(19) 日本国特許庁(JP)　(12) 公開特許公報(A)　(11) 特許出願公開番号
特開2010-84192
(P2010-84192A)
(43) 公開日 平成22年4月15日(2010.4.15)

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

審査請求 未請求　請求項の数 7　ＯＬ　（全 28 頁）

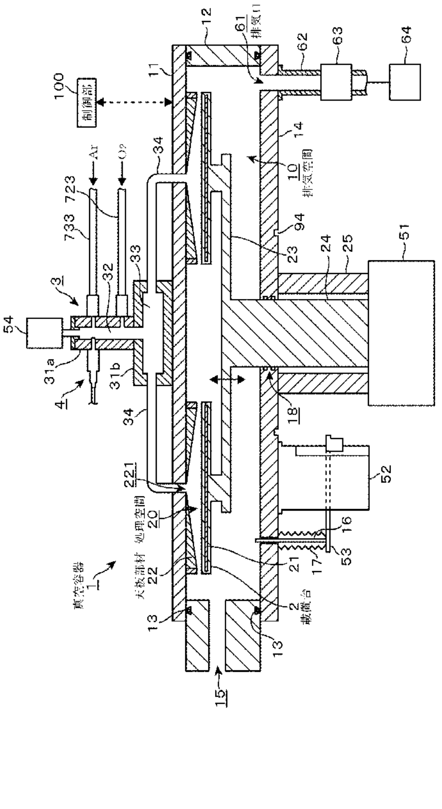
(21) 出願番号　特願2008-254514 (P2008-254514)
(22) 出願日　平成20年9月30日 (2008.9.30)

(71) 出願人　000219967
東京エレクトロン株式会社
東京都港区赤坂五丁目３番１号
(74) 代理人　100091513
弁理士　井上　俊夫
(72) 発明者　辻　徳彦
東京都港区赤坂五丁目３番１号　赤坂Ｂｉｚタワー　東京エレクトロン株式会社内
(72) 発明者　諸井　政幸
東京都港区赤坂五丁目３番１号　赤坂Ｂｉｚタワー　東京エレクトロン株式会社内
(72) 発明者　澤地　淳
東京都港区赤坂五丁目３番１号　赤坂Ｂｉｚタワー　東京エレクトロン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】成膜装置

(57) 【要約】
【課題】反応ガスの消費を抑制した成膜装置を提供する。
【解決手段】真空容器１内にて基板Wに対して反応ガスにより成膜処理を行う成膜装置において、基板Wの載置領域を含む下部材２は、凹状に形成された面を備えた上部材２２と対向して処理空間を形成し、昇降機構５１は上部材２２と下部材２との間に形成される隙間及び、真空容器１内の雰囲気１０を介して前記処理空間を真空排気するための前記隙間の大きさを調整することにより、処理空間２０内の圧力や当該処理空間２０内における反応ガスの滞留時間を調整する。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
真空容器内にて、基板に対して反応ガスにより成膜処理を行う成膜装置において、
前記真空容器内に設けられ、基板の載置領域を含む下部材と、
この下部材の上方側に設けられ、前記載置領域との間に処理空間を形成するために当該載置領域に対向する面が凹状に形成されると共に、前記下部材における載置領域の外側との間に、処理空間の圧力または処理空間内における前記反応ガスの滞留時間の少なくとも一方を調整するための隙間が形成される上部材と、
前記処理空間に少なくとも反応ガスを供給するためのガス供給部と、
前記隙間の大きさを調整するために前記下部材を上部材に対して相対的に昇降させる昇降機構と、
前記処理空間を前記隙間及び真空容器内の雰囲気を介して真空排気するための真空排気手段と、を備えたことを特徴とする成膜装置。
【請求項２】
前記下部材及び上部材の組が前記真空容器内に複数組配置されていることを特徴とする請求項１に記載の成膜装置。
【請求項３】
前記下部材及び上部材の組が前記真空容器内に当該真空容器の周方向に複数組配置されていることを特徴とする請求項１に記載の成膜装置。
【請求項４】
前記昇降機構は、複数の下部材に対して共通化されているかまたは複数の上部材に対して共通化されていることを特徴とする請求項２または３に記載の成膜装置。
【請求項５】
前記上部材における凹状の面は、上部から下方に向けて末広がりの形状に形成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。
【請求項６】
前記上部材の中央部には、反応ガスを供給するためのガス供給口が形成されていることを特徴とする請求項１ないし５のいずれか一つに記載の成膜装置。
【請求項７】
前記ガス供給部は、第１の反応ガスを供給する第１の反応ガス供給部と、前記第１の反応ガスと反応して反応生成物を生成する第２の反応ガスを供給するための第２の反応ガス供給部と、パージガスを供給するパージガス供給部と、を含み、
前記第１の反応ガスと第２の反応ガスとを処理空間に交互に供給し、第１の反応ガスの供給のタイミングと第２の反応ガスの供給のタイミングとの間にパージガスを前記処理空間に供給するように制御され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。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、第１の反応ガスと第２の反応ガスとを交互に供給し排気するサイクルを複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「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（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の反応ガスとして酸素ガス等が用いられる。

【０００４】

この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。一般的に枚葉式の成膜装置は、例えば基板の載置領域を備えた載置台を真空容器内に設け、平坦なガス吐出面を有するガスシャワーヘッドを当該ガス吐出面が前記載置領域に対して平行となるように配置して、ガスシャワーヘッドから載置台へ向けて反応ガスを吐出する構成となっている。このとき載置台上の基板には、予め決めた濃度の反応ガスが供給されるように反応ガスが供給されるが、既述のように平坦なガス吐出面を基板の載置面に対して平行に配置すると、基板の周囲にはガスの流れを遮るものがないことから、基板表面に供給された反応ガスは直ちに周囲の反応容器内の空間へと流れ出てしまう。このため、例えば反応ガスを切り替えるまでの基板表面の反応ガスの平均濃度を予め決めた値以上に保とうとすると、周囲の空間への流出分を補って反応ガスを供給しなければならず、高価な反応ガスを必要量以上に消費してしまうという問題があった。

【０００５】

また上記の成膜方法は、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、処理時間が長く、さらに基板を１枚処理するたびに処理容器内への基板の搬入出や処理容器内の真空排気等を行う必要があり、これらの動作に伴う時間的なロスも大きく、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。

【０００６】

そこで例えば特許文献１、２に記載されているように、例えば円形の載置台上に周方向に複数枚の基板を載置し、この載置台を回転させながら載置台上の基板に反応ガスを切り替えて供給することにより成膜を行う装置が知られている。例えば特許文献１に記載の成膜装置では、載置台の周方向に区画され、互いに異なる反応ガスが供給される複数の処理空間を設け、また特許文献２に記載の成膜装置では当該載置台の上方に径方向に伸びだし、異なる反応ガスを載置台に向かって吐出する例えば２本の反応ガス供給ノズルを設けて、この載置台を回転させて当該載置台上の基板をこれら複数の処理空間内や反応ガスノズルの下方を通過させることにより、各基板に交互に反応ガスを供給して成膜を行っている。このようなタイプの成膜装置は、反応ガスのパージ工程がなく、また一回の搬入出や真空排気動作で複数枚の基板を処理できるのでこれらの動作に伴う時間を削減してスループットを向上させることができる。

【０００７】

しかしながら近年の基板の大型化に伴い、例えば半導体ウエハ（以下、ウエハという）の場合には直径が３００ｍｍにもなる基板に対して成膜が行われる。このため、共通の載置台上に複数のウエハを載置すると、隣り合うウエハ同士の間に形成される隙間も比較的大きくなってしまい、反応ガス供給ノズルからはこの隙間に向かっても反応ガスを供給することとなり、成膜に寄与しない反応ガスが消費されてしまう。

【０００８】

また例えば、載置台の中心から半径１５０ｍｍの円を描く位置に、直径３００ｍｍの円盤状のウエハの一端を外接させて載置し、この載置台を６０ｒｐｍの速さで回転させたとする。この場合には、載置台の周方向への移動速度は、載置台の中央側と周縁側との間で約３倍異なるので、反応ガス供給ノズルの下方を通過するウエハの速度も載置されている

位置によって最大で３倍異なることになる。

【０００９】

ここで反応ガス供給ノズルから供給される反応ガスの濃度が載置台の径方向に一定である場合には、当該ノズルの下を通過するウエハの速度が大きくなるにつれて、ウエハ表面で成膜に関与することのできる反応ガスの量は少なくなる。このため、反応ガス供給ノズルの下方を通過する速度が最も速くなる載置台の周縁部に載置されたウエハ表面にて成膜に必要な反応ガス濃度が得られるように、当該ノズルから供給する反応ガスの量が決定される。しかしながら通過速度が最も速くなる載置台の周縁部の必要量に合わせて反応ガスを供給すると、当該周縁部よりも移動速度の遅い内側の領域には必要量以上に高い濃度の反応ガスが供給されることになり、成膜に関与しない反応ガスはそのまま排気されてしまう。ここでＡＬＤなどに用いられる原料ガスは液体原料を気化させ、あるいは固体原料を昇華させて得られるものが多いが、これらの原料は高価であるところ、上述した載置台を回転させる方式の成膜装置では、ウエハのスループットを向上に伴ってこうした高価な反応ガスを成膜に必要な量以上に消費してしまうことから、スループットを向上させつつ反応ガス消費量の少ない成膜装置が求められていた。

【特許文献１】特許３１４４６６４号公報：図１、図２、請求項１

【特許文献２】特開２００１－２５４１８１号公報：図１、図２

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【００１０】

本発明はこのような事情に基づいて行われたものであり、その目的は、反応ガスの消費を抑制した成膜装置を提供することにある。また、他の発明の目的は、成膜装置のスループットを向上させることである。

【課題を解決するための手段】

【００１１】

本発明に係る成膜装置は、真空容器内にて、基板に対して反応ガスにより成膜処理を行う成膜装置において、

前記真空容器内に設けられ、基板の載置領域を含む下部材と、

この下部材の上方側に設けられ、前記載置領域との間に処理空間を形成するために当該載置領域に対向する面が凹状に形成されると共に、前記下部材における載置領域の外側との間に、処理空間の圧力または処理空間内における前記反応ガスの滞留時間の少なくとも一方を調整するための隙間が形成される上部材と、

前記処理空間に少なくとも反応ガスを供給するためのガス供給部と、

前記隙間の大きさを調整するために前記下部材を上部材に対して相対的に昇降させる昇降機構と、

前記処理空間を前記隙間及び真空容器内の雰囲気を介して真空排気するための真空排気手段と、を備えたことを特徴とする。

【００１２】

ここで前記下部材及び上部材の組が前記真空容器内に複数組配置されていること、例えば当該真空容器の周方向に複数組配置されていることが好ましく、この場合には、前記昇降機構は、複数の下部材に対して共通化されているかまたは複数の上部材に対して共通化されていることが好適である。前記上部材における凹状の面は、上部から下方に向けて末広がりの形状に形成されているとよく、前記上部材の中央部には、反応ガスを供給するためのガス供給口が形成されていることが好ましい。

【００１３】

また、前記ガス供給部は、第１の反応ガスを供給する第１の反応ガス供給部と、前記第１の反応ガスと反応して反応生成物を生成する第２の反応ガスを供給するための第２の反応ガス供給部と、パージガスを供給するパージガス供給部と、を含み、

前記第１の反応ガスと第２の反応ガスとを処理空間に交互に供給し、第１の反応ガスの供給のタイミングと第２の反応ガスの供給のタイミングとの間にパージガスを前記処理空

間に供給するように制御することが好ましい。

【発明の効果】

【００１４】

本発明によれば、第１の反応ガス及び第２の反応ガスを交互に基板に供給していわゆるＡＬＤ（あるいはＭＬＤ）により成膜を行う装置において、上部材の凹状の面と下部材との間に形成される処理空間内に基板を配置し、これらの部材の間に形成される隙間の大きさを調整することにより、処理空間内の圧力や、当該空間内における反応ガスの滞留時間を調整することができる。このため、基板表面に成膜を行うために必要な条件を狭小な処理空間内に作り出すことができることから、例えば平坦なガス吐出面を有するガスシャワーヘッドを載置台に対して平行となるように真空容器内に配置して反応ガスを供給する方式の成膜装置と比較して、少ない反応ガスで成膜を行うことができる。

【００１５】

また、共通の処理容器内に前記上部材と下部材とを複数組配置した他の発明に係る成膜装置によれば、複数枚の基板を載置可能な大型の回転テーブルを用意して、当該回転テーブルの上面側に処理空間を設ける場合と比較して、処理空間の容積を小さくすることができる。この結果、基板同士の隙間など、成膜には関与しない領域に反応ガスを供給する必要がないことから、成膜処理に必要な反応ガスの供給量を削減することが可能となり、成膜に要するコストを低減することが可能となる一方、処理空間の容積が小さいことから、当該空間への反応ガスの供給、排気時間も削減され、トータルの成膜時間が短くなって、成膜装置のスループットの向上にも貢献することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１６】

本発明の実施の形態に係る成膜装置は、図１（図２のＩ－Ｉ’線に沿った縦断面図）～図３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、当該の真空容器１の周方向に沿って配置された複数、例えば５つの載置台２と、これらの各載置台２に対向する位置に設けられ、当該載置台２との間に処理空間を形成するための上部材である天板部材２２と、を備えている。載置台２は、この例では、基板の載置領域を有する下部材を成すものである。真空容器１は天板１１及び底板１４を側壁部１２から分離できるように構成されており、天板１１及び底板１４は、封止部材例えばＯリング１３を介して側壁部１２に、気密状態を維持しつつねじなどの不図示の留め具により固定されている。

