(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2009-88229
(P2009-88229A)
(43)公開日　平成21年4月23日(2009.4.23)

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

審査請求 未請求　請求項の数 8　ＯＬ　（全 26 頁）

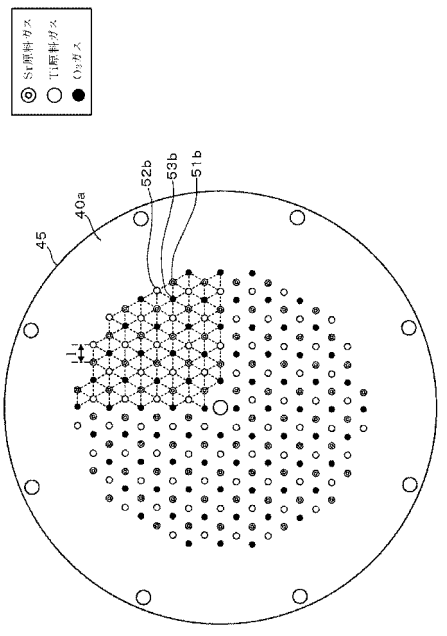
(21)出願番号　特願2007-255780 (P2007-255780)
(22)出願日　平成19年9月28日 (2007.9.28)

(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　津田　栄之輔
東京都港区赤坂五丁目３番６号　ＴＢＳ放送センター　東京エレクトロン株式会社内

Ｆターム(参考)　4K030 AA11 AA14 BA01 BA18 BA42 CA04 CA12 EA04 FA10 HA01 LA02 LA15
5F045 AA04 AB31 AC07 AD06 AE01 BB01 DP03 DQ10 EE19 EE20 EF05 EF08 EF09 EK07 GB15

(54)【発明の名称】成膜装置、成膜方法、記憶媒体及びガス供給装置

(57)【要約】
【課題】基板に対向するガス供給面から３種類の処理ガスを基板に供給して成膜処理を行うにあたり、膜厚及び膜質について高い面内均一性を得ることのできる成膜装置等を提供する。
【解決手段】
成膜装置の処理容器内に設けられた基板に対し、この基板に対向するガスシャワーヘッドのガス供給面４０ａから互いに異なる第１の処理ガス、第２の処理ガス及び第３の処理ガスを供給してこれらの処理ガスを反応させ、前記基板の表面に薄膜を成膜する。このガス供給面４０ａは、互いに同一の大きさの正三角形からなる単位区画４０１に分割され、当該単位区画４０１を構成する各正三角形の３つの頂点に、第１の処理ガスを供給する第１のガス供給孔５１ｂ、第２の処理ガスを供給する第２のガス供給孔５２ｂ及び第３の処理ガスを供給する第３のガス供給孔５３ｂが割り当てられている。
【選択図】図７



【特許請求の範囲】
【請求項１】
処理容器内の載置台上の基板に、当該基板に対向するガスシャワーヘッドのガス供給面から互いに異なる第１の処理ガス、第２の処理ガス及び第３の処理ガスを供給してこれらの処理ガスを反応させ、前記基板の表面に薄膜を成膜する成膜装置において、
前記ガス供給面を、互いに同一の大きさの正三角形からなる単位区画に分割し、当該単位区画を構成する各正三角形の３つの頂点に、夫々前記第１の処理ガスを供給する第１のガス供給孔、第２の処理ガスを供給する第２のガス供給孔及び第３の処理ガスを供給する第３のガス供給孔を割り当てたことを特徴とする成膜装置。
【請求項２】
前記第１の処理ガス及び第２の処理ガスは、夫々ストロンチウム化合物を含むガス及びチタン化合物を含むガスであり、前記第３の処理ガスは、前記ストロンチウム化合物及びチタン化合物と反応する酸化ガスであり、前記基板の表面に成膜される薄膜はチタン酸ストロンチウムであ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】
前記酸化ガスは、オゾンガスまたは水蒸気であることを特徴とする請求項２に記載の成膜装置。
【請求項４】
処理容器内の載置台上の基板に、当該基板に対向するガスシャワーヘッドのガス供給面から互いに異なる第１の処理ガス、第２の処理ガス及び第３の処理ガスを供給してこれらの処理ガスを反応させ、前記基板の表面に薄膜を成膜する成膜方法において、
前記ガス供給面を、互いに同一の大きさの正三角形からなる単位区画に分割し、当該単位区画を構成する各正三角形の３つの頂点に、夫々第１のガス供給孔、第２のガス供給孔及び第３のガス供給孔を割り当てたガスシャワーヘッドを用い、
前記第１のガス供給孔より前記第１の処理ガスを供給し、第２のガス供給孔より前記第２の処理ガスを供給し、また第３のガス供給孔より前記第３の処理ガスを供給する工程を含むことを特徴とする成膜方法。
【請求項５】
前記第１の処理ガス及び第２の処理ガスは、夫々ストロンチウム化合物を含むガス及びチタン化合物を含むガスであり、前記第３の処理ガスは、前記ストロンチウム化合物及びチタン化合物と反応する酸化ガスであり、前記基板の表面に成膜される薄膜はチタン酸ストロンチウムであることを特徴とする請求項４に記載の成膜方法。
【請求項６】
前記酸化ガスは、オゾンガスまたは水蒸気であることを特徴とする請求項５に記載の成膜方法。
【請求項７】
成膜装置に用いられ、コンピュータ上で動作するプログラムを格納した記憶媒体であって、
前記プログラムは請求項４ないし６のいずれか一つに記載の成膜方法を実行するためにステップが組まれていることを特徴とする記憶媒体。
【請求項８】
互いに異なる第１の処理ガス、第２の処理ガス及び第３の処理ガスを基板に供給して基板上に薄膜を成膜するために用いられるガス供給装置において、
前記第１の処理ガス、第２の処理ガス及び第３の処理ガスを夫々導入するための第１の導入ポート、第２の導入ポート及び第３の導入ポートと、
前記基板に対向するガス供給面に形成された多数のガス供給孔と、
前記第１の導入ポート、第２の導入ポート及び第３の導入ポートから夫々導入された第１の処理ガス、第２の処理ガス及び第３の処理ガスを、前記多数のガス供給孔から独立して吐出するようにガス流路が構成されたガス流路構造部と、を備え、
前記ガス供給面を、互いに同一の大きさの正三角形からなる単位区画に分割し、当該単

位区画を構成する各正三角形の３つの頂点に、夫々前記第１の処理ガスを供給する第１のガス供給孔、第２の処理ガスを供給する第２のガス供給孔及び第３の処理ガスを供給する第３のガス供給孔を割り当てたことを特徴とするガス供給装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、基板に対して処理ガスを供給することにより、基板上に当該処理ガスの反応生成物を成膜する技術に関する。

【背景技術】

【０００２】

半導体製造プロセスにおける成膜手法として、基板である半導体ウエハ（以下「ウエハ」という）等の表面に真空雰囲気下で第１の処理ガス（原料ガス）を吸着させた後、供給するガスを第２の処理ガス（酸化ガス）に切り替えて、両ガスの反応により１層あるいは少数層の原子層や分子層を形成し、このサイクルを複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】

この方法を実施するために、例えば特許文献１には、処理容器（真空容器）の左側面から右側面へ向けて（または右側面から左側面へ向けて）２種類の処理ガスを交互に流すことで、処理容器内に載置された基板の表面に成膜を行う成膜装置が記載されている。このように基板の一方側から他方側に処理ガスを通流させるサイドフロー方式を採用する場合には、膜厚や膜質の横方向における偏りを抑えるため、成膜処理は例えば２００℃程度の比較的低温の温度雰囲気下にて行われる。

【０００４】

一方、例えば酸化ジルコニウム（ZrO_2）などの高誘電体材料を成膜する場合には、第１の処理ガス（原料ガス）として、例えばＴＥＭＡＺ（テトラキスエチルメチルアミノジルコニウム）ガス等が用いられ、第２の処理ガス（酸化ガス）としてオゾンガス等が用いられる。ここでＴＥＭＡＺガスのような原料ガスは、分解温度が高いため、例えば２８０℃程度の高温にて成膜がおこなわれるが、こうした高温条件のもとでは反応の進み方が速く、一度のサイクルで成膜される膜厚が厚くなる傾向がある。特にサイドフロー方式の場合には基板の表面におけるガスの移動距離が長いことから、例えばガスの供給側では膜厚が厚くなり、排気側では膜厚が薄くなる等、良好な膜厚の面内均一性が得られないおそれがある。

【０００５】

また、スループットを向上させるために、例えば酸化ガスであるオゾンガスの供給時間を短くした場合には、オゾンガスの供給源から離れるに従い、オゾンガスの酸化力が弱まる（オゾンガスが消費される）ので、基板上に吸着した高誘電体材料を十分に酸化することができないおそれがあり、その場合には例えばウエハ内に作成される半導体デバイス間におけるリーク電流の値がばらついてしまうといった問題もある。

【０００６】

このようなサイドフロー方式の問題点を解決するため、例えば通常のＣＶＤ装置に用いられるガスシャワーヘッド（特許文献２参照）を用いて、基板の中央部上方側から処理ガスを供給し、未反応の処理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。ガスシャワーヘッドを用いた場合には、供給された処理ガスは基板の中央から周縁に向かって流れるので、サイドフロー方式と比べてガスの移動距離が短く、成膜後の膜厚や膜質について高い面内均一性が得られると期待できる。

【０００７】

ところでデバイスの適用部位に応じて求められる薄膜の特性をより向上させるために薄

膜自体の材質及び原料ガスについて選定、開発が進められている。本発明者においても、例えばゲート酸化膜に適用される高誘電体薄膜の材質として、ストロンチウム（Ｓｒ）及びチタン（Ｔｉ）を含む酸化物に着目しており、その原料ガスとしてＳｒ化合物を含む原料ガス、Ｔｉ化合物を含む原料ガス及び酸化ガスの３種類のガスを用いることを検討している。このようなプロセスを行うために既述のようにガスシャワーヘッドを用いてＡＬＤにより薄膜を成膜する場合には、ガス供給面に形成された多数のガス供給孔に各種類のガスを割り当てて上記の３種類のガスを独立して吐出するいわゆるポストミックスタイプのガスシャワーヘッドであることが必要である。

