 1 to page 4, lower right column, line 7; fig. 1 (Family: none)	1, 2, 10, 12, 13 <u>3-9, 11, 14, 15</u>
Y <u>A</u>	JP 2007-247066 A (ASM Japan Kabushiki Kaisha), 27 September 2007 (27.09.2007), entire text; all drawings & US 2007/0218701 A1 & US 2007/0218702 A1 & KR 10-2007-0093820 A	1, 2, 10, 12, 13 <u>3-9, 11, 14, 15</u>
Y <u>A</u>	JP 1-249694 A (Asahi Glass Co., Ltd.), 04 October 1989 (04.10.1989), page 3, lower right column, line 15 to page 4, lower left column, line 17; fig. 7 (Family: none)	1, 2, 10, 12, 13 <u>3-9, 11, 14, 15</u>

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08 December, 2009 (08.12.09)Date of mailing of the international search report
22 December, 2009 (22.12.09)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/069398

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-516428 A (Atomicity Systems, Inc.), 15 May 2008 (15.05.2008), entire text; all drawings & US 2006/0073276 A1 & EP 1805345 A & WO 2006/042074 A2	1-15
A	JP 10-226599 A (Sharp Corp.), 25 August 1998 (25.08.1998), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2001-254181 A (Tokyo Electron Ltd.), 18 September 2001 (18.09.2001), entire text; all drawings & US 2001/0007244 A1	1-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/31(2006.01)i, C23C16/455(2006.01)i, H01L21/316(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/31, C23C16/455, H01L21/316

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 63-000112 A（ローム株式会社）1988.01.05, 第2頁左下欄第1行目－第4頁右下欄第7行目、第1図（ファミリーなし）	1, 2, 10, 12, 13 <u>3-9, 11,</u> <u>14, 15</u>
Y A	JP 2007-247066 A（日本エー・エス・エム株式会社）2007.09.27, 全文、全図 & US 2007/0218701 A1 & US 2007/0218702 A1 & KR 10-2007-0093820 A	1, 2, 10, 12, 13 <u>3-9, 11,</u> <u>14, 15</u>
Y	JP 1-249694 A（旭硝子株式会社）1989.10.04, 第3頁右下欄第15	1, 2, 10, 12, 13

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 8 . 1 2 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

2 2 . 1 2 . 2 0 0 9

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

大塚 徹

4 R

3 9 4 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 7 1

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
<u>A</u>	行目－第 4 頁左下欄第 1 7 行目、第 7 図（ファミリーなし）	<u>3-9, 11,</u> <u>14, 15</u>
A	JP 2008-516428 A（アトミシティ システムズ インコーポレイテッド）2008.05.15, 全文、全図 & US 2006/0073276 A1 & EP 1805345 A & WO 2006/042074 A2	1-15
A	JP 10-226599 A（シャープ株式会社）1998.08.25, 全文、全図（ファミリーなし）	1-15
A	JP 2001-254181 A（東京エレクトロン株式会社）2001.09.18, 全文、全図 & US 2001/0007244 A1	1-15