【００１７】

側壁部１２から天板１１、底板１４を分離するときには、天板１１を図示しない駆動機構により持ち上げ、また底板１４を後述の昇降機構により降下させることができるようになっている。

【００１８】

載置台２は、例えばアルミニウムやニッケルなどからなる円形状の板部材であり、当該載置台２の直径は、本成膜装置で処理される基板である例えば直径３００ｍｍのウエハＷよりもひとまわり大きく形成されている。各載置台２の上面には凹部２６が設けられていて、ウエハＷを載置するための載置領域（載置面）となっている。また各載置台２には、載置面上のウエハＷを加熱するための、例えばシート状の抵抗発熱体より構成される加熱手段を成すステージヒータ２１が埋設されており、不図示の電源部より供給される電力によって載置台２上のウエハＷを例えば３００℃～４５０℃程度に加熱することができる。なお必要に応じて載置台２内に図示しない静電チャックを設けて、載置台２上に載置されたウエハＷを静電吸着して固定することができる。また図３には便宜上１個の載置台２だけにウエハＷを描いてある。

【００１９】

各載置台２は、底面側の中央部を支持腕２３によって支持されており、これら支持腕２３の基端側は、底板１４の中央部を垂直方向に貫通する支柱２４の頂部に接続されている。本例では例えば５本の支持腕２３が、載置台２を支持する先端側を真空容器１の径方向

に向けてほぼ水平に伸び出しており、隣り合う支持腕２３同士は周方向にほぼ等角度の間隔を空けて放射状に配置されている。この結果、図２、図３に示すように、支持腕２３の先端部に支持された載置台２についても支柱２４の周囲に、真空容器１の周方向に沿って等間隔に配置された状態となり、各載置台２の中心は支柱２４を中心とする円の周上に位置することとなる。

【００２０】

底板１４を貫通する支柱２４の下端側は駆動部５１と接続されており、支持腕２３を介して当該支柱２４に接続された全ての載置台２を同時に上下に昇降させることができる。即ち、本例においては支持腕２３、支柱２４、駆動部５１は各載置台２の共通の昇降手段を構成している。また駆動部５１は、支柱２４を鉛直軸周りに例えば一回転させることができる回転手段としての役割も備えており、これにより支持腕２３に支持された載置台２を当該鉛直軸周りに周方向に移動させることができる。また図１に示すスリーブ２５は支柱２４を収納して真空容器１の気密状態を維持する役割を果たし、磁気シール１８は当該支柱２４とスリーブ２５で囲まれた空間内の雰囲気と、真空容器１内の雰囲気とを気密に区画する役割を果たす。

【００２１】

真空容器１の側壁部１２には図２、図３に示すように外部の基板搬送手段である搬送アーム１０１と各載置台２との間でウエハＷの受け渡しを行うための受け渡し口を成す搬送口１５が形成されており、この搬送口１５は図示しないゲートバルブにより開閉されるようになっている。各載置台２は、支柱２４を回転させることにより真空容器１内を周方向に移動し、搬送口１５に臨む位置にて順次停止してウエハＷの受け渡しを行うことができる。当該受け渡し位置の下方側の底板１４には、各載置台２に設けられた不図示の貫通孔を介して載置面から突没し、ウエハＷを裏面側から持ち上げて搬送アーム１０１と各載置台２との間の受け渡しを行うための例えば３本の昇降ピン１６が設けられている。昇降ピン１６は、その底部を昇降板５３に支持され、この昇降板５３を駆動部５２によって上下させることにより、昇降ピン１６全体を昇降させることができる。ベローズ１７は、昇降ピン１６を覆って底板１４の底面と昇降板５３とに接続されており、真空容器１内の気密状態を維持する役割を果たす。

【００２２】

真空容器１の天板１１の下面には、既述の載置台２と同様に、真空容器１の中心の周囲に周方向に並ぶように、載置台２と同数の例えば５つの天板部材２２が固定されており、成膜を行う際には各天板部材２２は夫々１つの載置台２に対向して処理空間２０を形成し、５つの組（載置台２と天板部材２２との組）を構成する。ここで既述のように載置台２は、支柱２４を中心として周方向に移動可能に構成されていることから、これらの載置台２を予め定めた位置（以下、この位置を「処理位置」という）に停止させた場合に、天板部材２２は各々対応する載置台２と対向することとなる。

【００２３】

図４に示すように各天板部材２２は、上面に平坦面を有する円柱体の下面を、周縁から中心部に向かうにつれて連続的に深くなるように窪ませて、上部から下に向かうにつれて末広がりの円錐形状を成す凹状の面（ラッパ形状の凹部）を形成した本体部分２２ａと、この本体部分２２ａの外周に、これを密着して囲むようにして設けられていると共に、その下端面が平坦面を成し、前記本体部分の周縁の高さと同じ高さ寸法に形成されたスリーブ２２ｂとを備えている。これらの本体部分２２ａとスリーブ２２ｂとは例えばアルミニウムなどから構成されている。前記凹部は、例えば載置台２上に載置されるウエハＷの全体を覆うように当該ウエハＷよりも一回り大きな径を有する円形状に開口しており、天板部材２２の下端から載置台２の上面までの距離は「ｈ」となっている。スリーブ２２ｂの底面は、この天板部材２２の下端と同じ高さ位置となっているため、載置台２を天板部材２２に対向させると、天板部材２２の下縁と載置台２との間には、周方向に幅「ｈ」の隙間が形成される。

【００２４】

このように凹部を備えた天板部材２２と円盤状の載置台２とを対向させて配置することにより、各組の載置台２と天板部材２２との間には、例えば本例では円錐状の空間が形成される。本実施の形態に係る成膜装置では、これらの空間は複数種類の反応ガスを切り替えて拡散させ、ウエハＷ表面にて吸着、反応させて成膜を行う処理空間２０となっている。そして処理空間２０内に供給された各種ガスは、当該処理空間２０の周方向に沿って載置台２と天板部材２２との間に形成された前述の隙間を介して真空容器１内へと流出することになる。本実施の形態に係る成膜装置において当該隙間は、処理空間２０内と、当該処理空間２０の外部である真空容器１内の雰囲気（後述の排気空間１０に相当する）とを連通するための排気用開口部に相当する。

【００２５】

各天板部材２２の円錐状に形成された凹部の頂部にはガス供給口２２１が形成されており、このガス供給口２２１より処理空間２０内に反応ガス及び当該反応ガスをパージするパージガスが供給される。

【００２６】

天板１１の中央部上には各処理空間２０にガスを供給するためのマニホールド部３が設けられている。マニホールド部３は、ガス供給路３２を形成する垂直な筒状の流路部材３１ａと、このガス供給路３２の下流端が、その上面中央部に接続された大径の扁平な円筒部材３１ｂとを備えている。そして、この円筒部材３１ｂは、垂直なガス供給路３２から導入されるガスを拡散して、５本のガス供給管３４に供給するためのガス拡散室３３を構成する。

【００２７】

ガス供給管３４は各々同様に構成されており、大径の円筒部材３１ｂの側壁から周方向に略等角度の間隔をおいて放射状に伸び出している。そして各ガス供給管３４の下流端は前記ガス供給口２２１に接続されている。

【００２８】

流路部材３１ａには、気化して成膜を行うための原料ガスを生じる例えばＢＴＢＡＳなどの第１の反応ガスの原料となる液体原料を横方向からガス供給路３２に供給するインジェクタ４が設けられている。原料ガスについては後に詳述する。このインジェクタ４には液体原料の供給配管７１３が接続されており、供給配管７１３の上流側は後述の制御部１００によりその動作が制御されるポンプ７１１を介して、前記ＢＴＢＡＳなどの液体原料が貯留された原料ガス供給源７１に接続されている。この原料ガス供給源７１としては例えばインジェクタ４の上方に配置され、原料ガス供給源７１からインジェクタ４までの供給路が長くなることを抑えている。このような配置によって、液体原料の劣化即ち揮発や分解による液体原料中のＢＴＢＡＳの濃度が低下することを抑えて、装置の運転のコストの低下を図っている。このように液体原料の劣化を抑えるため、原料ガス供給源７１からインジェクタ４間での供給配管の長さは例えば２ｍ以下に構成されている。

【００２９】

このインジェクタ４としては従来公知のものが用いられ、その構成の要部を縦断面図である図６を参照しながら以下に簡単に説明する。インジェクタ４は本体部４１を備え、本体部４１には前記液体原料が供給される供給通路４２が、その長さ方向に設けられている。図中の矢印は液体原料の流れを示しており、液体原料は前記ポンプ７１１により加圧された状態でこの供給通路４２を流通する。

【００３０】

前記供給通路４２の上流側には液体成膜原料を浄化するためのフィルタ４４Ａが設けられている。また供給通路４２の下流側は縮径されて縮径部４２Ａを成し、その縮径部４２Ａの下流端にはニードルバルブ４４によって開閉される吐出口４５が形成されている。ニードルバルブ４４はプランジャ４６を介してリターンスプリング４７により下流側へ向かって付勢されており、それによって前記縮径部４２Ａに当接し、吐出口４５が塞がれている。また、プランジャ４６を囲むように設けられたソレノイド４８は電流供給部４９に接続されており、電流が供給されることで電磁石として機能する。前記電流供給部４９は、制

御部１００からの制御信号を受けて、ソレノイド４８への電流の給断を制御する。

【００３１】

ソレノイド４８に電流が供給されてその周囲に磁界が形成されると、プランジャ４６が供給通路４２の上流側へと引かれ、それと同時にニードルバルブ４４が上流側に引かれて吐出口４５が開放され、供給通路４２に加圧された状態で貯留されていた液体原料が当該吐出口４５からガス供給路３２に吐出される。図中大きな点線の丸で囲った部分にはこのように吐出口４５が開放され、この吐出口４５から液体原料がガス供給路３２に吐出されるときの状態を拡大して示している。

【００３２】

このようにインジェクタ４による液体原料の吐出が行われるときにガス供給路３２は減圧されているので、液体原料は減圧沸騰してガスとなり、そのガスが下流へ流通する。ソレノイド４８による磁界の形成が停止すると、リターンスプリング４７によりプランジャ４６が下流側へと押し戻され、ニードルバルブ４４により吐出口４５が塞がれる。ポンプ７１１の圧力と吐出口４５の開口時間とにより、ガス供給路３２で生成する第１の反応ガスの量が制御される。なお、このようにインジェクタ４より液体原料を減圧されたガス供給路３２に供給して気化させる他に、供給配管７１３に気化器を設けて、当該気化器により液体原料を通流空間に供給する前に予め気化させて反応ガスを生成させ、その反応ガスを供給路３２に供給してもよい。

【００３３】

マニホールド部３には、液体原料を供給する供給配管７１３の他に図７に示すように各種のガスをガス供給路３２へ供給するためのガス供給配管７２３、７３３が上下に接続されており、これらの配管７２３、７３３は上流側で夫々各種のガス供給源７２、７３と夫々接続されている。この例ではガス供給配管７２３，７３３はインジェクタ４による液体原料の供給方向とは異なる方向から各ガスをガス供給路３２に供給できるようにマニホールド部３に接続されている。

本実施の形態に係る成膜装置は、金属元素、例えば周期表の第３周期の元素であるＡｌ、Ｓｉなど、周期表の第４周期の元素であるＴｉ、Ｃｒ、Ｍｎ、Ｆｅ、Ｃｏ、Ｎｉ、Ｃｕ、Ｚｎ、Ｇｅなど、周期表の第５周期の元素であるＺｒ、Ｍｏ、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｐｄ、Ａｇなど、周期表の第６周期の元素であるＢａ、Ｈｆ、Ｔａ、Ｗ、Ｒｅ、ｌｒ、Ｐｔなどの元素を含む薄膜を成膜することが可能であり、ウエハＷ表面に吸着させる金属原料としてはこれらの金属元素の有機金属化合物や無機金属化合物などを反応ガス（以下、原料ガスという）として用いる場合が挙げられる。金属原料の具体例としては、上述のＢＴＢＡＳの他に、例えばＤＣＳ［ジクロロシラン］、ＨＣＤ[ヘキサジクロロシラン]、ＴＭＡ[トリメチルアルミニウム]、３ＤＭＡＳ[トリスジメチルアミノシラン]などを挙げることができる。

【００３４】

またウエハＷ表面に吸着した原料ガスを反応させて、所望の膜を得る反応には、例えばO_2、O_3、H_2Oなどを利用した酸化反応、H_2、ＨＣＯＯＨ、CH_3COOHなどの有機酸、CH_3OH、C_2H_5OHなどのアルコール類などを利用した還元反応、CH_4、C_2H_6、C_2H_4、C_2H_2などを利用した炭化反応、NH_3、NH_2NH_2、N_2などを利用した窒化反応などの各種反応を利用することができる。本実施の形態では背景技術にて例示したＢＴＢＡＳガスを原料ガスとして、酸素ガスを用いて酸化反応によりSiO_2膜を成膜する例について説明する。

【００３５】

酸素ガス供給用の配管７２３は酸素ガス供給源７２と接続され、またパージガス供給配管７３３はパージガス供給源７３と接続され、夫々第２の反応ガスである酸素ガス及び、パージガスであるアルゴンガスを既述のガス供給路３２へと供給することができる。ここでこれら酸素ガスやアルゴンガスをガス供給路３２へと供給する供給配管７２３、７３３には、例えばダイヤフラム式の圧力調整弁７２１、７３１と、例えばディスク型のプランジャを採用した電磁弁からなる開閉弁７２２、７３２とが介設されており、一定圧力の各