【０００８】

一方、半導体デバイスの薄膜化、高集積化、高性能化の要請に伴い、膜厚及び膜質について高い面内均一性が要求されるため、３種類のガスを用いるにあたっていかにして高い面内均一性を確保するかを検討しなければならない。

なお、特許文献３には、ガスシャワーヘッドのガス供給面を互いに同一の大きさの正三角形からなる単位区画に分割し、当該単位区画を構成する各正三角形の３つの頂点にガス供給孔が配置されたガス供給システムが記載されているが、上述の課題については何ら記載されていない。

【特許文献１】特開２００４－６７３３号公報：第００５６段落、図８

【特許文献２】特開２００６－２９９２９４号公報：第００２１段落～第００２６段落

【特許文献３】特開２００５－７２３号公報：第００５２段落、図４

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００９】

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、基板に対向するガス供給面から３種類の処理ガスを基板に供給して成膜処理を行うにあたり、膜厚及び膜質について高い面内均一性を得ることのできる成膜装置、成膜方法及びこの方法を記憶した記憶媒体並びにガス供給装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

本発明に係る成膜装置は、処理容器内の載置台上の基板に、当該基板に対向するガスシャワーヘッドのガス供給面から互いに異なる第１の処理ガス、第２の処理ガス及び第３の処理ガスを供給してこれらの処理ガスを反応させ、前記基板の表面に薄膜を成膜する成膜装置において、

前記ガス供給面を、互いに同一の大きさの正三角形からなる単位区画に分割し、当該単位区画を構成する各正三角形の３つの頂点に、夫々前記第１の処理ガスを供給する第１のガス供給孔、第２の処理ガスを供給する第２のガス供給孔及び第３の処理ガスを供給する第３のガス供給孔を割り当てたことを特徴とする。

【００１１】

前記第１の処理ガス及び第２の処理ガスは、夫々ストロンチウム化合物を含むガス及びチタン化合物を含むガスであり、前記第３の処理ガスは、前記ストロンチウム化合物及びチタン化合物と反応する酸化ガスであり、前記基板の表面に成膜される薄膜はチタン酸ストロンチウムである場合に好適であり、また前記酸化ガスは、オゾンガスまたは水蒸気であるとよい。

【００１２】

次に、本発明に係る成膜方法は、処理容器内の載置台上の基板に、当該基板に対向するガスシャワーヘッドのガス供給面から互いに異なる第１の処理ガス、第２の処理ガス及び第３の処理ガスを供給してこれらの処理ガスを反応させ、前記基板の表面に薄膜を成膜する成膜方法において、

前記ガス供給面を、互いに同一の大きさの正三角形からなる単位区画に分割し、当該単位区画を構成する各正三角形の３つの頂点に、夫々第１のガス供給孔、第２のガス供給孔及び第３のガス供給孔を割り当てたガスシャワーヘッドを用い、

前記第１のガス供給孔より前記第１の処理ガスを供給し、第２のガス供給孔より前記第２の処理ガスを供給し、また第３のガス供給孔より前記第３の処理ガスを供給する工程を含むことを特徴とする。

【００１３】

前記成膜方法においては、前記第１の処理ガス及び第２の処理ガスは、夫々ストロンチウム化合物を含むガス及びチタン化合物を含むガスであり、前記第３の処理ガスは、前記ストロンチウム化合物及びチタン化合物と反応する酸化ガスであり、前記基板の表面に成膜される薄膜はチタン酸ストロンチウムであることが好適である。また前記酸化ガスは、オゾンガスまたは水蒸気であるとよい。

【００１４】

また本発明に係る記憶媒体は、成膜装置に用いられ、コンピュータ上で動作するプログラムを格納した記憶媒体であって、前記プログラムは前述の各成膜方法を実行するためにステップが組まれていることを特徴とする。

【００１５】

また本発明に係るガス供給装置は、互いに異なる第１の処理ガス、第２の処理ガス及び第３の処理ガスを基板に供給して基板上に薄膜を成膜するために用いられるガス供給装置において、

前記第１の処理ガス、第２の処理ガス及び第３の処理ガスを夫々導入するための第１の導入ポート、第２の導入ポート及び第３の導入ポートと、

前記基板に対向するガス供給面に形成された多数のガス供給孔と、

前記第１の導入ポート、第２の導入ポート及び第３の導入ポートから夫々導入された第１の処理ガス、第２の処理ガス及び第３の処理ガスを、前記多数のガス供給孔から独立して吐出するようにガス流路が構成されたガス流路構造部と、を備え、

前記ガス供給面を、互いに同一の大きさの正三角形からなる単位区画に分割し、当該単位区画を構成する各正三角形の３つの頂点に、夫々前記第１の処理ガスを供給する第１のガス供給孔、第２の処理ガスを供給する第２のガス供給孔及び第３の処理ガスを供給する第３のガス供給孔を割り当てたことを特徴とする。

【発明の効果】

【００１６】

本発明は、ガス供給面を互いに同一の大きさの正三角形からなる単位区画に分割し、当該単位区画を構成する各正三角形の３つの頂点から夫々第１の処理ガス、第２の処理ガス及び第３の処理ガスを供給するようにしている。このためいずれの単位区画をとっても第１～第３の処理ガスを吐出する３つのガス供給孔が存在すると共にこれら３つのガス供給孔が互いに等間隔に配列されていることから、第１～第３の処理ガスを同時に吐出してＣＶＤにより成膜する場合においても、あるいはこれらガスの供給のタイミングが異なるいわゆるＡＬＤにより成膜する場合においても、膜厚及び膜質について高い面内均一性を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１７】

先ず、本発明の実施の形態である成膜装置１全体の構成について図１を参照しながら説明する。本実施の形態に係る成膜装置１は、例えば第１の処理ガスとしてストロンチウム（Ｓｒ）を含む原料ガス（以下、Ｓｒ原料ガスという）、第２の処理ガスとしてチタン（Ｔｉ）を含む原料ガス（以下、Ｔｉ原料ガスという）を用い、これらを第３の処理ガスとして酸化ガスであるオゾンガスと反応させて、ＡＬＤプロセスにより、基板であるウエハ表面に高誘電体材料であるチタン酸ストロンチウム（$SrTiO_3$、以下ＳＴＯと略記する）の薄膜を成膜する機能を備えている。

【００１８】

図１の縦断面図に示すように、この成膜装置１は、真空容器をなす処理容器２と、当該処理容器２内に設置され、基板であるウエハＷを載置するための載置台３と、この載置台３と対向するように処理容器２の上部に設けられ、載置台３上のウエハＷ表面に処理ガス

を供給するためのガス供給装置であるガスシャワーヘッド４と、を備えている。

【００１９】

載置台３は、ウエハＷを支持する載置台本体に相当するステージ３１と、このステージ３１を覆うステージカバー３２と、から構成されており、ステージ３１は例えば窒化アルミニウムや石英等を材料として、例えば扁平な円板状に形成されている。ステージ３１の内部には、載置台３の載置面を加熱することにより、ウエハＷを成膜温度まで昇温するためのステージヒータ３３が埋設されている。このステージヒータ３３は、例えばシート状の抵抗発熱体より構成されていて、電源部６８より電力を供給することにより載置台３上に載置されたウエハＷを例えば２８０℃で加熱することができる。なおステージ３１内には図示しない静電チャックが設けられており、載置台３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ようになっている。

【００２０】

一方、ステージ３１と共に載置台３を構成するステージカバー３２は、ステージ３１の上面及び側面を覆うことにより、反応生成物や反応副生成物といった反応物のステージ３１表面への堆積を防止する役割を果たしている。ステージカバー３２は例えば石英製の着脱自在なカバー部材（デポシールドなどと呼ばれている）として構成されており、その上面中央領域には、ウエハＷよりやや大きな径を有する円形の凹部が形成されていて、当該ステージカバー３２上の載置面に載置されるウエハＷの位置決めを行うことができるようになっている。

【００２１】

載置台３は、柱状の支持部材３４によって例えばステージ３１の下面側中央部を支持されており、当該支持部材３４は昇降機構６９によって昇降されるように構成されている。そしてこの支持部材３４を昇降させることにより載置台３は、外部の搬送機構との間でウエハＷの受け渡しが行われる受け渡し位置と、ウエハＷの処理が行われる処理位置と、の間を例えば最長８０ｍｍ程度昇降することができる。

【００２２】

図１に示すように支持部材３４は、処理容器２の底面部、詳しくは後述の下側容器２２の底面部を貫通し、既述の昇降機構６９によって昇降される昇降板２３に接続されていると共に、この昇降板２３と下側容器２２との間はベローズ２４によって気密に接合されている。

【００２３】

また載置台３は、ウエハＷの裏面を支えて当該ウエハＷを載置台３の載置面より昇降させるための例えば３本の昇降ピン３５を備えている。これらの昇降ピン３５は、例えば図１に示すように載置台３をウエハＷの処理位置まで移動させた状態で、各昇降ピン３５の扁平な頭部がステージ３１の上面にて係止され、その下端部がステージ３１の底面から飛び出すように、ステージ３１を上下方向に貫通した状態で取り付けられている。

【００２４】

ステージ３１を貫通した各昇降ピン３５の下方側には、リング状の昇降部材３６が設けられていて、載置台３をウエハＷの受け渡し位置まで降下させた状態で昇降部材３６を昇降させ、各昇降ピン３５を押し上げたり降下させたりすることにより、これら昇降ピン３５に支持されたウエハＷを載置台３の載置面より昇降させることができる。

【００２５】

ここでステージカバー３２の上面側における、既述の昇降ピン３５が貫通している位置には、昇降ピン３５の頭部を格納するための開口部が設けられている。このため、図１に示すようにウエハＷの処理位置まで載置台３を移動させた状態では、ステージカバー３２上面と各昇降ピン３５の頭部上面とがほぼ面一となって、載置台３の上面に平坦なウエハＷ載置面が形成されるようになっている。更に当該ステージカバー３２の側壁部は、ステージ３１の下方側まで延伸されていて、ステージ３１の下方領域を側面から取り囲むスカート部３２１を形成しており、ステージ３１本体と一体の側周面を構成している。