種ガスを大流量、且つ高い応答速度で供給することができるようになっている。

【００３６】

これら各ガス供給源７１～７３に接続されたポンプ７１１、圧力調整弁７２１、７３１及び開閉弁７２２、７３２は、成膜装置のガス供給制御部７を構成しており、後述する制御部１００からの指示に基づいて各種ガスの供給タイミングや等を制御することができる。

また本例では、以上に説明した各構成要素のうち、原料ガス供給源７１、ポンプ７１１、原料ガス供給配管７１３、インジェクタ４、マニホールド部３及びガス供給管３４は、第１の反応ガス供給部に相当し、酸素ガス供給源７２、圧力調整弁７２１、開閉弁７２２、酸素ガス供給配管７２３、マニホールド部３及びガス供給管３４は、第２の反応ガス供給部に相当し、またパージガス供給源７３、圧力調整弁７３１、開閉弁７３２、パージガス供給配管７３３、マニホールド部３及びガス供給管３４はパージガス供給部に相当している。

【００３７】

また、流路部材３１ａの上側には処理空間２０内にプラズマガスを供給するためのリモートプラズマ供給部５４が設けられている。装置のメンテナンスを行うにあたり、後述のように排気を行いながらNF_3ガスを処理空間２０に供給したときに、このリモートプラズマ供給部５４によりそのNF_3ガスをプラズマ化させて、プラズマを生成する。そして、このプラズマにより処理空間内２０の付着物は処理空間２０の壁面から除去され、処理空間２０内に形成される排気流に乗って処理空間２０から除去される。ところでリモートプラズマ供給部５４の代わりにインジェクタ４を流路部材３１ａの上側に設けて、流路部材３１ａのガス供給路３２の形成方向に沿ってインジェクタ４から液体原料を供給してもよい。

【００３８】

真空容器１の説明に戻ると、図１、図３に示すように例えば底板１４には、支柱２４を挟んで搬送口１５とは反対側の位置にて、各反応ガス及びパージガスを排気するための共通の排気口６１が設けられている。この排気口６１は排気管６２と接続されており、当該排気管６２は、真空容器１内の圧力調整を行う圧力調整手段６３を介して真空排気手段を成す真空ポンプ６４に接続されている。ここで真空容器１内には、既述のように成膜が行われる処理空間２０を構成する５組の載置台２、天板部材２２が配置されており、これらの処理空間２０から流出した各種ガスはこの真空容器１内を通って共通の排気口６１へと排気されることから、当該真空容器１は反応ガスの排気空間１０を構成していることになる。即ち本実施の形態に係る成膜装置では、共通の排気空間１０内に複数の処理空間２０が配置された構造となっているといえる。

【００３９】

以上に説明した構造を備える成膜装置は、既述のガス供給源７１～７３からのガス供給動作、載置台２の回転及び昇降動作や真空ポンプ６４による真空容器１の排気動作、各ステージヒータ２１による加熱動作などを制御する制御部１００を備えている。制御部１００は例えば図示しないＣＰＵと記憶部とを備えたコンピュータからなり、この記憶部には当該成膜装置によってウエハＷへの成膜を行うのに必要な制御、例えばガス供給源７１～７３からの各種ガス供給の給断タイミングや供給量調整に係る制御、真空容器１内の真空度を調節する制御、載置台２の昇降、回転動作制御や各ステージヒータ２１の温度制御などについてのステップ（命令）群が組まれたプログラムが記録されている。このプログラムは、例えばハードディスク、コンパクトディスク、マグネットオプティカルディスク、メモリカードなどの記憶媒体に格納され、そこからコンピュータにインストールされる。

【００４０】

以下、本実施の形態に係る成膜装置の動作について説明する。先ず載置台２をウエハＷの受け渡し位置に下降させた状態で図８に示すように、図示しないゲートバルブにより搬送口１５を開き、外部の搬送アーム１０１を搬送口１５より進入させて真空容器１内にウエハＷを搬入する。このとき、真空容器１内の搬送口１５に対向する位置（ウエハＷの受

け渡し位置）には、支柱２４を回転させることにより、次にウエハＷを載置する載置台２が待機している。そして不図示の貫通孔を介して昇降ピン１６を載置台２から突出させ搬送アーム１０１から昇降ピン１６にウエハＷを受け渡し、搬送アーム１０１を真空容器１外に退避させてから昇降ピン１６を載置台２の下方へと没入させることにより、載置面である凹部２６内にウエハＷが載置される。そしてウエハＷは不図示の静電チャックにより吸着固定される。

【００４１】

このようにして５つの載置台２に順次ウエハＷを載置する動作を繰り返してウエハＷの搬入を完了したら、各載置台２を処理位置まで移動させて天板部材２２に対向させた状態で停止する。このとき載置台２はステージヒータ２１により予め例えば３００℃～４５０℃に加熱されており、ウエハＷはこの載置台２に載置されることで加熱される。そして、ウエハＷの搬入位置まで下降していた載置台２を上昇させ、例えば当該成膜のレシピにて選択された高さ位置にて停止させる。

【００４２】

ここで本実施の形態に係る成膜装置は、載置台２を停止させる高さ位置を調節することにより、載置台２と天板部材２２との間に形成される隙間の幅（隙間の大きさ）を例えば「ｈ＝１ｍｍ～６ｍｍ」の範囲で変化させることができる。例えば図９（ａ）には、前記隙間の幅を「ｈ＝４ｍｍ」とした場合を示し、図９（ｂ）には前記隙間の幅を「ｈ＝２ｍｍ」とした場合を示している。

【００４３】

このようにして各載置台２を天板部材２２に対向させ、隙間の幅を調節したら、搬送口１５を閉じて真空容器１内を気密な状態とした後、真空ポンプ６４を稼動させて真空容器１内を引き切りの状態とする。そして真空容器１内が所定の圧力、例えば１３．３Ｐａ（０．１Ｔｏｒｒ）まで真空排気され、さらにウエハＷの温度を既述の温度範囲の例えば３５０℃まで昇温したら成膜を開始する。

【００４４】

本実施の形態に係る成膜装置を用いたいわゆるＡＬＤプロセスにおいては、成膜は例えば図１０（ａ）、図１０（ｂ）に示すガス供給シーケンスに基づいて実行さる。図１０（ａ）、図１０（ｂ）は夫々載置台２と天板部材２２との間の隙間の幅が「ｈ＝４ｍｍ」（図９（ａ）に対応）の場合と、「ｈ＝２ｍｍ」（図９（ｂ）に対応）の場合とにおけるガス供給シーケンスを示した模式図である。これらの図の横軸は時間を示し、縦軸は処理空間２０内の圧力を示している。

【００４５】

例えば図１０（ａ）（ｈ＝４ｍｍ）の場合を見てみると、まず原料（ガス第１の反応ガス：ＢＴＢＡＳ）を各処理空間２０内に供給し、載置台２上のウエハＷに吸着させる工程を実行する（原料ガス吸着工程：以下、「吸着工程」と略記する。図１０（ａ）中に「ａ工程」と記載してある）。このとき原料ガス供給源７１に貯留されているＢＴＢＡＳの液体原料は、例えばインジェクタ４の吐出口４５を例えば１ｍｓ間だけ開くことにより、減圧されたガス供給路３２に吐出されて、減圧沸騰し、第１の反応ガスであるＢＴＢＡＳガスとなって図１１に矢印で示すように下流側のガス拡散室３３に供給される。そして、ＢＴＢＡＳガスはガス拡散室３３を拡散して、下流側へと向かう。

【００４６】

そして、気化された原料ガスは、ガス供給口２２１を介して各処理空間２０へ導入され、これにより図１０（ａ）中のａ工程に示すように処理空間２０内の圧力が例えば１３３．３２Ｐａ（１Ｔｏｒｒ）まで上昇する。一方、既述のように各処理空間２０は排気空間１０内に配置されていることから、処理空間２０内に供給された原料ガスは処理空間２０内よりも圧力の低い排気空間１０に向けて流れ、載置台２と天板部材２２との間の隙間を介して排気空間１０へと流出する。

【００４７】

この結果、図１２に示すように原料ガスは、円錐状の処理空間２０の頂部、即ちウエハ

Ｗ中央部の上方に設けられたガス供給口２２１より処理空間２０内に供給され、当該処理空間２０内を広がりながらウエハＷの表面を前記隙間へ向けて径方向に流れ、この間、当該ウエハＷの表面に吸着してＢＴＢＡＳの分子層を形成する。そして間欠的に供給された原料ガスが処理空間２０内から排気空間１０へ向けて排気されるにつれて、図１０（ａ）のａ工程に示したように処理空間２０内の圧力は低下していく。

【００４８】

次いで、例えば処理空間２０の圧力が原料ガス導入前とほぼ同じ圧力となるタイミング、例えば原料ガスを供給してから予め決めた時間が経過したタイミングにて、処理空間２０内に滞留している原料ガスをパージする工程に移る（図１０（ａ）の$ｂ_1$工程）。ここで例えばパージガス供給源７３の下流に設けられた圧力調整弁７３１は出口側の二次圧を０．１ＭＰａと一定にするように調整されており、開閉弁７３２は入口側にこの圧力がかかった状態で「閉」となっている。そして$ｂ_1$工程の開始タイミングにて例えば１００ｍｓ間だけ開閉弁７３２を「開」とすると、当該開閉弁７３２前後の圧力バランス、及び開閉弁７３２の開放時間に応じた量のパージガスがマニホールド部３を介して処理空間２０に供給される。

【００４９】

この結果、原料ガスの場合と同様に図１２に示すように、パージガスは円錐状の各処理空間２０を広がりながらウエハＷの表面を流れ、処理空間２０内に滞留している原料ガスと共に載置台２と天板部材２２との間の隙間を介して排気空間１０へ向けて排気される。この際、処理空間２０内の圧力は図１０（ａ）の$ｂ_1$工程に示すように、開閉弁７３２の開閉動作によって供給されたパージガスの量に応じて例えば６６６．７Ｐａ（５Ｔｏｒｒ）まで上昇し、このパージガスが排気空間１０へ向けて排気されるにつれて低下する。

【００５０】

こうして処理空間２０内に滞留している原料ガスがパージガスと共に排気されたタイミング、例えばパージガスを供給してから予め決めた時間経過したタイミングにて、ウエハＷに吸着した原料ガスを酸化するために、処理空間２０内に第２の反応ガスである酸素ガスを供給する工程を実行する（以下、「酸化工程」という。図１０（ａ）のｃ工程）。例えば酸素ガス供給源７２の下流に設けられた圧力調整弁７２１は、パージガスの圧力調整弁７３１と同様に出口側の二次圧を０．１ＭＰａにするように調整されており、開閉弁７２２は入口側にこの圧力がかかった状態で「閉」となっている。そしてｃ工程の開始タイミングにて例えば１００ｍｓ間だけ開閉弁７２２を「開」とすると、当該開閉弁７２２前後の圧力バランス、及びこれを開とした時間に応じた量の酸素ガスがマニホールド部３を介して処理空間２０に供給される。

【００５１】

そしてこれまでのガス供給の場合と同様、図１２に示すように酸素ガスは円錐形の処理空間２０を広がりながらウエハＷの表面を流れ、ウエハＷ表面に吸着している原料ガスを酸化することにより$ＳｉＯ_2$の分子層が形成される。この際、処理空間２０内の圧力は図１０（ａ）のｃ工程に示すように、開閉弁７２２の開閉動作によって供給された酸素ガスの量に応じて６６６．７Ｐａ（５Ｔｏｒｒ）まで上昇し、このパージガスが排気空間１０へ向けて排気されるにつれて低下する。

【００５２】

引き続き、例えば処理空間２０の圧力が酸素ガス導入前とほぼ同じ圧力となるタイミング、例えば酸素ガスを供給してから予め決めた時間が経過したタイミングにて、既述の$ｂ_1$工程と同じ要領にてパージガスを供給し、処理空間２０内に滞留している酸素ガスをパージする（$ｂ_2$工程）。そして図１０（ａ）に示すように、以上に説明した４つの工程を１サイクルとすると、当該サイクルを予め決められた回数、例えば１２５回繰り返して$ＳｉＯ_2$の分子層を多層化し、たとえば１０ｎｍの膜厚を有する膜の成膜を完了する。なお、図１０（ａ）及び後述の図１０（ｂ）は、説明の便宜上、各工程における処理空間２０内の圧力パターンを模式的に表したものであり、当該処理空間２０内の厳密な圧力を示しているものではない。

【００５３】
成膜を終えたらガスの供給を停止し、ウエハＷの載置された載置台２を搬送口１５まで降下させ、真空容器１内の圧力を真空排気前の状態に戻した後、搬入時とは逆の経路で外部の搬送アーム１０１によりウエハＷを搬出し、一連の成膜動作を終える。

【００５４】
以上に説明した動作に基づき成膜を行う本実施の形態に係る成膜装置は、５つの処理空間２０に共通のマニホールド部３から反応ガスの供給が行われ、また共通の排気空間１０へ向けて各処理空間２０からの反応ガスの排気が行われることになる。このため、５つの処理空間２０の間で供給される反応ガスの量に若干の差を生じる場合も考えられる。しかしながら、本成膜装置はウエハＷ表面への反応ガスの吸着を利用するＡＬＤプロセスを採用していることから、各処理空間２０への反応ガス供給量に多少の偏りなどがあったとしても、分子層を形成可能な十分な量の反応ガスをウエハＷ表面に供給することが可能であれば、膜厚などの膜質がウエハＷ面間で均一な膜を成膜することができる。

【００５５】
また本実施の形態に係る成膜装置は、既述のように載置台２と天板部材２２との間の隙間を「ｈ＝１ｍｍ～６ｍｍ」の範囲で変化させることができ、これまで説明した図１０（ａ）は「ｈ＝４ｍｍ」（図９（ａ））の場合についてのガス供給シーケンスを示している。そこで、図９（ｂ）に示すように、「ｈ＝２ｍｍ」として載置台２と天板部材２２との間の隙間を狭くした場合の成膜装置の作用とガス供給シーケンスへの影響について以下に説明する。

【００５６】
今、例えば処理空間２０内の圧力が一定（例えば圧力Ｐ１）となるようにインジェクタ４からの原料ガスの供給量を調節した後、載置台２－天板部材２２間の隙間を狭くしていくと、この隙間をガスが通過する際の圧力損失が大きくなることから、処理空間２０から排気空間１０へのガスの排気速度は低下し、処理空間２０内における反応ガスの滞留時間は長くなる。このときの処理空間２０内の圧力変化の様子を模式的に表すと、図１３（ａ）に示すように、隙間を狭くする前の処理空間２０内の圧力は実線「Ｓ１」に示すように短時間で急峻に低下するのに対し、隙間を狭くした後の圧力は破線「Ｓ２」に示すようになだらかに低下する。ここで、図１３（ａ）～図１３（ｃ）の横軸Ｔは時間を示し、縦軸Ｐは処理空間２０内の圧力を示している。

【００５７】
次に、処理空間内の圧力が前記圧力「Ｐ１」よりも低い圧力（例えば圧力Ｐ２）となるようにインジェクタ４からの原料ガスの供給量を調整して、同様に載置台２と天板部材２２との間の隙間を変化させると、隙間を狭くする前後での処理空間内２０内の圧力は、図１３（ｂ）に模式的に示すように、既述の図１３（ａ）よりは全体の変化がなだらかになるものの、隙間を狭くする前は実線「Ｓ３」に示すように比較的短時間で圧力が低下し、隙間を狭くした後は破線「Ｓ４」に示すように比較的長い時間をかけて低下する。

【００５８】
このように、本実施の形態に係る成膜装置では、載置台２と天板部材２２との間の隙間の幅「ｈ」と、インジェクタ４からの原料ガスの供給量との双方を調節することにより、原料ガスの供給時間が短く、比較的多くの原料ガスを必要とする供給パターン（図１３（ｃ）中の実線「Ｓ１」に相当する）や、原料ガスの供給時間が長く、原料ガスの消費量が少なくて済む供給パターン（同図中の破線「Ｓ４」に相当する）など、処理空間２０内の圧力、または当該処理空間２０内における原料ガスの滞留時間の少なくとも一方を調整して、原料ガスの供給パターンを自在に変更することができる。

【００５９】
ここで図１０（ｂ）に示したガス供給シーケンスでは、前記隙間を「ｈ＝２ｍｍ」で固定し、原料ガスの供給量を変化させてａ工程にて形成される時間対圧力の三角形の面積が図１０（ａ）のａ工程にて形成される同三角形の面積と等しくなるように原料ガスの供給量を決定している。

【００６０】
図１０（ａ）と図１０（ｂ）との各図にて形成される三角形の面積が等しくなるように原料ガスの供給量を決定した理由は、ＡＬＤプロセスはウエハＷ表面への原料ガスの吸着を利用した成膜手法であることから、膜厚などの膜質はウエハＷ表面への原料ガス分子の衝突回数に依存すると考えられるからである。原料ガス分子のウエハＷ表面への衝突頻度は処理空間２０内の圧力、即ち処理空間２０に供給される原料ガス濃度に比例して大きくなり、成膜期間中の全衝突回数は当該衝突頻度を時間積分した値となるため、この積分値、即ち既述の三角形の面積を等しくすることにより、前記隙間の幅を変化させる前後での膜質を均一に保つことができると考えられる。図１０（ｂ）のガス供給シーケンスでは、ｃ工程及び$ｂ_1$、$ｂ_2$工程についても同様の考え方に基づいて各ガスの供給量が決定されている。

【００６１】
ここで各ガスの供給量は、インジェクタ４及び各開閉弁７２２、７３２を「開」とする時間を増減することなどにより調節できる。また前記隙間の幅を変更する前のガス供給シーケンス（本例では「ｈ＝４ｍｍ」の場合の図１０（ａ）に示すシーケンス）における前記三角形の面積等は、例えば予備実験などによって良好な膜質を得られるガス供給量などを予め把握しておくことにより決定される。なお、前記隙間の幅を変更する場合に、図１０（ｂ）に示したガス供給シーケンスを決定する手法は上述の手法に限定されるものではなく、前記隙間の幅を変化させて予備実験を行い、当該実験結果から各々の隙間の幅に最適なガス供給量を求めることにより各々の隙間の幅に合ったガス供給シーケンスを決定してもよい。

【００６２】
以上に例示した手法に基づいて前記隙間の幅を変化させた場合のガス供給シーケンスが決定されたら、例えば当該隙間の幅を変化させたことによる成膜時間の変化、即ちスループットの変化による収益への影響と、各種ガス消費量の変化によるコストへの影響とを比較し、例えばこれらの収支が最大となるように前記隙間の幅を決定するとよい。こうした載置台２と天板部材２２との間の幅の決定は、例えば成膜装置の稼動開始時や原料ガスなどのプロセス条件の変更時に行われる。

【００６３】
本発明に係る成膜装置によれば以下の効果がある。原料ガス（第１の反応ガス）及び酸素ガス（第２の反応ガス）を交互にウエハＷに供給していわゆるＡＬＤ（あるいはＭＬＤ）により成膜を行う装置において、載置領域を含む載置台２と、天板部材２２とを対向させてこの間に処理空間２０を形成すると共に、これら載置台２及び天板部材２２の複数の組を共通の真空容器１内に配置し、載置台２と天板部材２２との間に形成される隙間を介して前記処理空間２０を真空排気する構成となっている。このため、複数枚のウエハＷを載置可能な大型の回転テーブルを用意して、当該回転テーブルの上面側に処理空間を設ける場合と比較して、処理空間２０の容積を小さくすることができる。この結果、ウエハＷ同士の隙間など、成膜には関与しない領域に反応ガスを供給する必要がないことから、成膜処理に必要な反応ガスの供給量を削減することが可能となり、成膜に要するコストを低減することが可能となる一方、処理空間２０の容積が小さいことから、当該空間への反応ガスの供給、排気時間も削減され、トータルの成膜時間が短くなって、成膜装置のスループットの向上にも貢献することができる。

【００６４】
さらに本成膜装置は、静止している状態のウエハＷに対して反応ガスを供給する構成となっているため、背景技術にて説明した複数のウエハＷを載置した載置台を回転させるタイプの成膜装置のように、載置台の回転中心側と周縁側とでウエハＷの移動速度が異なることに起因する不必要な反応ガス消費が発生しない。

【００６５】
次に処理空間２０を形成する載置台２を昇降させる昇降機構（支持腕２３、支柱２４、駆動部５１）を備えた本発明に係る成膜装置によれば、以下の効果がある。天板部材２２

の凹状の面と載置台２との間に形成される処理空間２０内にウエハWを配置し、これらの部材２、２２の間に形成される隙間の大きさを調整することにより、処理空間２０内の圧力や、当該処理空間２０内における各種反応ガスの滞留時間を調整することができる。このため、ウエハW表面に成膜を行うために必要な条件を狭小な処理空間２０内に作り出すことができることから、例えば背景技術にて説明した、平坦なガス吐出面を有するガスシャワーヘッドを載置台に対して平行となるように真空容器内に配置して反応ガスを供給する方式の成膜装置と比較して、少ない反応ガスで成膜を行うことができる。

【００６６】

また、載置台２と天板部材２２との間の隙間の幅を変化させることができることにより、当該隙間の幅を広くすることによる成膜時間の短縮、即ちスループットの向上の影響と、当該幅を狭くすることによる原料ガス消費量の削減の影響とを比較検討するなどして、そのプロセスに最も適した隙間の幅を選択することが可能となり、装置のフレキシビリティが向上する。

【００６７】

ここで、既述の実施の形態中では、図１０（ａ）、図１０（ｂ）に示した各ガス供給シーケンスにおいては、吸着工程、パージ工程、酸化工程の各工程において載置台２と天板部材２２との間の幅を一定としているが、本実施の形態に係る成膜装置の運用は当該例に限定されるものではない。例えば吸着工程と酸化工程において当該隙間の幅を変化させ、処理空間２０内の圧力や反応ガスの滞留時間が各工程にて供給される反応ガスの種類に応じて変化させることにより、良質な膜を成膜するようにしてもよい。

【００６８】

なお、前記隙間の幅を変化させる手法は、上述の実施の形態中に示した載置台２を昇降させる手法に限定されるものではない。例えば天板部材２２を真空容器１の天板から降下可能に構成し、この天板部材２２を昇降させて前記隙間の幅を変化させてもよいし、載置台２と天板部材２２との双方を昇降させてもよい。

【００６９】

次に本実施の形態のマニホールド部３に係る発明には、以下の効果がある。処理ガス供給機構であるインジェクタ４及びガス供給配管７２３、７３３から供給される各ガスが共通のガス供給路３２を通り、ガス拡散室３３を拡散し、ガス供給管３４を介して各処理空間２０に供給されるため、各処理空間２０に対して個別に処理ガス供給機構を設ける場合よりも、部品の点数を少なくすることができるので、ガス供給系の構造が簡素化されるので装置の大型化及び煩雑化を防ぐことができる。それによって装置の製造コストを低減することができる。

また、各ガスが供給される処理空間２０は、天板部材２２と載置台２とから構成され、それらの間に形成される隙間を介して排気される。従って複数枚の基板を載置可能な大型の回転テーブルを用意して、当該回転テーブルの上面側に処理空間を設ける場合と比較して、処理空間２０の容積を小さくすることができるので、基板同士の隙間など、成膜には関与しない領域に反応ガスを供給する必要がないことから、成膜処理に必要な反応ガスの供給量を削減することが可能となる。また、共通の各ガス供給源から共通のガス供給路３２及びガス拡散室３３を介して各ガスが処理空間２０に供給されるので、各処理空間２０に供給されるガス流量及びガス濃度にばらつきが生じることが抑えられる。従って、各処理空間２０で処理されるウエハWの膜質や膜厚のばらつきが抑えられる。

【００７０】

さらに、ガス拡散室３３はその処理空間２０を収容する真空容器１の直上に設けられているので、当該ガス拡散室３３から処理空間２０までのガスの流路を短くすることができる。それによって処理空間に到達するまでのＢＴＢＡＳガスの再液化を抑えることができ、また、短時間で大量のガスを処理空間２０に供給しやすいため、成膜時間を短くしてスループットを高めることができる。このガス拡散室３３から各処理空間２０までの流路の長さは例えば０．３ｍ～１．０ｍである。

【００７１】

ここで本発明に係る成膜装置は、図１～図７に示したように、扁平な円筒状の真空容器１内に載置台２と天板部材２２との組を周方向に配置する場合（真空容器１と中心を同じくする円の円周上に各載置台２の中心を位置させる場合）に限定されない。例えば図１４（ａ）、図１４（ｂ）に示す成膜装置のように、細長い矩形状の載置台２上に横一列にウエハＷの載置領域を設け、これらの載置領域に対向するように天板部材２２を設け、これらの部材を共通の排気口６１を備えた排気空間１０を成す真空容器１内に格納してもよい。また図１５に示す成膜装置のように互いに対向する載置台２と天板部材２２との複数の組を上下方向に配置し、排気空間１０を成す真空容器１内にこれらを格納した構成としてもよい。なお、当該例を含む以下に説明する成膜装置、載置台２などの各例においては、既述の図１～図７に示した成膜措置と同じ役割を果たす構成要素には、これらの図に記載した符号と同じ符号を付してある。

【００７２】

また載置台２と天板部材２２との間の隙間は、図４などを用いて説明した載置台２の上面と天板部材２２の下端部との間に形成されるものに限定されない。例えば図１６に示すように、ウエハＷの載置領域を上方側へ突出させた載置台２を天板部材２２の凹部内に嵌合させて処理空間２０を形成し、天板部材２２の内壁面と載置台２との間に形成される隙間を介して処理空間２０内の各種ガスを排気する構成としてもよい。

【００７３】

さらに処理空間２０内の反応ガス等を排気空間１０へと排気する排気用開口部は既述の成膜装置のように載置台２と天板部材２２との間の隙間に限定されない。例えば図１７（ａ）、図１７（ｂ）に示すように天板部材２２を下面が開放された扁平な円筒形状に構成し、例えば当該天板部材２２の側周壁部分に開口部２２３を設け、処理空間２０内の反応ガスなどをこの開口部２２３を介して排気空間１０へと排気するようにしてもよい。また、図１８（ａ）、図１８（ｂ）に示すように載置台のウエハＷが載置される載置領域の周囲に開口部２７を設け、ここから排気空間１０へと反応ガスなどを排気するようにしてもよい。