【００２６】

次に処理容器２の構成について説明する。本実施の形態に係る処理容器２は、扁平な椀形の下側容器２２の上に環状に形成された排気ダクト２１を積み重ねた構成となっている。この下側容器２２は，例えばアルミニウム等により構成され、その底面には貫通孔２２１が設けられていて、既述したステージ３１の支持部材３４を貫通させるようになっている。また当該貫通孔２２１の周囲には、例えば４箇所にパージガス供給路２２２が設けられていて、パージガス供給源６６から供給された窒素ガス等のパージガスを下側容器２２内に送り込むことができる。なお図１中、破線で示した搬送口２８は、外部の搬送機構によりウエハＷの搬入出を行うためのものであり、図示しないゲートバルブによって開閉されるようになっている。

【００２７】

排気ダクト２１は、例えばアルミニウム製の角状のダクトを湾曲させて形成された環状体として構成されており、当該環状体の内径及び外径は、既述の下側容器２２の側壁部２２３の内径及び外径とほぼ同サイズに構成されている。また当該排気ダクト２１の処理雰囲気に近い側の壁面を内壁面、処理雰囲気から遠い側の壁面を外壁面と夫々呼ぶことにすると、内壁面上端部には、横方向に伸びるスリット状の真空排気口２１１が間隔を置いて周方向に沿って複数配列されている。当該排気ダクト２１の外壁面の例えば一箇所には排気管２９が接続されていて、例えば当該排気管２９に接続された真空ポンプ６７を利用して、各真空排気口２１１からの真空排気を行うことができるようになっている。また図１に示すように、排気ダクト２１にはその上面側から外壁面及び下面側にかけての外周部を覆うように断熱部材２１２が設けられている。

【００２８】

以上に説明した構成を備えた排気ダクト２１は、断熱部材２１２を介して下側容器２２の上に積み重ねられ、互いに断熱された状態で一体となり、処理容器２を構成している。そして排気ダクト２１の内壁面に設けられた複数の真空排気口２１１は、ガスシャワーヘッド４と載置台３との間に形成された処理雰囲気１０を含む空間に向けて開口しているので、これらの真空排気口２１１より処理雰囲気１０の真空排気を行うことができる。

【００２９】

更に処理容器２の内部には、図１に示すように載置台３と協働して下側容器２２内の空間である下部空間を、載置台３よりも上部の上部空間から区画するためのインナーブロック２６が設けられている。このインナーブロック２６は、例えばアルミニウムにより形成されたリング状部材であって、下側容器２２の側壁部２２３内壁面と、載置台３の側周面との間の空間に装填できるサイズに形成されている。またインナーブロック２６の上面外周部には、当該外周部から外側へ広がるように突起縁２６２が設けられており、インナーブロック２６は、下側容器２２の側壁部２２３と排気ダクト２１の内壁面側の下端部との間に設けられた中間リング体２５２にこの突起縁２６２を係止させて処理容器２内に固定されている。

【００３０】

更にまた図１に示すように、このインナーブロック２６の上面から内周面にかけての領域は、石英製のブロックカバー２６１で覆われており、表面への反応物の堆積を抑えることができるようになっている。そして、載置台３が処理位置にあるとき、このブロックカバー２６１が例えば２ｍｍの隙間を介してステージカバー３２の側面（スカート部３２１の側面）を取り囲むことにより、処理雰囲気１０のガスが下部空間に拡散しにくい状態となる。

【００３１】

更に排気ダクト２１の内壁面に形成された真空排気口２１１と処理雰囲気１０との間のリング状の空間には、この空間の通流コンダクタンスを小さくすることにより、当該処理雰囲気１０からみて処理容器２の周方向における排気の均一化を計るための、断面が逆Ｌ字状に形成されたリング部材であるバッフルリング２７が配設されている。

【００３２】

次にガスシャワーヘッド４について説明する。図２はガスシャワーヘッド４の分解斜視

図、図３及び図４は図２に示した一点破線の位置にてガスシャワーヘッド４をカットした縦断斜視図及び縦断面図であり、図３、図４は中心位置から見て左右のカット方向が異なっている。本実施の形態に係るガスシャワーヘッド４は、載置台３上のウエハＷの中央部に対向する中央領域から３種類の処理ガスであるＳｒ原料ガス、Ｔｉ原料ガス及びオゾンガス若しくはパージガスを処理雰囲気１０に吐出し、また当該中央領域を囲むリング状の周縁領域からパージガスを吐出することができるようになっている。そして、当該ガスシャワーヘッド４の中央領域においては、Ｓｒ原料ガス、Ｔｉ原料ガス及びオゾンガスを夫々専用のガス供給孔から供給するいわゆるポストミックスタイプのガスシャワーヘッドとして構成されている。

【００３３】

先ず前記中央領域における処理ガスの供給構造について述べると、図３、図４に示すようにガスシャワーヘッド４の上面にはＳｒ原料ガス、Ｔｉ原料ガス及びオゾンガスを夫々導入するための第１の導入ポート５１ａ、第２の導入ポート５２ａ及び第３の導入ポート５３ａが設けられており、これらの導入ポート５１ａ～５３ａには、上述の各種処理ガスとは別にパージガスも供給することができるようになっている。ガスシャワーヘッド４の内部には上から順に各々扁平な第１の拡散空間４２１、第２の拡散空間４２２及び第３の拡散空間４３１が互いに間隔をおいて積層されており、これらの拡散空間４２１～４３１は、同軸の円形状に形成されていて、第３の拡散空間４３１は、第１の拡散空間４２１及び第２の拡散空間４２２よりも直径が大きく構成されている。

【００３４】

次にガスシャワーヘッド４上面における各導入ポート５１ａ～５４ａの配置について説明すると、図２に示すように第１の導入ポート５１ａはガスシャワーヘッド４の上面中央部の１箇所に設けられており、図２に示したＹ方向を手前側とすると第２の導入ポート５２ａは、前記第１の導入ポート５１ａを取り囲む前後左右の４箇所に設けられている。また第３の導入ポート５３ａはこれら第２の導入ポート５２ａの外側４箇所に設けられていて、全体として９つの導入ポート５１ａ～５３ａがガスシャワーヘッド４上面の中央領域に十字に配列されている。また、パージガス用の第４の導入ポート５４ａは、この中央領域の外側に、既述の第１の導入ポート５１ａを中心とする対角線上の２箇所に設けられている。

【００３５】

第１の導入ポート５１ａは、第１のガス導入路５１１を介して第１の拡散空間４２１に連通している。ガスシャワーヘッド４は後述のようにプレートを４段積層して構成されており、第１のガス導入路５１１はそれらプレート群の最上段のプレート４１に垂直に形成されている。

また第２の導入ポート５２ａは、第２のガス導入路５２１を介して第２の拡散空間４２２に連通し、第３の導入ポート５３ａは、第３のガス導入路５３１を介して第３の拡散空間４３１に連通している。第２のガス導入路５２１は、前記最上段のプレート４１から第１の拡散空間４２１を通って垂直に伸びており、従って第１の拡散空間４２１においては、その内部空間が第２のガス導入路５２１を形成する小さな筒状部４２３が配置されている。第３のガス導入路５３１は、平面方向の位置が第１の拡散空間４２１、第２の拡散空間４２２よりも外側位置にて、前記最上段のプレート４１から第３の拡散空間４３１まで伸びている。

【００３６】

更に第１の拡散空間４２１の底面とガスシャワーヘッド４の下面のガス供給面４０ａとの間には、上下両端が夫々前記底面及びガス供給面４０ａに開口する垂直な第１のガス供給路５１２が多数設けられている。これら第１のガス供給路５１２は、第２の拡散空間４２２及び第３の拡散空間４３１を通過しているため、これら拡散空間４２２、４３１おける第１のガス供給路５１２の通過部位には、その内部空間が当該第１のガス供給路５１２を形成する小さな筒状部４２５、４３２が夫々配置されている。

【００３７】

また第２の拡散空間４２２の底面とガスシャワーヘッド４下面のガス供給面４０ａとの間には、上下両端が夫々前記底面及びガス供給面４０ａに開口する垂直な第２のガス供給路５２２が多数設けられている。これら第２のガス供給路５２２は、第３の拡散空間４３１を通過しているため、この第３の拡散空間４３１における第２のガス供給路５２２の通過部位には、その内部空間が第２のガス供給路５２２を形成する小さな筒状部４３３が配置されている。

【００３８】

更にまた、第３の拡散空間４３１の底面とガスシャワーヘッド４下面のガス供給面４０ａとの間には、上下両端が夫々これら底面及びガス供給面４０ａに開口する垂直な第３のガス供給路５３２が多数設けられている。なおガス流路の名称については、このように導入ポートから拡散空間までのガス流路を「ガス導入路」とし、拡散空間からガスシャワーヘッド４の下面までの流路を「ガス供給路」としている。

【００３９】

ガスシャワーヘッド４の中央領域は上記のように構成されていることから、Ｓｒ原料ガス、Ｔｉ原料ガス及びオゾンガスを夫々第１の導入ポート５１ａ、第２の導入ポート５２ａ及び第３の導入ポート５３ａに導入することにより、これらのガスは互いに独立した流路を通ってガスシャワーヘッド４の下面のガス供給面４０ａから、図１に示した処理雰囲気１０の中央領域１０ａに供給されることとなる。またこれらの導入ポート５１ａ～５３ａに供給するガスをパージガスに切り替えることにより、当該中央領域１０ａにパージガスを供給することも可能となる。

【００４０】

次にガスシャワーヘッド４の周縁領域における処理ガスの供給構造について述べると、ガスシャワーヘッド４の上面における前記中央領域から外れた領域には、既述のように当該ガスシャワーヘッド４の中心を挟んで相対向する位置に、２つの第４の導入ポート５４ａが設けられている。また前記周縁領域においては、前記第１の拡散空間４２１よりも高い位置にリング状の第４の拡散空間４１１が形成され、２つの第４の導入ポート５４ａからこの第４の拡散空間４１１に夫々ガスを導入するように垂直に伸びる第４のガス導入路５４１が形成されている。更に第４の拡散空間４１１の下方側投影領域であって、第３の拡散空間４３１よりも低い位置にリング状の第５の拡散空間４４１が形成されており、第４の拡散空間４１１から第５の拡散空間４４１にガスが流れるように垂直に伸びる２本の第５のガス導入路５４２が形成されている。