【００７４】

ここで反応ガスは２種類である場合に限定されない。例えばチタン酸ストロンチウム（ＳｒＴｉＯ$_3$）を成膜する場合のように３種類の反応ガス、例えばＳｒ原料である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）と、Ｔｉ原料であるＴｉ（ＯｉＰｒ）$_2$（ＴＨＤ）$_2$（チタニウムビスイソプロポキサイドビステトラメチルヘプタンジオナト）と、これらの酸化ガスであるオゾンガスとを用いてＡＬＤにより成膜を行うプロセスにも本成膜装置は適用することができる。この場合には、処理空間２０に切り替えて供給される３種類の反応ガスのうち、引き続いて供給される２つの原料ガスの一方側を第１の反応ガス、他方側を第２の反応ガスと考えるとよい。即ち、Ｓｒ（ＴＨＤ）$_2$ガス→Ｔｉ（ＯｉＰｒ）$_2$（ＴＨＤ）$_2$ガス→オゾンガスの順に反応ガスが供給される場合には（パージガスの供給については省略してある）、Ｓｒ（ＴＨＤ）$_2$ガスとＴｉ（ＯｉＰｒ）$_2$（ＴＨＤ）$_2$ガスとの関係においては前者が第１の反応ガス、後者が第２の反応ガスとなり、Ｔｉ（ＯｉＰｒ）$_2$（ＴＨＤ）$_2$ガスとオゾンガスとの関係においては、前者が第１の反応ガス、後者が第２の反応ガスとなる。そしてオゾンガスとＳｒ（ＴＨＤ）$_2$ガスとの関係においては前者が第１の反応ガス、後者が第２の反応ガスとなると考えるとよい。４種類以上の反応ガスを用いて成膜する場合にも同様である。

【００７５】

また、載置台２と凹部を備えた天板部材２２とを上下に対向させてウエハＷの処理空間２０を形成し、これらの部材２、２２の隙間の幅を変えることにより処理空間２０の圧力や当該処理空間２０内における反応ガスの滞留時間を調整する既述の成膜装置は、いわゆるＡＬＤプロセス適用する場合のみに限定されない。例えば当該処理空間２０内に反応ガスを連続的に供給してウエハＷ表面に成膜を行うＣＶＤ（Chemical Vapor Deposition）プロセスに対して本成膜装置を適用した場合にも、反応ガスの消費量を抑制するという効果は得ることができる。

【００７６】
　この他、真空容器１内にて下部材である載置台２を上部材である天板部材２２に対向させて処理空間２０を形成し、例えば載置台２を昇降自在とすることにより、排気用開口部を成す載置台２と天板部材２２との間の隙間の幅を調節可能とした構成の成膜装置は、真空容器１内に載置台２と天板部材２２との複数の組を備え、前記の隙間を同じ幅に調節する場合に限定されない。例えば図１９に示すように、真空容器１内に載置台２と天板部材２２とを１組だけ備える成膜装置も本発明の技術的範囲に含まれる。また、真空容器１内にこれらの組を複数組備える成膜装置において、図２０に示すように例えば各載置台２を独立して昇降可能な構成とし、各々の処理空間２０における天板部材２２との間の隙間の幅を異ならせることができるようにしてもよい。この場合には例えば処理空間２０毎に前記の隙間の幅を異ならせて、例えば各種反応ガスの滞留時間や圧力を調節することにより膜質の異なる膜を成膜することができる。また、例えば処理空間２０毎に異なる種類の反応ガスを供給し異なる種類の膜を成膜する際に、前記隙間が各々の反応ガスの種類に適した幅となるように載置台２を昇降させてもよい。
【００７７】
　マニホールド部３の構成としては、図１４（ａ）（ｂ）に示したように横一列に配列された処理空間２０にガスを供給するものであってもよく、図２１（ａ）（ｂ）はそのようなマニホールド部３の一例を示している。このマニホールド部３のガス拡散室３３は、処理空間２０の配列に対応して、当該処理空間２０の配列方向に伸びるように形成されている。
【００７８】
ところでマニホールド部３によりガスが供給される各処理空間２０の雰囲気は互いに気密に区画されてもよい。つまりマニホールド部３は、複数の真空容器内に夫々ガスを供給するように構成されていてもよい。また上記の各例ではマニホールド部３は成膜装置に設けられているが、例えばアッシング、エッチング、酸化処理、窒化処理装置などの真空雰囲気にてガス処理を行うガス処理装置に設けられ、そのガス処理に応じたガスを供給するようになっていてもよい。また、上述の成膜装置により処理される被処理基板は半導体ウエハＷに限定されず、ＬＣＤ（液晶ディスプレイ）用基板に代表されるＦＰＤ（フラットパネルディスプレイ）基板や、セラミックス基板等の他の基板であってもよい。
【００７９】
　続いて大気雰囲気の工場内に据え付けられた状態の図１の成膜装置について、その外観構成を示した図２２を参照しながら説明する。成膜装置はその真空容器１を構成する側壁部１２及び天板１１が支持部８によって平坦な床面８Ｃ上に支持されている。これ以降、このように支持部８に支持された成膜装置を成膜装置８０と記載する。
【００８０】
　支持部８は支持台８１、支持脚８２、横部材８３及び固定部材８４を備えている。前記真空容器１を構成する側壁部１２の下端からは周方向に間隔をおいて外側方向に切片１２ａが突出しており、前記支持台８１は真空容器１の周に沿って形成され、各切片１２ａの裏面を支持している。支持台８１は真空容器１の底板１４を後述のように下降させて側壁部１２から分離するときに当該底板１４と干渉しないように構成されている。
【００８１】
　成膜装置８０において搬送口１５の開口方向を奥側とすると、支持台８１の左右の縁部において手前側から奥側に向かって間隔をおいて複数本の支持脚８２が設けられ、各支持脚８２は下方に向かって伸びている。そして、真空容器１から見て左側、右側に夫々形成された支持脚８２の下端は夫々手前側から奥側に向かう横部材８３により互いに連結されており、横部材８３の下側及び支持脚８２の下側には床面８Ｃにこれら支持脚８２及び横部材８３を固定するための複数の固定部材８４が互いに間隔をおいて設けられている。
【００８２】
　奥側の左右に設けられた支持脚８２は支持台８１の上側に延長されるように伸び、その延長された部分は支柱８５を構成しており、支柱８５は支持板８６、上板８７を下からこ

の順に支持している。支持板８６上には例えば成膜装置の電源ユニット等の機器類が配置されている。また、図示は省略しているが、成膜装置８０は着脱自在の側板によりその外周を囲まれ、その側板は上板８７と共に当該成膜装置８０内にパーティクルが進入することを防いでいる。

【００８３】

各支持脚８２及び横部材８３により囲まれた、真空容器１の下方空間８Ａには真空容器１の底板１４の裏面を保持する保持部９１が設けられている。

図２３（ａ）は底板１４の下側、図２３（ｂ）は保持部９１の上側を夫々示している。図２３（ｂ）に示すように保持部９１は開口部９２を備え、前記スリーブ２５及び駆動部５１を囲むように筒状に形成されている。そして保持部９１の上端には当該保持部９１の周方向に沿って環状の突起９３が形成されており、前記底板１４の下方側には当該底板１４中央部から下方に突出したスリーブ２５及び駆動部５１を囲むように前記突起９３の形状に対応した溝９４が形成されている。突起９３と溝９４とは互いに嵌合し、底板１４に対して保持部９１は位置決めされている。

【００８４】

保持部９１の下方には昇降機構９５が設けられている。昇降機構９５は例えば保持部９１を垂直に昇降させるための油圧シリンダを備えており、その保持部９１の昇降に伴って真空容器１の底板１４と、この底板１４に支柱２４を介して設けられた載置台２が昇降する。また、昇降機構９５の下側には転動体であるキャスタ９６を備えた台車部９７が設けられている。移動体である前記台車部９７により昇降機構９５が床面８Ｃ上を移動できるようになっており、この昇降機構９５の移動に伴って保持部９１も床面８Ｃ上を移動する。つまり、昇降機構９５、保持部９１及び底板１４は互いに位置合わせされた状態で床面８Ｃを移動できるように構成されている。

【００８５】

また、下方空間８Ａには真空容器１の底板１４に接続された排気管６２が引き回されている。図中６２ａは排気管６２の上流側と下流側とを接続する継手である。下方空間８Ａの手前側には装置のユーザが乗り、装置の各部を操作するための踏み台８Ｂが配置されている。

【００８６】

続いて、既述の成膜装置８０の真空容器１内を開放してメンテナンスを行う手順について説明する。処理空間２０への各ガス供給及び処理空間２０からの排気を停止させ、成膜処理を停止させた後、踏み台８Ｂを下方空間８Ａの手前から、例えば左右いずれかに移動させて、下方空間８Ａの手前側を開放する。そして、継手６２ａに接続された排気管６２の上流側を当該継手６２ａから取り外す。そして、この継手６２ａと継手６２ａに接続された排気管６２の下流側を、底板１４を下降させるときに底板１４と共に下降する排気管６２の上流側に干渉しないように適切な位置に移動させておく。

【００８７】

その後、底板１４と側壁部１２とを接続するねじなどの不図示の留め具を取り外した後、図２４に示すように昇降機構９５によって保持部９１を介して真空容器１の底板１４を下降させ、底板１４に接続された載置台２を、その上面の高さが側壁部１２を支持する支持台８１の下端よりも低くなるように位置させる。然る後、図２５に示すように台車部９７を利用して昇降機構９５及び保持部９１を真空容器１の下方空間８Ａの手前側に引き出し、その昇降機構９５及び支持部９１の移動に伴って底板１４、載置台２、支持腕２３、支柱２４及び排気管６２の上流側が下方空間８Ａから引き出される。

【００８８】

そして、このように下方空間８Ａから取り出された底板１４及びそれに付随する各部材をユーザは手拭洗浄したり、あるいは取り出された各部を分解して所定の洗浄装置により洗浄し、反応ガスによる付着物を除去する。また、このように底板１４を真空容器１から取り外したときに、図２６に示すように真空容器１の下側が下方空間８Ａに開放されている。ユーザはこの下方空間８Ａを介して、開放された真空容器１の下側から真空容器１内

の各部を手拭洗浄したり、各部品を取り外して洗浄装置により洗浄して、前記付着物を除去する。また、ユーザはこのような洗浄を行う他に、不具合のある部品を交換するなどの各種のメンテナンス作業を行う。

【００８９】

メンテナンス終了後、上記のように真空容器１から底板１４を取り出したときとは逆の手順で底板１４を真空容器１の下部に取り付けて、成膜装置８０をメンテナンスを開始する前の状態に戻す。

【００９０】

なお、この成膜装置の真空容器１は従来の成膜装置のように天板１１を側壁１２から取り外し、当該真空容器１の上側を開放することができる。また、天板１１には各処理空間２０に対応した位置に、この天板１１から取り外し可能な蓋部材１１ａが設けられている。蓋部材１１ａの下方側は処理空間２０を形成する天板部材２２に接続されており、蓋部材１１ａと共に天板部材２２を真空容器１から引き出すことができる。そしてこれら蓋部材１１ａ及び天板部材２２を取り外すことで、載置台２を露出させ、真空容器１の内部を上記のように洗浄してメンテナンスを行うことができる。このように天板１１や蓋部材１１ａを取り外すときには、各供給管から液体原料及び反応ガスを除去し、各ガス供給管３４を天板１１から取り外しておく必要がある。そのように天板１１や蓋部材１１ａを取り外してメンテナンスを行うのは例えば下方からの手拭洗浄では十分に生成物を除去しきれない場合や部材を交換する場合などが考えられる。

【００９１】

この真空処理装置の一実施形態である成膜装置８０によれば、真空容器１の天板１１及び側壁部１２に対して着脱自在に設けられ、ウエハＷを載置する載置台２を備えた真空容器１の底板１４と、この底板１４を昇降させる昇降機構９５と、この昇降機構９５を搭載し、床面８Ｃに沿って移動可能な台車部９７と、を備えているので、側壁部１２から底板１４及び載置台２を取り外し、これら側壁部１２、底板１４及び載置台２の夫々のメンテナンスを実施可能な位置に移動させることができる。従って、天板１１を真空容器１から取り外す必要が無いので、この取り外しによるマニホールド部３に夫々液体原料及び反応ガスを供給する各供給管からこれら液体原料及び反応ガスを除去する必要が無くなる。その結果として装置のメンテナンス作業を容易に行うことができる。

【００９２】

ところで、上記のように下方空間８Ａの外内に移動される保持部９１、昇降機構９５、載置台２及び底板１４を含むユニットを複数用意し、一のユニットのメンテナンス中には他のユニットを真空容器１に取り付けて成膜処理を行い、他のユニットのメンテナンス中には一のユニットを真空容器１に取り付けて成膜処理を行うことで、前記ユニットのメンテナンスにおける装置の稼働率の低下を抑えていてもよい。

【００９３】

続いて上記の成膜装置８０を例えば４基含んだ半導体製造装置１００Ａの構成について図２７を参照しながら説明する。半導体製造装置１００Ａは、ウエハＷのロード、アンロードを行うローダモジュールを構成する第１の搬送室１０２と、ロードロック室１０３ａ、１０３ｂと、真空搬送室モジュールである第２の搬送室１０４と、を備えている。第１の搬送室１０２の正面にはキャリアＣが載置されるロードポート１０５が設けられており、第１の搬送室１０２の正面壁には、前記ロードポート１０５に載置されたキャリアＣが接続されて、当該キャリアＣの蓋と一緒に開閉されるゲートドアＧＴが設けられている。そして第２の搬送室１０４には、上述の成膜装置８０が気密に接続されている。

【００９４】

また、第１の搬送室１０２の側面には、ウエハＷの向きや偏心の調整を行うアライメント室１０６が設けられている。ロードロック室１０３ａ、１０３ｂには、夫々図示しない真空ポンプとリーク弁とが設けられており、大気雰囲気と真空雰囲気とを切り替えられるように構成されている。つまり、第１の搬送室１０２及び第２の搬送室１０４の雰囲気がそれぞれ大気雰囲気及び真空雰囲気に保たれているため、ロードロック室１０３ａ、１０