【００４１】

そして上側の第４のガス導入路５４１と下側の第５のガス導入路５４２とは、ガスシャワーヘッド４の周方向に９０度ずつずらして、交互に配置されている。そして第５の拡散空間４４１の底面とガスシャワーヘッド４下面のガス供給面４０ｂとの間には、上下両端が夫々前記底面及びガス供給面４０ｂに開口する垂直な第４のガス供給路５４３が多数設けられている。

【００４２】

ガスシャワーヘッド４の周縁領域は上記のように構成されていることから、パージガスを第４の導入ポート５４ａに導入することにより、ガスシャワーヘッド４下面のガス供給面４０ｂにおいて、既述の処理ガスの供給部位である中央領域１０ａ外方の周縁領域１０ｂからパージガスを供給することが可能となっている。

【００４３】

ここでガスシャワーヘッド４は、図２に示すようにプレートを４段に積層して構成され、最上段を１段目とすると、１～３段目までは夫々平面形状が円形のプレート４１、４２及び４３からなり、４段目は前記中央領域に位置する円形のプレート４５と、このプレート４５を囲み、前記周縁領域に位置するリング状のプレート４４と、から構成されている。

【００４４】

１段目のプレート４１は、上縁部にフランジ部４１ａを備え、このフランジ部４１ａは

、図１に示すようにインナーブロック２６との間に設けられ、当該フランジ部４１ａと勘合する段差を備えたリング状の支持部材２５の段差部上面に密接している。また当該プレート４１におけるフランジ部４１ａの下方側及び２段目以降のプレート４２、４３及び４４の側周面は、前記支持部材２５及びバッフルリング２７の内周面に密合した状態で処理容器２に固定されている。

【００４５】

また図３、図４に示すように１段目のプレート４１の下面にはリング状の溝が形成されており、この溝と２段目のプレート４２の上面とにより区画される空間が前記リング状の第４の拡散空間４１１に相当する。更に前記第１のガス導入路５１１及び第４のガス導入路５４１は、この１段目のプレート４１に形成されている。

【００４６】

２段目のプレート４２の中央領域における上下両面には、図２～図４に示すように夫々平面形状が円形の凹部が形成されており、上面側の凹部と１段目のプレート４１とで区画される空間が前記第１の拡散空間４２１に相当し、また下面側の凹部と３段目のプレート４３とで区画される空間が前記第２の拡散空間４２２に相当する。

【００４７】

３段目のプレート４３の中央領域における下面には、図３、図４に示すように平面形状が円形の凹部が形成されており、この凹部と４段目の円形のプレート４５の上面とで区画される空間が前記第３の拡散空間４３１に相当する。

【００４８】

４段目のリング状のプレート４４の上面には、図２～図４に示すように当該プレート４４の周方向に沿ってリング状に凹部が形成されており、この凹部と３段目の円形のプレート４３の下面とで区画される空間が前記第５の拡散空間４４１に相当する。なお図２において、凹部の符号は対応する拡散空間の符号として記載してある。

【００４９】

そして既述のガス導入路５２１、５３１、５４２、及びガス供給路５１２、５２２は、図３、図４に示すように１段目から４段目のプレート４１、４２、４３、４５及び４４の中で対応する複数のプレートに分割して形成されている。また既述のようにガス導入路あるいはガス供給路が拡散空間を通る部分は、筒状部４２３、４２５、４３２、４３３、として構成されているので、これら筒状部４２３、４２５、４３２、４３３は拡散空間４２１、４２２、４３１を形成する凹部の天井面から下方に突出してまたは凹部の底面から上方に突出して設けられている。

【００５０】

拡散空間４２２、４３１においては、多数の筒状部４２５、４３２、４３３があるため、この部分を通じて熱の伝達が行われるが、拡散空間４２１では筒状部４２３が少ないため、上下のプレート４１、４２の間で伝熱しやすいように既述の筒状部４２３以外の箇所においても、凹部の底面から上側のプレートに至るまで上方に突出している柱部４２４が設けられている。

【００５１】

筒状部４２３、４２５、４３２、４３３及び柱部４２４の上端面または下端面は、凹部以外のプレート４２、４３の面と面一（同じ高さ）となっており、従って筒状部４２３、４２５、４３２、４３３の上端面または下端面は、対向するプレート４１、４３、４５の面と密接し、筒状部４２３、４２５、４３２、４３３内を流れるガスがガス拡散空間４２１、４２２、４３２にリークすることが抑えられる。以上において、各プレート４１～４５内の既述のガス拡散空間４２１、４２２、４３１、４１１、４４１、ガス導入路５１１、５２１、５３１、５４１、５４２、ガス供給路５１２、５２２、５３２、５４３は、第１～第３の処理ガス（Ｓｒ原料ガス、Ｔｉ原料ガス及びオゾンガス）を独立して処理雰囲気に供給するためのガス流路構造部を構成している。

【００５２】

また前記ガス導入路５１１、５２１、５４１、５４２がガス拡散空間４２１、４２２、

４１１、４４１に開口する部分においては、拡大した拡径部が形成されている。詳細には、図５（ａ）に例えば第１のガス導入路５１１について代表して示すように、第１のガス導入路５１１及びその開口部５１１ａは例えば円管状に形成されていて、開口部５１１ａの断路面積A_2（$=\pi r_2^2$：r_2は当該断路の半径）は第１のガス導入路５１１の断路面積A_1（$=\pi r_1^2$：r_1は当該断路の半径）の約２倍となっていると共に、第１のガス導入路５１１の終端部と開口部５１１ａの終端部とを仮想的に繋ぐ面（図５（ａ）中に破線で示してある）と、開口部５１１ａの側周面と、のなす角度が３０°となるように構成されている。このように拡径部を設けることにより、ガス導入路５１１、５２１、５４１、５４２よりガス拡散空間４２１、４２２、４１１、４４１内にガスを拡散させ易くすることができる。

【００５３】

また４段目の円形のプレート４５に形成されたガス供給路５１２、５２２及び５３２は、図５（ｂ）に示すように、ガス供給面４０ａに開口する下側部分の口径がその上側部分よりも小さくなっている。寸法の一例を示すと、上側部分の口径「Ｌ１＝２ｍｍ」、下側部分の口径「Ｌ２＝１ｍｍ」、下側部分の長さ「Ｈ＝５ｍｍ」である。このようにガス供給路５１２、５２２、５３２の下側部分の口径を小さくすることにより、これらの供給路５１２、５２２、５３２のペクレ数「Ｐｅ」の値を大きくすることが可能となり、処理雰囲気１０へと供給した処理ガス等の拡散空間４２１、４２２、４３１への流れ込みを防止することができる。本実施の形態においては、例えば処理ガスの供給を行っていない期間中のガス供給路５１２、５２２、５３２からは少量のパージガスを流すようになっているが、このパージガスが流れる際のペクレ数が「Ｐｅ≧２０」となるように下側部分の口径が設定されている。ここでＰｅ＝Ｖｓ・Ｈ／Ｄであり、Ｖｓはガス供給路５１２、５２２、５３２の下側部分を流れるパージガスの流速、Ｄはパージガスに対する処理ガスの拡散定数である。

【００５４】

以上に説明したガスシャワーヘッド４の各プレート４１～４５には、図３、図４にいくつかを代表して示したように、互いを締結するためのボルト孔８１ａ～８４ａ、８１ｂ～８４ｂが穿設されている。これらのボルト孔８１ａ～８４ａ、８１ｂ～８４ｂを用いて、例えば図２に示すようにプレート４１とプレート４２とをボルト８１により締結し、プレート４３の中心とプレート４５の中心とをボルト８２により締結してから、このプレート４３をボルト８３によってプレート４２の下面側に締結し、最後にボルト８４によってプレート４４をプレート４３の下面側に締結することにより、図３、図４に示すガスシャワーヘッド４が構成される。なお、上述のボルト８１～８４は、説明の便宜上ガスシャワーヘッド４の各部材４１～４５を締結しているボルトの一部を抜き出して例示したものであって、実際には各部材４１～４５は、より多数のボルトによって強固に締結されている。また図示の便宜上図３、図４においてはボルト孔８１ａ～８４ａ、８１ｂ～８４ｂの記載を省略してある。

【００５５】

最上段のプレート４１上面の各導入ポート５１ａ～５４ａには、図４に示すように各種のガスを供給するためのガス供給ライン６１０～６４０が接続されており、第１の導入ポート５１ａはＳｒ原料ガス供給ライン６１０と、第２の導入ポート５２ａはＴｉ原料ガス供給ライン６２０と、第３の導入ポート５３ａはオゾンガス供給ライン６３０と、また第４の導入ポート５４ａはパージガス供給ライン６４０と、夫々接続されている。更にこれらの各ガス供給ライン６１０～６４０は図６のガス供給経路図に示すように、上流側で夫々各種の供給源６１～６４と接続されている。

【００５６】

詳細には、Ｓｒ原料ガス供給ライン６１０はＳｒ原料供給源６１と接続されていて、当該供給源６１には、例えば$Sr(THD)_2$（ストロンチウムビステトラメチルヘプタンジオナト）や$Sr(Me_5Cp)_2$（ビスペンタメチルシクロペンタジエニエルストロンチウム）等の液体Ｓｒ原料が貯留されており、このＳｒ原料が供給ラインに押し出され、

気化器６１１により気化されてＳｒ原料ガスがＳｒ原料ガス供給ライン６１０へと供給されるようになっている。

【００５７】

Ｔｉ原料ガス供給ライン６２０はＴｉ原料供給源６２と接続されていて、当該供給源６２には、例えば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）やＴｉ（ＯｉＰｒ）（チタニウムテトライソプロポキサイド）等のＴｉ原料が貯留されており、Ｓｒ原料の場合と同様に気化器６２１によって気化されたＴｉ原料ガスが供給されるようになっている。