３ｂは、それぞれの搬送室間において、ウエハＷを搬送する時に雰囲気を調整するためのものである。なお図中Ｇは、ロードロック室１０３ａ、１０３ｂと第１の搬送室１０２または第２の搬送室１０４との間、あるいは第２の搬送室１０４と前記成膜装置８０の搬送口１５との間を仕切るゲートバルブ（仕切り弁）である。

【００９５】

第１の搬送室１０２、第２の搬送室１０４には、夫々第１の搬送手段１０７、第２の搬送手段１０８ａ，１０８ｂが設けられている。第１の搬送手段１０７は、キャリアＣとロードロック室１０３ａ，１０３ｂとの間及び第１の搬送室１０２とアライメント室１０６との間でウエハＷの受け渡しを行うための搬送アームである。第２の搬送手段１０８ａ，１０８ｂは、ロードロック室１０３ａ，１０３ｂと成膜装置との間でウエハＷの受け渡しを行うための搬送アームである。

【００９６】

キャリアＣが半導体製造装置１００Ａに搬送されて、ロードポート１０５に載置され、第１の搬送室１０２に接続される。次いでゲートドアＧＴおよびキャリアＣの蓋が同時に開かれて、キャリアＣ内のウエハＷは第１の搬送手段１０７によって第１の搬送室１０２内に搬入され、次いでアライメント室１０６に搬送されて、その向きや偏心の調整が行われた後、ロードロック室１０３ａ（または１０３ｂ）に搬送される。ロードロック室１０３ａ（または１０３ｂ）内の圧力が調整された後、ウエハＷは第２の搬送手段１０８ａまたは搬送手段１０８ｂによってロードロック室１０３から第２の搬送室１０４に搬入される。続いて成膜装置８０のゲートバルブＧが開かれ、第２の搬送手段１０８ａ（または１０８ｂ）はウエハＷをその成膜装置８０に搬送する。

【００９７】

成膜装置８０により上述の成膜処理が終わると、その成膜装置８０のゲートバルブＧが開かれ、第２の搬送手段１０８ａ（１０８ｂ）が当該成膜装置８０の真空容器１内に進入する。既述の動作で処理の施されたウエハＷが第２の搬送手段１０８ａ（１０８ｂ）に受け渡され、然る後、第２の搬送手段１０８ａ（１０８ｂ）は、ロードロック室１０３ａ（または１０３ｂ）を介して第１の搬送手段１０７にウエハＷを受け渡す。そして、第１の搬送手段１０７がキャリアＣにウエハＷを戻す。

【図面の簡単な説明】

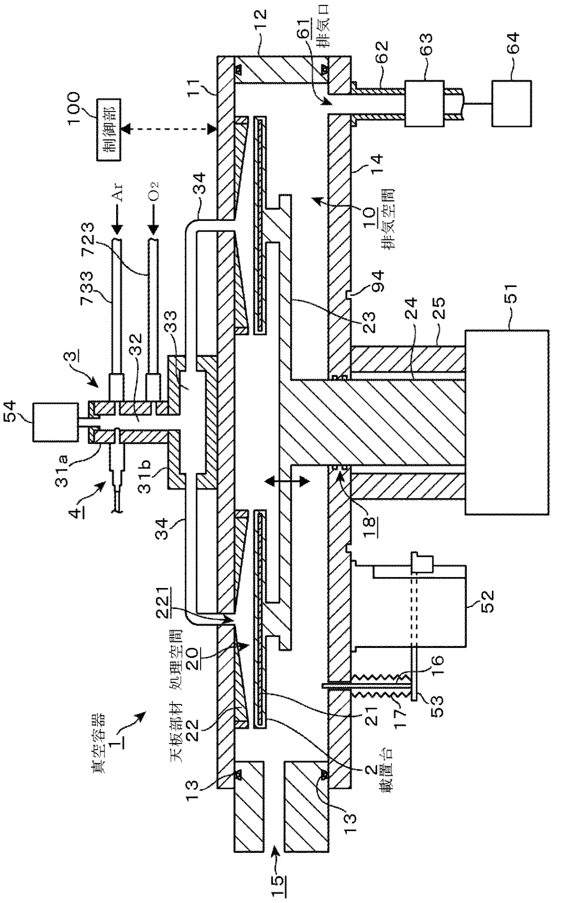
【００９８】

【図１】実施の形態に係る成膜装置の縦断面図である。
【図２】上記成膜装置の内部の概略構成を示す斜視図である。
【図３】上記成膜装置の横断平面図である。
【図４】上記成膜装置における処理領域を示す縦断面図である。
【図５】上記処理領域を構成する天板部材を示す底面図である。
【図６】インジェクタの縦断面図である。
【図７】上記成膜装置のガス供給経路図である。
【図８】上記成膜装置の第１の作用図である。
【図９】上記成膜装置の第２の作用図である。
【図１０】上記成膜装置による成膜処理のガス供給シーケンス図である。
【図１１】ガスがマニホールド部から処理空間に向かう様子を示した説明図である。
【図１２】上記成膜装置の第３の作用図である。
【図１３】上記成膜装置の作用に係る説明図である。
【図１４】上記成膜装置の変形例を示す横断平面図及び縦断側面図である。
【図１５】上記成膜装置の他の変形例を示す縦断側面図である。
【図１６】載置台及び天板部材の他の例を示す縦断側面図である。
【図１７】天板部材のさらに他の例を示す説明図である。
【図１８】載置台のさらに他の例を示す説明図である。
【図１９】上記成膜装置のさらに他の例を示す縦断側面図である。
【図２０】上記成膜装置のこの他の例を示す縦断側面図である。

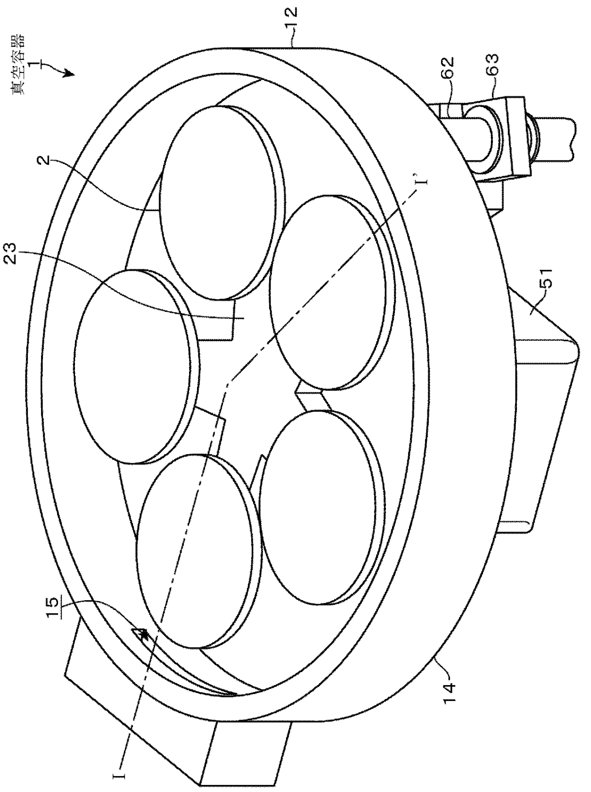
【図２１】マニホールド部の他の一例を示す説明図である。
【図２２】支持部に支持された前記成膜装置の外観斜視図である。
【図２３】底板の下面側斜視図及び保持部の上面側斜視図である。
【図２４】前記成膜装置の真空容器の底板の下降動作を示した作用図である。
【図２５】真空容器の下方空間から引き出された載置台及び底板を示した斜視図である。
【図２６】底板が外れた真空容器の下側斜視図である。
【図２７】前記成膜装置を含んだ真空処理装置である。
【符号の説明】
【００９９】

W	ウエハ
１	真空容器
１０	排気空間
１４	底板
１００	制御部
２	載置台
２０	処理空間
２１	ステージヒータ
２２	天板部材
２３	支持腕
２４	支柱
３	マニホールド部
４	インジェクタ
６４	真空ポンプ
７	ガス供給制御部
７１	原料ガス供給源
７２	酸素ガス供給源
７３	パージガス供給源
７２１、７３１	圧力調整弁
７１２、７２２、７３２	開閉弁

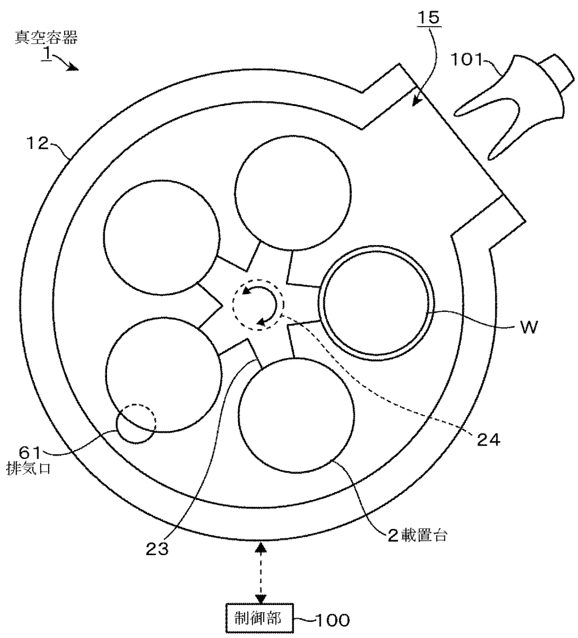
【図１】


100
制御部
11
12
61
排気口
62
63
64
14
10
排気空間
34
Ar
O2
723
733
94
23
24
25
51
3
32
33
54
31a
31b
4
18
52
221
処理空間
20
16
53
17
21
真空容器
1
天板部材
22
2
載置台
13
15