【００５８】

また、オゾンガス供給ライン６３０は例えば周知のオゾナイザ等により構成されるオゾンガス供給源６３に接続されると共に、パージガス供給ライン６４０はアルゴンガスボンベ等により構成されるパージガス供給源６４に接続されていて、夫々の供給ライン６３０、６４０にオゾンガス及びアルゴンガスを供給できる。また、Ｓｒ原料ガス供給ライン６１０、Ｔｉ原料ガス供給ライン６２０、オゾンガス供給ライン６３０は夫々経路の途中で分岐してパージガス供給源６４へと接続されており、夫々の処理ガスに替えてパージガスを供給することができる。また各ガス供給ライン６１０～６４０とガス供給源６１～６４との間には、バルブ、流量計等からなる流量制御機器群６５が介設されており、後述する制御部７からの指示に基づいて各種のガスの供給タイミング及び供給量が制御される。なお各ガス供給ライン６１０～６４０は、図２に示した１１個の導入ポート５１ａ～５４ａ全てに接続されているが、図１や図６等では導入ポート５１ａ～５４ａの数を略して記載してある。

【００５９】

成膜装置１の装置構成の説明に戻ると、ガスシャワーヘッド４の上面や排気ダクト２１の外壁面の下面側及び上面側等には、図１に示すようにシート状の抵抗発熱体等よりなるシャワーヘッドヒータ４７やダクトヒータ２１３が設けられていて、電源部６８より供給される電力によりガスシャワーヘッド４や排気ダクト２１全体を加熱することによりガスシャワーヘッド４のガス供給面４０や排気ダクト２１内面への反応物の付着を防止できるようになっている。なお図示の便宜上、図１以外の図へのヒータ４７、２１３の記載は省略した。なお上述したものの他、反応物の付着を防止するためのヒータは、例えばインナーブロック２６内にも埋設されているが、説明の便宜上図示は省略する。

【００６０】

以上に説明した成膜装置１は、既述のガス供給源６１～６３からのガス供給動作、ステージ３１の昇降動作や真空ポンプ６７による処理容器２内の排気動作、各ヒータ４７、２１３による加熱動作等を制御する制御部７を備えている。制御部７は例えば図示しないＣＰＵとプログラムとを備えたコンピュータからなり、このプログラムには当該成膜装置１によってウエハＷへの成膜処理を行うのに必要な制御、例えばガス供給源６１～６４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、処理容器２内の真空度を調節する制御、ステージ３１の昇降動作制御や各ヒータ４７、２１３の温度制御等についてのステップ（命令）群が組まれている。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、メモリカード等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。

【００６１】

以上に説明した装置構成を備えた成膜装置１において、Ｓｒ原料ガス、Ｔｉ原料ガス、オゾンガスの３種類の処理ガスを用いてＳＴＯの薄膜を成膜するにあたり、本実施の形態に係るガスシャワーヘッド４は当該ＳＴＯ膜の膜厚や膜質の面内均一性を確保できるようにガス供給面４０ａに設けられた各処理ガスの供給孔の配列が決められている。以下、図７～図１１を用いて当該配列の詳細について説明する。

【００６２】

図７は、図２に示した４段目の円形のプレート４５を下面側から見た平面図であり、ガスシャワーヘッド４の中央領域のガス供給面４０ａに各処理ガスのガス供給孔５１ｂ～５

３ｂが配置された状態を示している。説明の便宜上、図７、図１０及び図１１に示した各ガス供給孔５１ｂ～５３ｂは、表記記号により識別できるようにしてあり、Ｓｒ原料ガス供給用のＳｒ原料ガス供給孔５１ｂは「◎」、Ｔｉ原料ガス供給用のＴｉ原料ガス供給孔５２ｂは「○」、オゾンガス供給用のオゾンガス供給孔５３ｂは「●」の記号にて、ガス供給面４０ａ上の配置位置に表記してある。

【００６３】

本実施の形態のように、ガス供給面４０ａに多数設けられたガス供給孔５１ｂ～５３ｂより、対向するウエハＷに対して処理ガスを供給することにより成膜を行うタイプのガスシャワーヘッド４においては、ガス供給孔５１ｂ～５３ｂ同士の間隔（以下、ピッチという）や載置台３上に載置されたウエハＷの表面からガスシャワーヘッド４のガス供給面４０ａまでの距離（以下、ギャップという）が膜質や膜厚の面内均一性に影響を与える。

【００６４】

即ち、ある種類の処理ガスを供給するガス供給孔５０ｂ同士のピッチを「ａ」、ガス供給面４０ａとウエハＷ表面との間のギャップを「ｈ」としたとき、図８（ａ）に模式的に表したようにガス供給孔５０ｂ同士のピッチが大きいと、各ガス供給孔５０ｂから供給された処理ガスは、十分に拡散して隣のガス供給孔５０ｂより供給された処理ガスと均一な処理ガス雰囲気を形成する前にウエハＷに到達してしまう。この結果、ウエハＷ面内で処理ガスの吸着量の多い領域と少ない領域が形成され、ガス供給孔５０ｂの配列パターンに合わせてガス供給孔５０ｂに近い部分で薄膜Ｆの膜厚が厚くなったりする現象（以下、ガス供給孔５０ｂの転写という）を生じる。また、ガス供給孔５０ｂのピッチを小さくしても、ガス供給面４０ａとウエハＷとのギャップが小さい場合には、噴射されるガスの流速が速すぎてガス供給孔５０ｂに近い部分で薄膜Ｆの膜厚が薄くなったりする事象が発生し、図８（ｂ）に示すようにガス供給孔５０ｂの転写を生じる。

【００６５】

このようにガス供給孔５０ｂの転写は、ピッチ「ａ」の値が大きくなるほど（「ａ」の値に比例して）、また、ギャップ「ｈ」の値が大きすぎても小さすぎても生じやすくなるので、転写のない均一な膜厚の薄膜Ｆを得るためには、例えば図８（ｃ）に示すようにピッチ「ａ」を小さくする一方、ギャップ「ｈ」を最適な大きさの条件のもとで成膜を行うことが好ましい。なお、図８（ａ）～図８（ｃ）の各図においては、説明の便宜上、上述の議論にて着目した特定の種類の処理ガスを供給するガス供給孔５０ｂのみを表示し、他の種類のガス供給孔については記載を省略してある。

【００６６】

なお実際の成膜装置１においては、図１にて説明したように処理容器２の内部は真空ポンプ６７によって常時排気されており、ガス供給面４０ａとウエハＷとの間にはこの排気による処理ガスの流れが形成されるため、ガス供給孔５０ｂから供給された処理ガスは、図８（ａ）～図８（ｃ）にてモデル的に示したものよりも複雑な挙動を示す。しかしながら薄膜Ｆへのガス供給孔５０ｂの転写の程度は、既述のメカニズムによって、ガス供給孔５０ｂ同士のピッチやガス供給面４０ａとウエハＷとのギャップに大きく影響される。

【００６７】

ここで本実施の形態に係る成膜装置１においては、既に図１にて説明したようにウエハＷの受け渡し位置から、ウエハＷの処理位置まで載置台３を昇降させることが可能となっており、この処理位置は、例えば図９（ａ）に示すようにギャップが「ｈ＝４０ｍｍ」と最も大きくなる場合から、図９（ｂ）に示すように「ｈ＝８ｍｍ」と最も小さくなる場合まで、処理位置を上下方向に自在に変更することができる。この処理位置は、例えば成膜条件を指定したレシピに応じて、予め記憶されている最適な処理位置を選択する等の手法によって決定されるが、各原料ガスの使用量抑制の観点から、できる限りギャップの短い処理位置にて成膜処理を行う要請が強い。そこでガスシャワーヘッド４においてはギャップ「ｈ」が最小となる位置にて処理が行われる場合でも転写が抑えられるようなピッチにて、各ガス供給孔５１ｂ～５３ｂをガス供給面４０ａに配列する必要がある。

【００６８】

このような観点から本実施の形態に係るガスシャワーヘッド４においては、図７及び図１０（ａ）に示すように、ガスシャワーヘッド４のガス供給面４０ａを互いに同一の大きさの正三角形からなる単位区画４０１に分割し、この単位区画４０１を構成する各正三角形の３つの頂点に、夫々Ｓｒ原料ガス供給孔５１ｂ、Ｔｉ原料ガス供給孔５２ｂ、オゾンガス供給孔５３ｂを割り当てることにより、多数のガス供給孔５１ｂ～５３ｂをガス供給面４０ａに配列している。

【００６９】

即ち図１０（ａ）における配列法は、三角形ＡＢＣの頂点Ａに例えばオゾンガス供給孔５３ｂを割り当て、頂点Ｂに例えばＳｒ原料ガス供給孔５１ｂを割り当て、頂点Ｃに例えばＴｉ原料ガス供給孔５２ｂを割り当てる。この後三角形ＡＢＣの辺ＢＣに対して線対称な三角形ＢＣＤを描くと、頂点Ｄにはこれと線対称な頂点Ａのオゾンガス供給孔５３ｂが割り当てられる。同様なことが三角形ＡＢＣの各辺ＡＢ、ＡＣに対しても行われ、頂点ＥにはＴｉ原料ガス供給孔５２ｂが割り当てられ、頂点ＦにはＳｒ原料ガス供給孔５１ｂが割り当てられる。以下はこれを繰返しガスシャワーヘッド４のガス供給面４０ａに各処理ガスのガス供給孔が形成されることになる。これによれば単位区画４０１内には必ず３種類のガス孔が１つずつ存在し、つまり３種類のガス孔の分布密度が等しいことになる。さらに各々のガス種の隣り合うガス孔の距離も等しくなり（後述するが３種類のガス孔全てに対し、√３ｌとなる）、全てのガス種が均一に処理雰囲気１０に吐出されることになる。

【００７０】

ここで図５（ｂ）に示したように、例えば各ガス供給路５１２、５２２、５３２の上側部分の口径が「Ｌ１＝２ｍｍ」の場合には、工作精度や隣り合うガス供給路５１２、５２２、５３２間に必要な壁の厚み等の観点から、隣り合う各ガス供給路５１２、５２２、５３２同士の距離は例えば約７ｍｍが加工限界であるとする。この場合には図１０（ａ）に示すように単位区画４０１の一辺の長さ「ｌ」は７ｍｍなので、例えばオゾンガス供給孔５３ｂ同士のピッチは「ａ＝（√３）ｌ」であり約１２ｍｍとなり、他のガス供給孔５１ｂ、５２ｂについても同様のことがいえる。