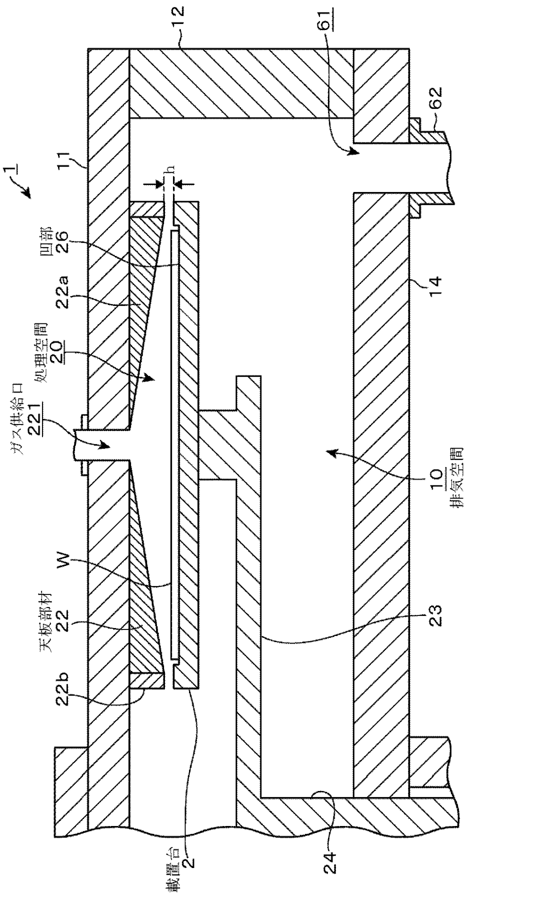
【図２】


真空容器
1
12
62
63
2
I'
23
51
15
14
I

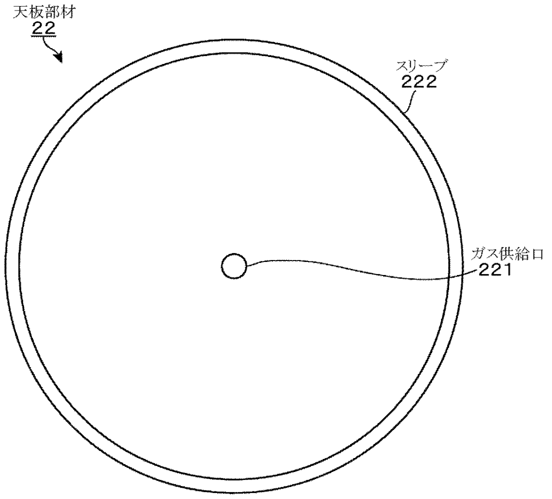
【図３】


真空容器
1
15
101
12
W
61
排気口
24
23
2載置台
制御部
100

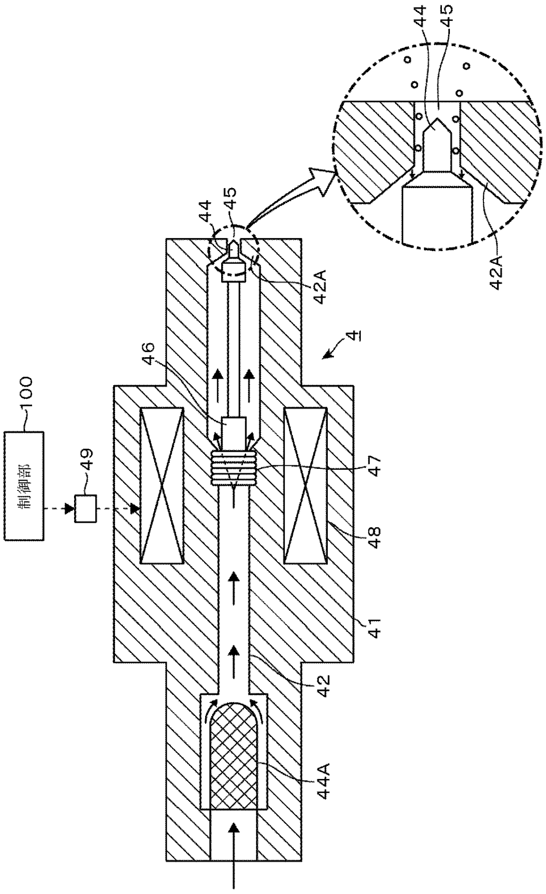
【図４】


12
61
62
1
11
h
凹部
26
22a
処理空間
20
ガス供給口
221
10
排気空間
14
W
天板部材
22
23
22b
載置台
2
24

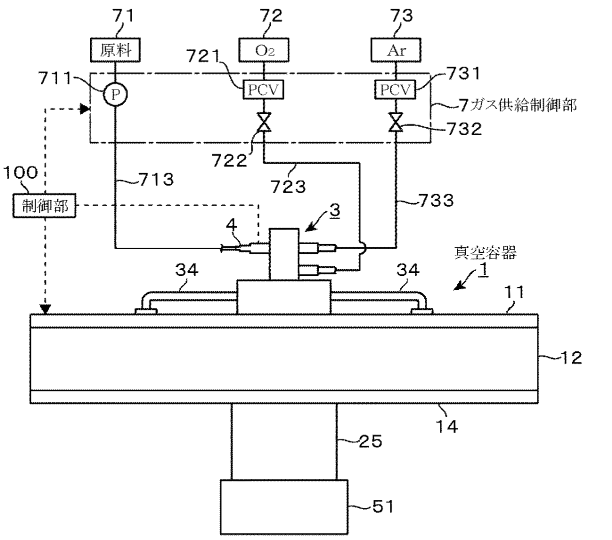
【図５】


天板部材
22
スリーブ
222
ガス供給口
221

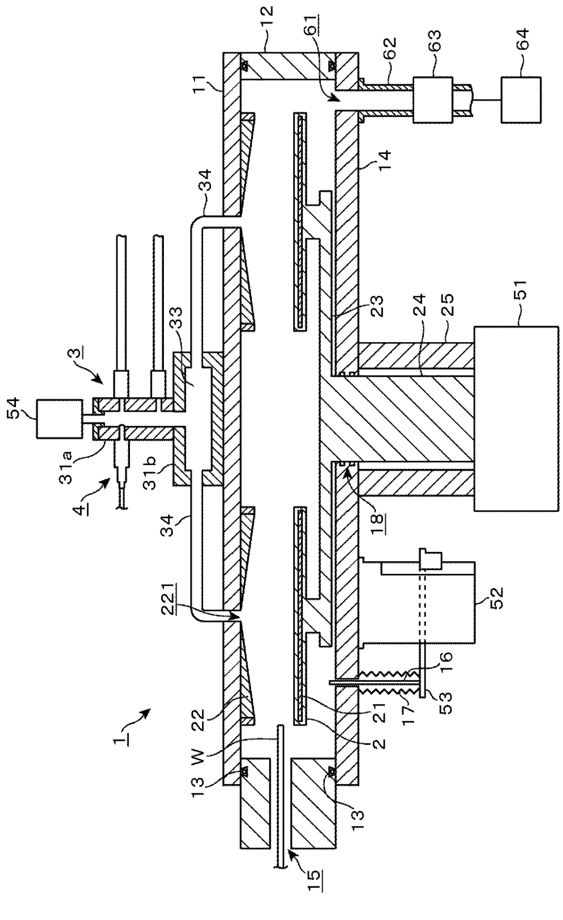
【図６】


44
45
42A
4
46
100
制御部
49
47
48
41
42
44A

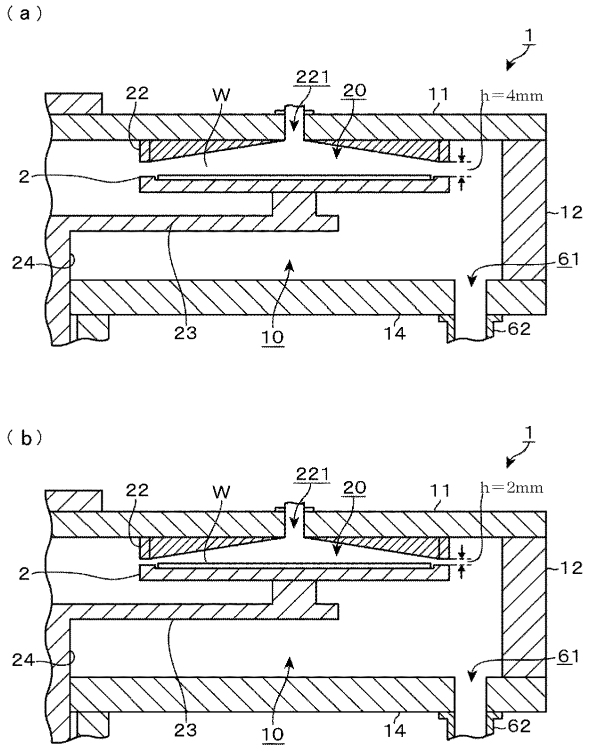
【図７】


71
72
73
原料
O2
Ar
721
731
711
P
PCV
PCV
7ガス供給制御部
732
722
100
713
723
733
制御部
4
3
真空容器
1
34
34
11
12
14
25
51

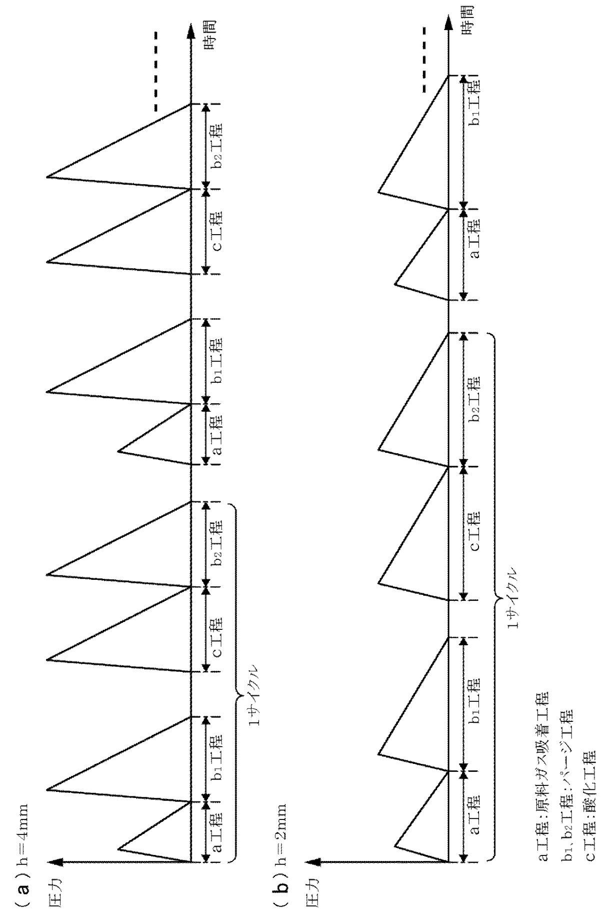
【図８】


12
61
62
63
64
11
14
34
33
23
24
25
51
3
54
31a
31b
4
34
18
52
221
16
53
17
21
2
22
1
13
W
13
15

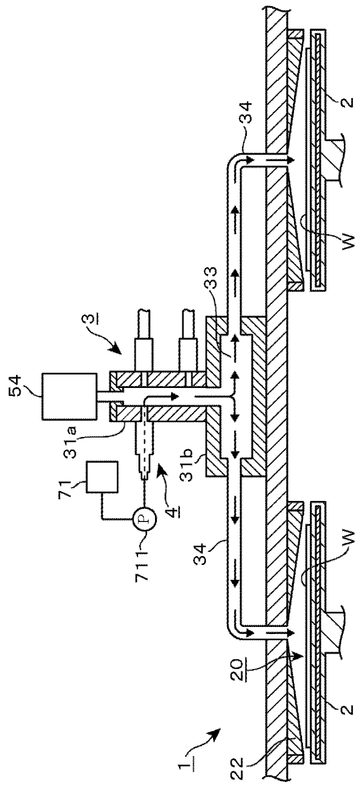
【図９】



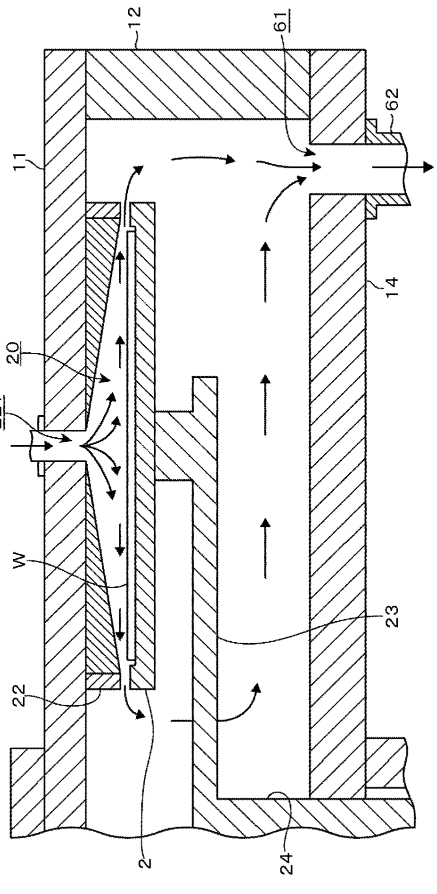
【図１０】



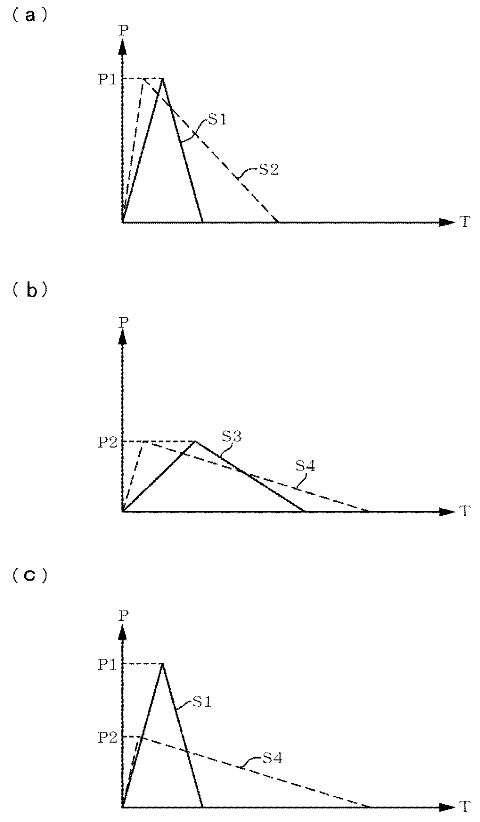
【図１１】



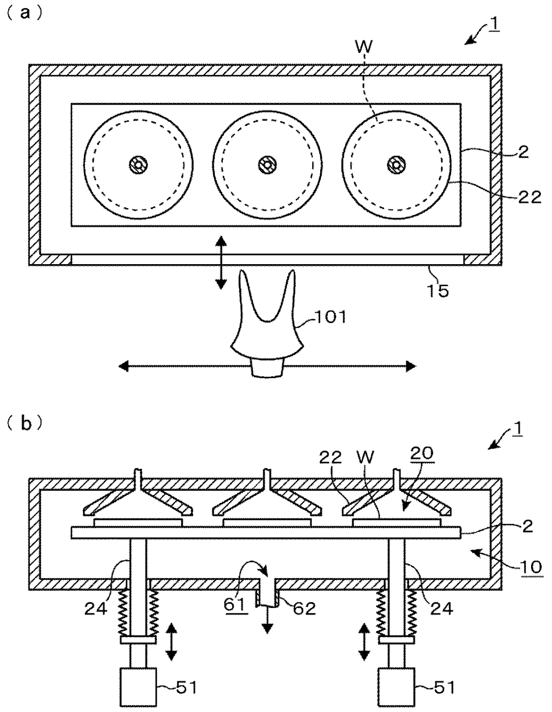
【図１２】



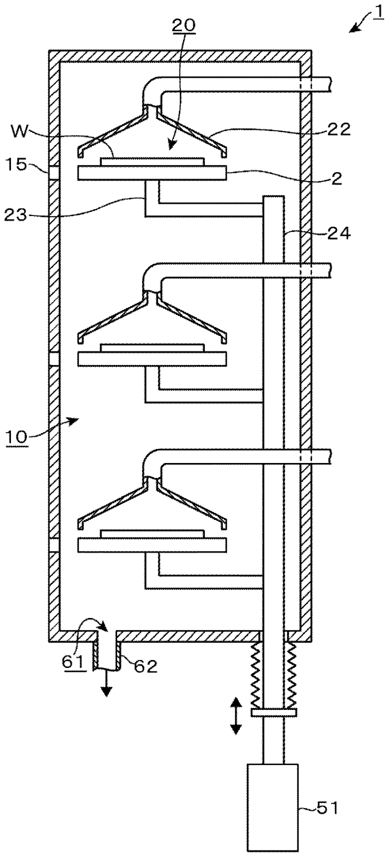
【図１３】



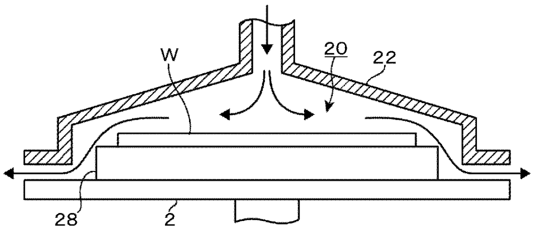
【図１４】



【図１５】

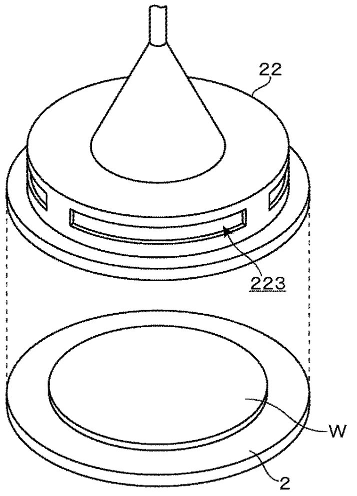


【図１６】

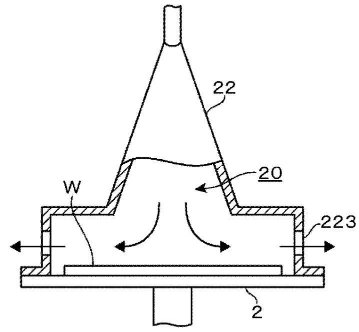


【図１７】

（ａ）

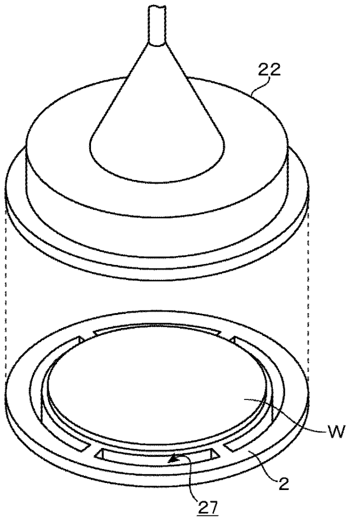


（ｂ）

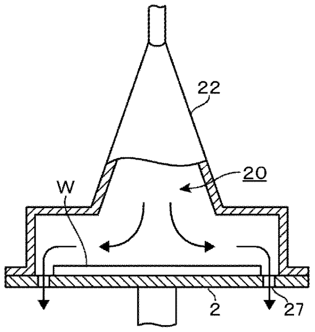


【図１８】

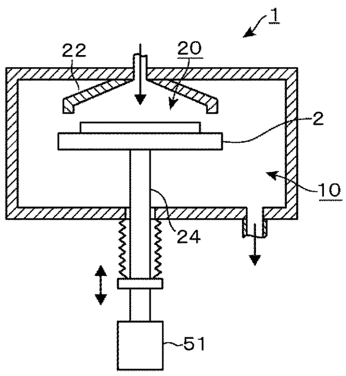
（ａ）



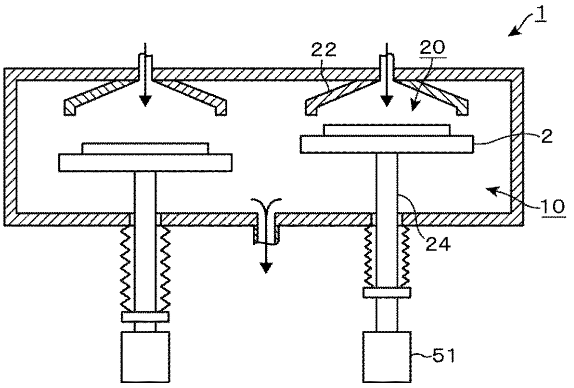
（ｂ）



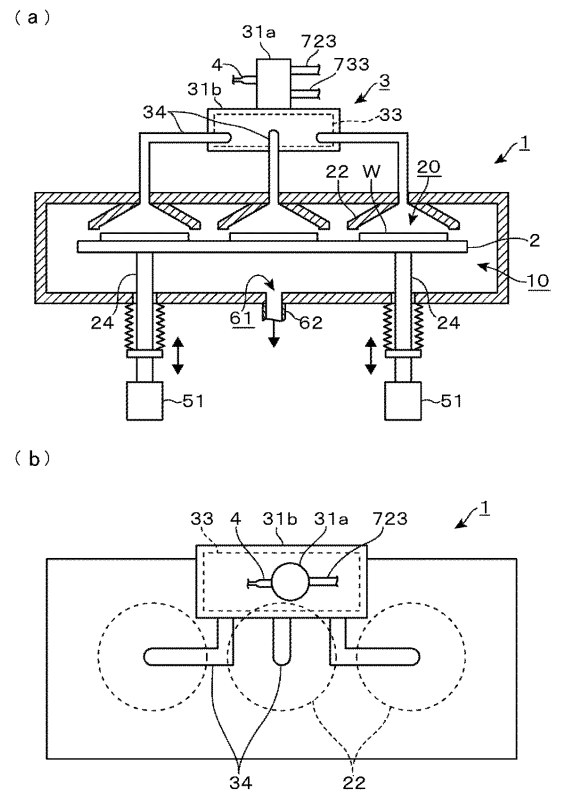
【図１９】



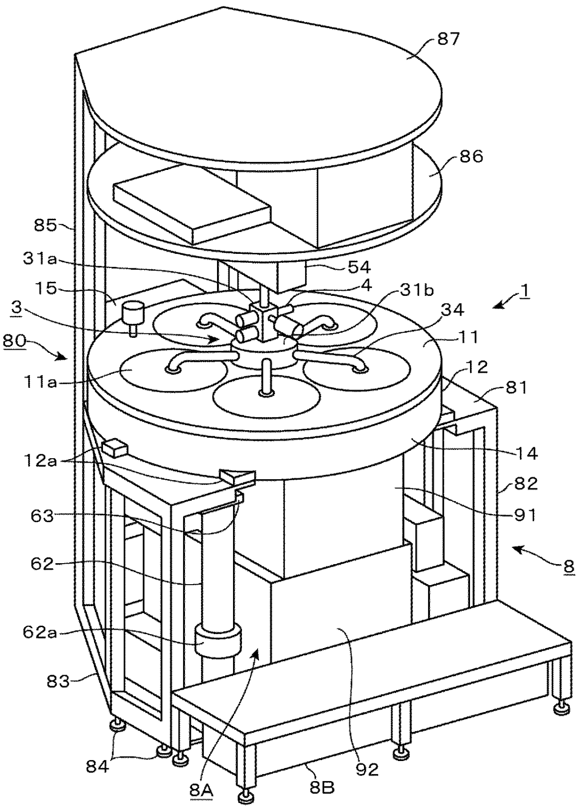
【図２０】



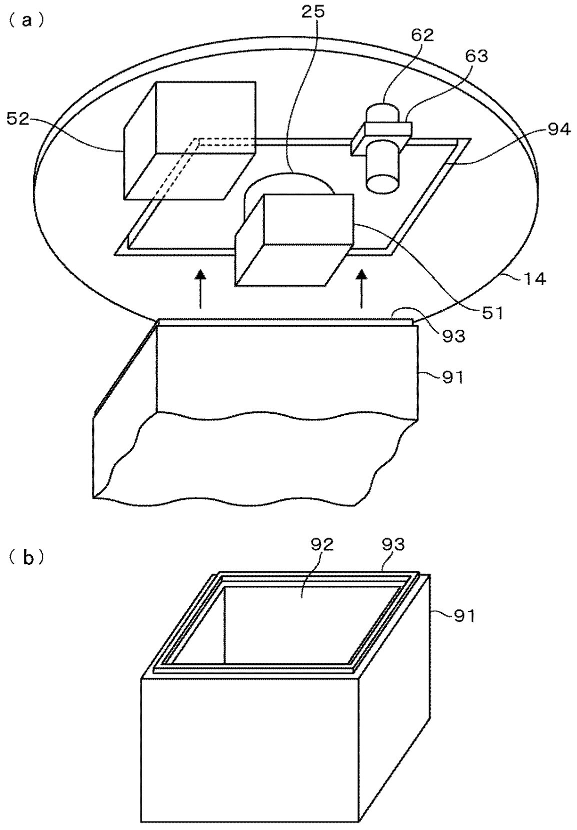
【図２１】



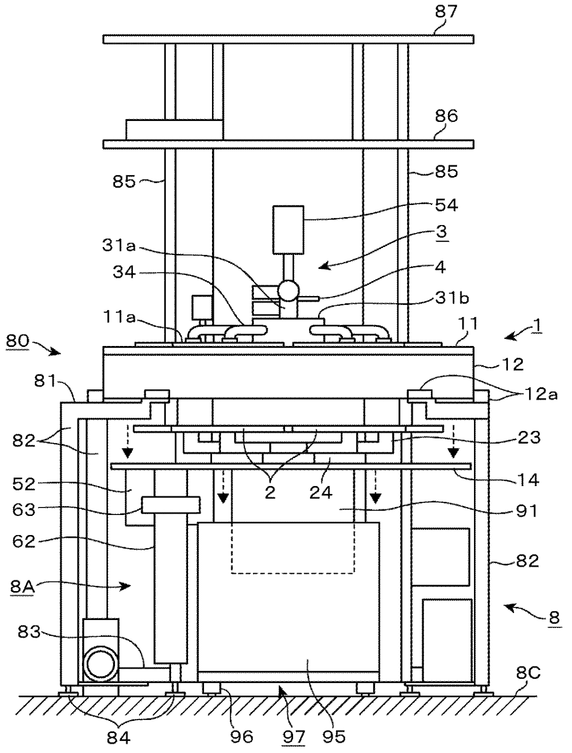
【図２２】



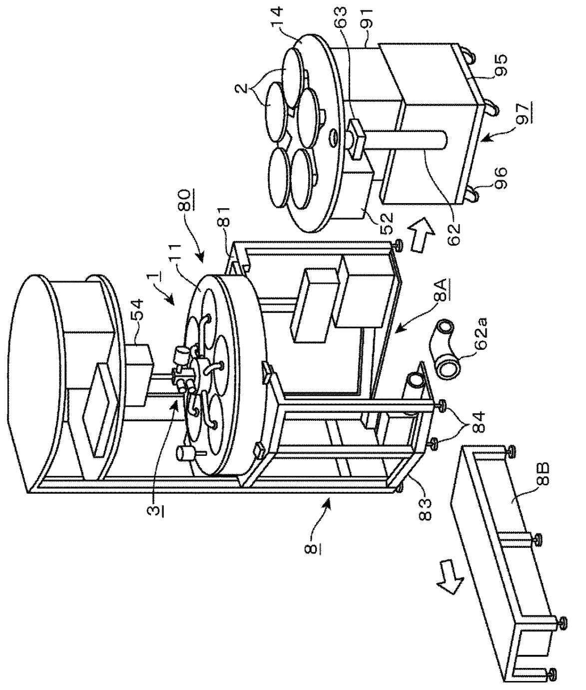
【図２３】



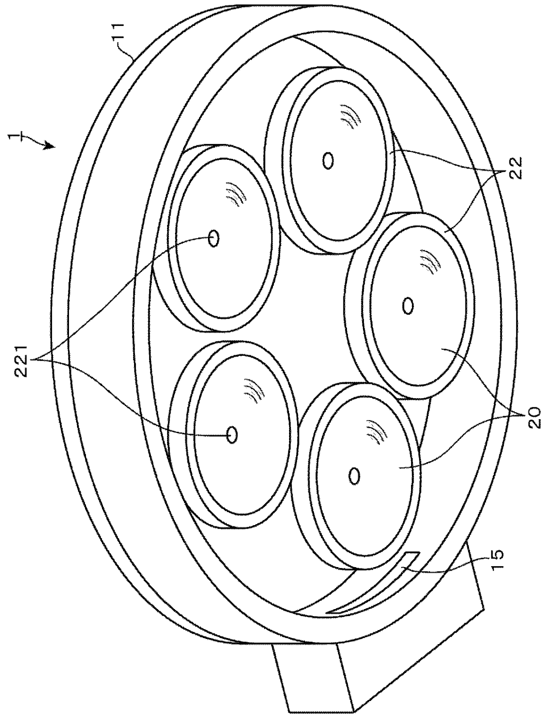
【図２４】



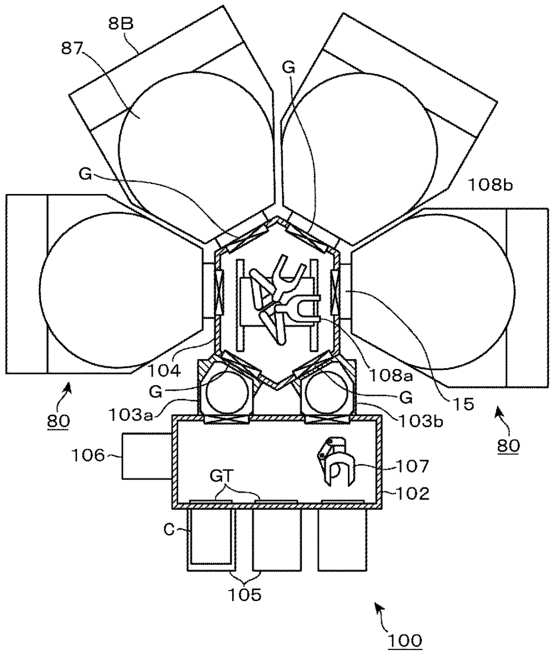
【図２５】


14
63
91
2
95
97
96
62
52
80
81
11
1
54
8A
62a
84
3
83
8B
8

【図２６】


11
1
22
221
20
15

【図２７】


8B
87
G
G
108b
104
108a
15
G
G
103a
103b
80
80
106
107
GT
102
C
105
100

フロントページの続き

(72)発明者　岩田　輝夫
東京都港区赤坂五丁目３番１号　赤坂Ｂｉｚタワー　東京エレクトロン株式会社内

Ｆターム(参考) 4K030 AA11 AA24 BA18 BA42 CA04 EA05 EA06 HA01
5F045 AA04 AA06 AA15 AB32 AC07 AC08 AC11 AC12 AD07 AD08
AE21 BB02 BB08 CA05 DP13 DP27 DQ10 EB06 EE19 EF14
EH18 EK07 EM10