【００７１】

このような配列法に対して、例えば図１０（ｂ）の参照例に示す配列法を検討してみる。この配列法では、例えばガス供給面４０ａを互いに同一の大きさの正方形からなる単位区画４０２に格子状に分割し、各格子点上の行方向（横方向）にガス供給孔５１ｂ～５３ｂを例えば「５１ｂ→５２ｂ→５３ｂ」の順で割り当てることにより各行を構成すると共に、１行目と２行目との間では夫々同じ種類のガス供給孔５１ｂ～５３ｂの位置が１列ずつ右側へずれるようにこれらの行を配置し、以降もｎ行目と（ｎ＋１）行目との間が同様の関係となるように各行を配置している。

【００７２】

ここで図１０（ａ）に示した本実施の形態に係る配列と同様に、当該配列法における単位区画４０２の長さを「ｌ＝７ｍｍ」とすると、例えばオゾンガス供給孔５３ｂ同士のピッチは２種類存在し、一方のピッチは「a_1＝（√２）ｌ」であり約９．９ｍｍとなって図１０（ａ）に示した本実施の形態に係る配列のピッチよりも小さくなるが、もう一方のピッチは「a_2＝（√５）ｌ」であり約１５．７ｍｍとなるため、実施の形態に係る配列のピッチよりも大きくなってしまう。

【００７３】

以上に説明した配列法のように、小さなピッチ「a_1」と大きなピッチ「a_2」とが混在するガス供給面４０ａを持つガスシャワーヘッドを用いて成膜を行った場合には、成膜された膜へのガス供給孔５１ｂ～５３ｂの転写の程度についても、転写の程度が大きな領域と小さな領域とが混在することになる。しかしながら、一般に膜厚の均一性は、膜厚の平均値と実膜厚との差の最大値を用いて評価される。このため、膜全体の膜厚の均一性評価は、転写の程度の大きな領域において行われるので、図１０（ａ）に示した配列法を採用した場合と比較して膜全体の膜厚の均一性が悪くなってしまう。

【００７４】
また膜質という観点で図１０（ａ）、図１０（ｂ）の配列法を比較すると、例えばＳＴＯはストロンチウム、チタン、酸素の各原子が１：１：３の比率で化合した化合物であり、このような比率の調整は例えば各原料供給源６１～６３からの供給ガスの濃度等により調整される。ここで図１０（ａ）に示した実施の形態に係る配列法のウエハＷへのガス吸着の影響を検討するため、図１１（ａ）に示すように、あるＳｒ原料ガス供給孔５１ｂを囲む６つの単位区画４０１について考えてみる。このとき当該Ｓｒ原料ガス供給孔５１ｂの直下にある領域のウエハＷから見ると、Ｔｉ原料ガス供給孔５２ｂやオゾンガス供給孔５３ｂから供給される処理ガスはいずれも中心のＳｒ原料ガス供給孔５１ｂから等しい距離「ｌ」だけ離れたガス供給孔５２ｂ、５３ｂより供給されるため、当該ウエハＷ領域に到達するタイミングや吸着の行われる時間等が等しく、このウエハＷ領域におけるガス吸着濃度も均一になると考えられる。

【００７５】
これに対して、図１１（ｂ）に示すように、あるＳｒ原料ガス供給孔５１ｂを囲む４つの単位区画４０２について同様の検討をすると、例えば中心のＳｒ原料ガス供給孔５１ｂに対して左方及び下方の２つのオゾンガス供給孔５３ｂは距離「ｌ」だけ離れているのに対して、当該Ｓｒ原料ガス供給孔５１ｂ右上方のオゾンガス供給孔５３ｂは距離「（√２）ｌ」だけ離れており、Ｓｒ原料ガス供給孔５１ｂからの距離が異なっている。このためＳｒ原料ガス供給孔５１ｂ直下のウエハＷ領域では、当該領域の右上方と左下方では、これらの供給孔５３ｂから供給されたガスの到達するタイミングや吸着の行われる時間等が異なり、例えば右上方領域で吸着濃度が低く、左下方領域で吸着濃度が高くなるといったガス吸着濃度の偏りを生じてしまうおそれがある。一方、中心のＳｒ原料ガス供給孔５１ｂを囲む３つのＴｉ原料ガス供給孔５２ｂについては、上述したオゾンガス供給孔５３ｂについての配列状態を１８０°回転させた状態となっているため、例えば左下方領域で吸着濃度が低く、右上方領域で吸着濃度が高くなるといったガス吸着濃度の偏りを生じ得る。

【００７６】
このような配列状態の偏りにより、３種類のガスのいずれかのガス吸着量が多かったり少なかったりすると、ストロンチウム、チタン、酸素の各原子が１：１：３の割合で化合することができず、例えばＳＴＯの膜中に酸化ストロンチウム（ＳｒＯ）や酸化チタン（TiO_2）が混入してしまう可能性があり、均質な膜質のＳＴＯ膜を得られないおそれがある。

【００７７】
以上に説明した図１０（ａ）によるガス孔の配列法によれば、例えば正四角形の各頂点に４種類の異なるガス種を割り振り、あとは四角形の各辺に対し線対称に四角形を描き各ガス種のガス孔を割り振ってゆけば、４種類のガス孔の分布密度が等しく、各ガス種の隣り合うガス孔の距離も等しいシャワーヘッドを作ることができ、さらには正多角形（正五角形、正六角形等）にまで適用することができる。また図１０（ａ）に示した配列法は、例えば図１０（ｂ）に参照例として示した配列法と比較して膜厚及び膜質について高い面内均一性を得ることが可能であると考えられ、本実施の形態に係るガスシャワーヘッド４においてはこのような考え方に基づいて３種類のガス供給孔５１ｂ～５３ｂの配置法が採用されている。以下、このようなガスシャワーヘッド４を採用した成膜装置１の作用について説明する。

【００７８】
先ず図１２に示すように、搬送口２８を開け、外部の搬送機構を搬送口２８より進入させて処理容器２内にウエハＷを搬入する。次いで昇降ピン３５を介して、受け渡し位置にある載置台３上にウエハＷを載置して不図示の静電チャックにより当該ウエハＷを吸着する。このとき、各ヒータ２１３、４７等により排気ダクト２１やインナーブロック２６の表面は例えば各々２３０℃まで加熱され、またガスシャワーヘッド４のガス供給面４０は例えば２５０℃まで加熱されている。次いで搬送口２８を閉じて処理容器２内を気密な状

態とした後、真空ポンプ６７により排気ダクト２１を介して処理容器２内を引き切りの状態とする。

【００７９】

このとき既述のようにインナーブロック２６はウエハＷの受け渡し位置よりも高い位置に固定されているので、図１２に示すように載置台３をウエハＷの受け渡し位置まで降下させた状態においては、下側容器２２内の空間は処理雰囲気１０と連通した（区画されていない）状態となっている。このため、上述の真空排気においては下側容器２２内を含む処理容器２内全体が真空排気される。

【００８０】

処理容器２内が所定の圧力まで真空排気されたら、真空排気を継続したままウエハＷの載置された載置台３を、レシピに応じて選択された処理位置、例えば「ｈ＝８ｍｍ」の位置まで上昇させる。ここで処理位置まで載置台３を上昇させると、例えば図９（ａ）や図９（ｂ）に示すようにステージカバー３２の側周面、あるいは当該側周面から延伸されたスカート部３２１がインナーブロック２６に取り囲まれた状態となって、載置台３上方の処理雰囲気１０と、下側容器２２内の空間とが、載置台３及びインナーブロック２６により遮られて互いに区画された状態となる。

【００８１】

このようにして処理雰囲気１０と下側容器２２内の空間とが区画されたら、パージガス供給路２２２より下側容器２２内へのパージガス導入を開始する。そしてステージヒータ３３によりウエハＷの温度が例えば２８０℃まで加熱された後、ＳＴＯの成膜処理を開始する。なお、図９（ａ）、図９（ｂ）及び図１２においては、図示の便宜上ステージヒータ３３の記載は省略してある。また以下の作用説明では、ウエハＷの処理位置が図９（ｂ）に示した位置（ｈ＝８ｍｍ）にある場合を例にとって説明を進める。

【００８２】

ＡＬＤプロセスによるＳＴＯの成膜処理は、図１３（ａ）～図１３（ｄ）に示すガス供給シーケンスに基づいて実行される。図１３（ａ）～図１３（ｃ）の各図に示した白抜きのカラムは各ガス供給ライン６１０～６３０からの処理ガス（Ｓｒ原料ガス、Ｔｉ原料ガス、オゾンガス）の供給量を示し、また図１３（ａ）～図１３（ｄ）の斜線のハッチで塗りつぶしたカラムは、各ガス供給ライン６１０～６４０からのパージガスの供給量を示している。また図１４～図１７は、これらのシーケンス実行中におけるガスシャワーヘッド４内及び処理雰囲気１０の各ガスの流れを模式的に示している。

【００８３】

ガス供給シーケンスによれば、図１３（ａ）に示すように、まずＳｒ原料ガスの供給を行う（Ｓｒ原料ガス供給工程）。このときガスシャワーヘッド４内においてＳｒ原料ガスは、図１４に示すように第１のガス導入路５１１を通って第１の拡散空間４２１内に拡散し、第１の拡散空間４２１底面に多数設けられた第１のガス供給路５１２を通って、ガス供給面４０ａの各Ｓｒ原料ガス供給孔５１ｂ（図７参照）から処理雰囲気１０の中央領域１０ａに供給される。

【００８４】

このようにして、Ｓｒ原料ガスは、ガスシャワーヘッド４の中央領域側のガス供給面４０ａから処理雰囲気１０内に供給され、載置台３上のウエハＷの中央部に到達する。このとき図１に示すように、処理雰囲気１０の周囲には排気ダクト２１に設けられた真空排気口２１１が当該処理雰囲気１０を取り囲むように配置されているので、ウエハＷ中央部に到達した原料ガスはこれらの真空排気口２１１に向かってウエハＷの中央部から周縁部へと流れていく。このようにウエハＷの中央部から周縁部に原料ガスが流れることにより、原料ガスの移動距離が短くなって、各原料ガスの分子をウエハＷの径方向に均一に吸着させることができる。

【００８５】

またこのとき、図１３（ｂ）～（ｄ）及び図１４に示すように原料ガスの逆流を防止するため、第２のガス供給路５２２、第３のガス供給路５３２及び第４のガス導入路５４１

からは少量のパージガスを流している。一方、図１に示した下側容器２２のパージガス供給路２２２から供給されたパージガスは、載置台３とインナーブロック２６との隙間を通って処理雰囲気１０内に進入し、これにより原料ガスが下側容器２２内の空間へと流入することを抑え、反応物が付着することによる付着物の形成を防止している。この載置台３とインナーブロック２６との隙間からのパージガスの供給は、ガス供給シーケンスの実行中、継続して行われる。

【００８６】

このようにして所定時間が経過し、ウエハＷ上にＳｒ原料ガスの吸着層を形成したら、各原料ガスの供給を停止し、図１３（ａ）～図１３（ｄ）に示すようにＳｒ原料ガス供給ライン６１０及びパージガス供給ライン６４０からパージガスを供給して、処理雰囲気１０並びにガスシャワーヘッド４内部に残存するＳｒ原料ガスをパージする（Ｓｒ原料ガスパージ工程）。このときガスシャワーヘッド４内では、Ｓｒ原料ガス供給ライン６１０から供給されたパージガスは、図１５に示すように既述のＳｒ原料ガスと同様の経路を経て処理雰囲気１０の中央領域１０ａに供給される。一方パージガス供給ライン６４０より供給されたパージガスは、第４のガス導入路５４１→第４の拡散空間４１１→第５のガス導入路５４２を経てリング状の第５の拡散空間４４１に到達し、この底面に多数設けられた第４のガス供給路５４３を通って処理雰囲気１０の周縁領域１０ｂに供給される。

【００８７】

このように処理容器２内の処理雰囲気１０には、中央領域１０ａと周縁領域１０ｂ双方に同時にパージガスが供給されるため、例えばこれらの領域のいずれか一方のみにパージガスを供給する場合に比べてパージガス量が多くなり、短い時間で原料ガスのパージを終えることができる。なおこのとき、図１３（ｂ）、（ｃ）及び図１５に示すように第２のガス供給路５２２及び第３のガス供給路５３２からも少量のパージガスを流している。

【００８８】

処理雰囲気１０からのＳｒ原料ガスのパージを終えたら、図１３（ｂ）に示すようにＴｉ原料ガスを供給する。Ｔｉ原料ガスは、図１６に示すように第２のガス導入路５２１→第２の拡散空間４２２→第３のガス供給路５３２を経てガス供給面４０ａの各Ｔｉ原料ガス供給孔５２ｂ（図７参照）より処理雰囲気１０の中央領域１０ａに供給され、Ｓｒ原料ガスの場合と同様にウエハＷ中央部から周縁部へ向かって流れて当該ウエハＷの径方向に均一に吸着する。また図１３（ａ）、（ｃ）、（ｄ）及び図１６に示すように第１のガス供給路５１２、第３のガス供給路５３２及び第４のガス導入路５４１からは少量のパージガスを流して原料ガスの逆流を防止している。

【００８９】

次いで、既述の図１５に示すようにパージガスによるガスシャワーヘッド４内及び処理雰囲気１０からのＴｉ原料ガスのパージが行われるが（Ｔｉ原料ガスパージ工程）、図１３（ｂ）、（ｄ）に示すように、Ｔｉ原料ガス供給ライン６２０とパージガス供給ライン６４０からのパージガス供給がメインに行われる一方、図１３（ａ）、（ｃ）に示すようにＳｒ原料ガス供給ライン６１０、オゾンガス供給ライン６３０から、夫々第１のガス供給路５１２、第３のガス供給路５３２へは原料ガスの逆流防止を目的とした少量のパージガス供給が行われている点が既述のＳｒ原料ガスパージ工程と異なっている。

【００９０】

このようにして、Ｓｒ原料ガス、Ｔｉ原料ガスの供給及び夫々のパージを終えたら図１３（ｃ）に示すようにオゾンガス供給ライン６３０からのオゾンガスの供給を行う（オゾンガス供給工程）。このときオゾンガスは、図１７に示すようにガスシャワーヘッド４の第３のガス導入路５３１を通って第３の拡散空間４３１内に拡散し、この第３の拡散空間４３１の底面に多数設けられた第３のガス供給路５３２を通ってガス供給面４０ａの各オゾンガス供給孔５３ｂ（図７参照）から処理雰囲気１０の中央領域１０ａに供給される。なおこのとき図１３（ａ）、（ｂ）、（ｄ）に示すようにＳｒ原料ガス供給ライン６１０、Ｔｉ原料ガス供給ライン６２０、パージガス供給ライン６４０からは少量のパージが供給され、ガスシャワーヘッド４内へのオゾンガスの進入を防止している。

【００９１】
この結果、処理雰囲気１０内でウエハＷ表面に到達したオゾンが、既にウエハＷの表面に吸着している原料ガスとステージヒータ３２からの熱エネルギーにより反応して、ＳＴＯの分子層が形成される。こうして所定時間オゾンガスを供給したらオゾンガスの供給を停止して、図１３（ｃ）、図１３（ｄ）及び図１５に示すようにオゾンガス供給ライン６３０、パージガス供給ライン６４０からパージガスを供給して、処理雰囲気１０並びにガスシャワーヘッド４内部に残存するオゾンガスをパージする（オゾンガスパージ工程）。またこの際にも図１３（ａ）、図１３（ｂ）に示すように、第１のガス供給路５１２、第２のガス供給路５２２からは少量のパージガスを流している。

【００９２】
図１３に示すように、以上に説明した６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１００回繰り返してＳＴＯの分子層を多層化し、所定の膜厚を備えたＳＴＯ膜の成膜を完了する。このようにＳｒ原料ガス供給工程～オゾンガスパージ工程の各工程において、本来大流量で流すガス流路以外のガス流路からも必ず小流量のパージガスを流すようにしている。そして成膜を終えたら各種のガス供給を停止し、ウエハＷの載置された載置台３を搬送口２８まで降下させ、処理容器２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機構によりウエハＷを搬出し、一連の成膜動作を終える。

【００９３】
本発明は、ガス供給面４０ａを互いに同一の大きさの正三角形からなる単位区画４０１に分割し、当該単位区画４０１を構成する各正三角形の３つの頂点から夫々Ｓｒ原料ガス（第１の処理ガス）、Ｔｉ原料ガス（第２の処理ガス）及びオゾンガス（第３の処理ガス）を供給するようにしている。このためいずれの単位区画をとっても第１～第３の処理ガスを吐出する３つのガス供給孔５１ｂ～５３ｂが存在すると共にこれら３つのガス供給孔５１ｂ～５３ｂが互いに等間隔に配列されていることから、ガスの供給のタイミングが異なるいわゆるＡＬＤにより成膜する場合において、膜厚及び膜質について高い面内均一性を得ることができる。

【００９４】
また、上述のように第１～第３の処理ガスを同時に吐出した場合でもこれらのガスを均一化された状態で吸着させることができるので、本実施の形態に係るガス供給孔５１ｂ～５３ｂの配列はＡＬＤプロセスに限定されず、第１～第３の処理ガスを同時に吐出してＣＶＤにより成膜するタイプの成膜装置のガスシャワーヘッドにも適用することができる。

【００９５】
また上述の成膜装置１ではＳｒ原料ガス（第１の処理ガス）とＴｉ原料ガス（第２の処理ガス）とを原料ガスとして酸化ガスであるオゾンガス（第３の処理ガス）と反応させてＳＴＯの薄膜を成膜する場合について説明したが、当該成膜装置１にて成膜可能な薄膜の種類はこれに限定されるものではない。例えば実施の形態に示したオゾンガスに替えて水蒸気を酸化ガスとして採用してもよいし、バリウム化合物を含む第１の処理ガスと、チタン化合物を含む第２の処理ガスとを、第３の処理ガスである酸化ガスにより反応させてチタン酸バリウム（$BaTiO_3$）膜の成膜を行うプロセスに適用してもよい。

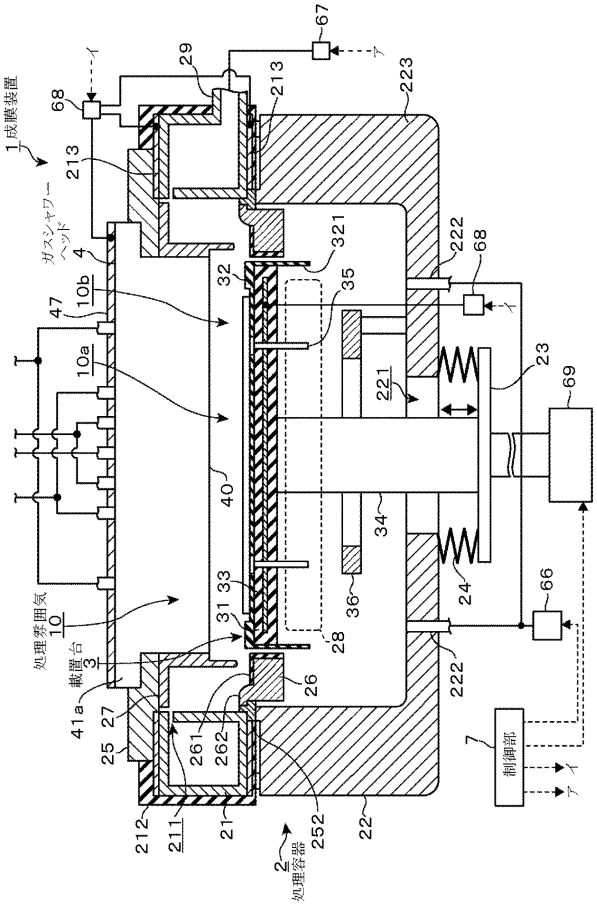
【図面の簡単な説明】

【００９６】
【図１】実施の形態に係る成膜装置の縦断面図である。
【図２】上記成膜装置に設けられたガスシャワーヘッドの分解斜視図である。
【図３】上記ガスシャワーヘッドの縦断斜視図である。
【図４】上記ガスシャワーヘッドの縦断面図である。
【図５】ガスシャワーヘッド内のガス導入路及びガス供給路部分の縦断面図である。
【図６】上記成膜装置のガス供給経路図である。
【図７】上記ガスシャワーヘッドに設けられたガス供給孔の配列を示す平面図である。
【図８】ガス供給孔の転写現象に関する説明図である。

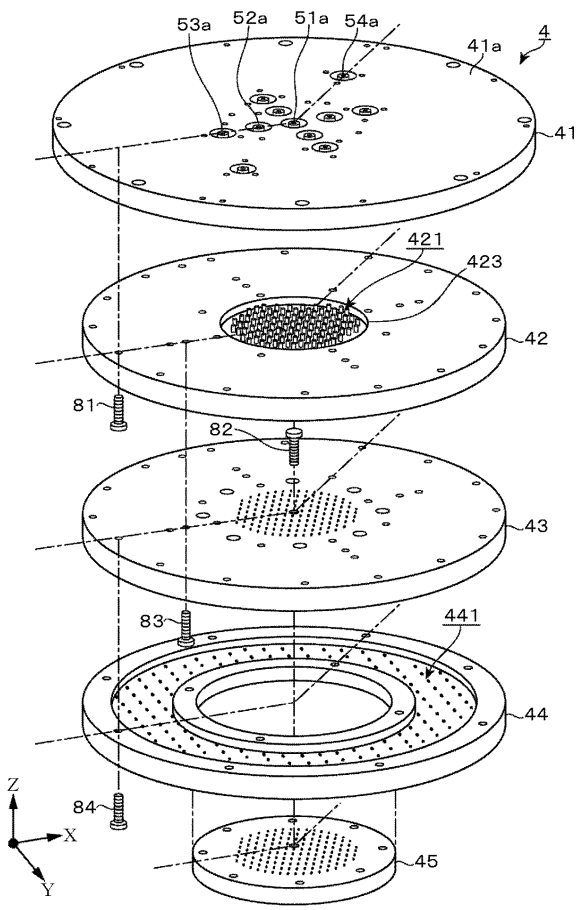
【図９】上記成膜装置におけるウエハの処理位置を示す説明図である。
【図１０】本実施の形態及び参照例におけるガス供給孔の配列を示す説明図である。
【図１１】上記配列を示す第２の説明図である。
【図１２】上記成膜装置の第１の作用図である。
【図１３】上記成膜装置による成膜処理におけるガス供給シーケンス図である。
【図１４】上記成膜装置の第２の作用図である。
【図１５】上記成膜装置の第３の作用図である。
【図１６】上記成膜装置の第４の作用図である。
【図１７】上記成膜装置の第５の作用図である。
【符号の説明】
【００９７】
Ｆ　薄膜
Ｗ　ウエハ
１　成膜装置
２　処理容器
３　載置台
４　ガスシャワーヘッド
７　制御部
１０　処理雰囲気
４０、４０ａ、４０ｂ　ガス供給面
４１～４５　プレート
４７　シャワーヘッドヒータ
５１ａ　第１の導入ポート
５１ｂ　Ｓｒ原料ガス供給孔
５２ａ　第２の導入ポート
５２ｂ　Ｔｉ原料ガス供給孔
５３ａ　第３の導入ポート
５３ｂ　オゾンガス供給孔
５４ａ　第４の導入ポート
６１　Ｓｒ原料供給源
６２　Ｔｉ原料供給源
６３　オゾンガス供給源
６４　パージガス供給源
６５　流量制御機器群
６６　パージガス供給源
４０１、４０２　単位区画
４１１　第４の拡散空間
４２１　第１の拡散空間
４２２　第２の拡散空間
４２３　筒状部
４２４　柱部
４２５、４３２、４３３　筒状部
４３１　第３の拡散空間
４４１　第５の拡散空間
５１１　第１のガス導入路
５１１ａ　開口部
５１２　第１のガス供給路

５２１　　第２のガス導入路
５２２　　第２のガス供給路
５３１　　第３のガス導入路
５３２　　第３のガス供給路
５４１　　第４のガス導入路
５４２　　第５のガス導入路
５４３　　第４のガス供給路

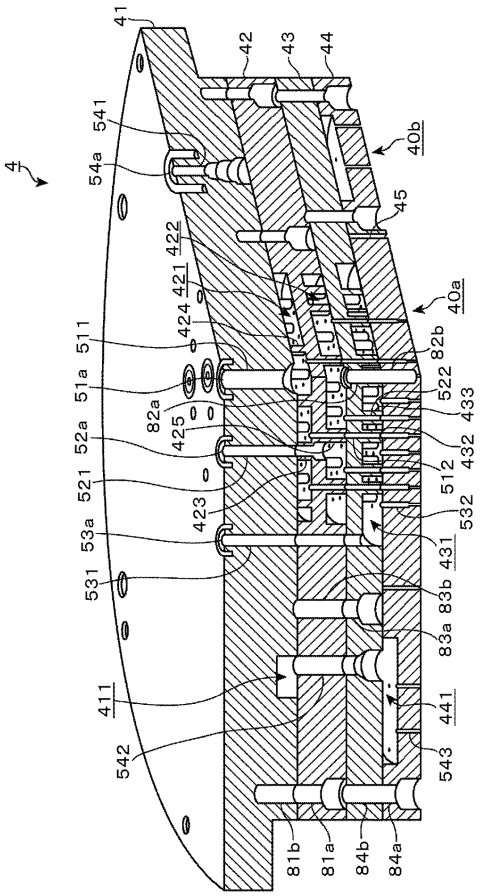
【図１】



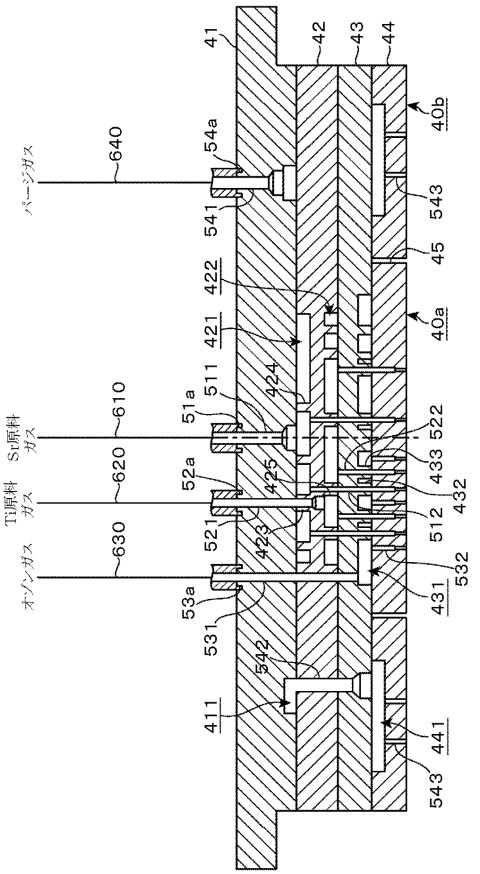
【図２】



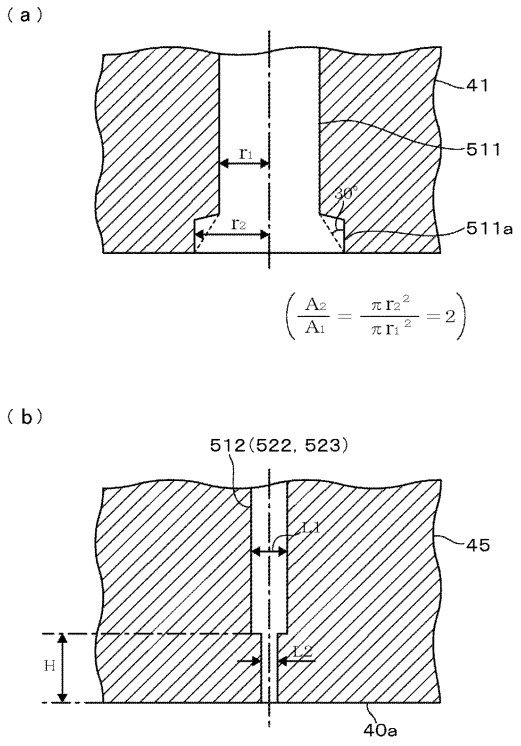
【図３】


4
41
42
43
44
541
54a
40b
45
422
421
424
40a
511
51a
82a
425
52a
521
423
53a
531
82b
522
433
432
512
532
431
83b
83a
411
542
441
543
81b
81a
84b
84a

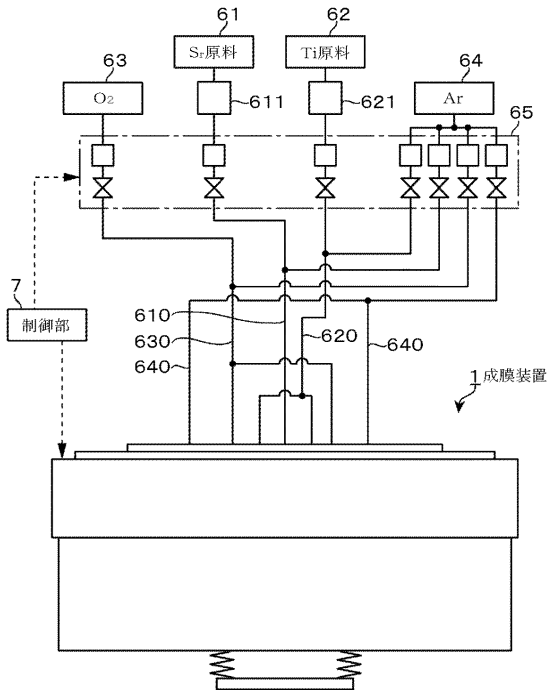
【図４】


41
42
43
44
40b
パージガス
640
54a
541
543
45
422
421
40a
511
424
51a
610
Sr原料ガス
522
433
620
52a
425
Ti原料ガス
432
512
521
423
630
オゾンガス
532
53a
431
531
542
411
441
543

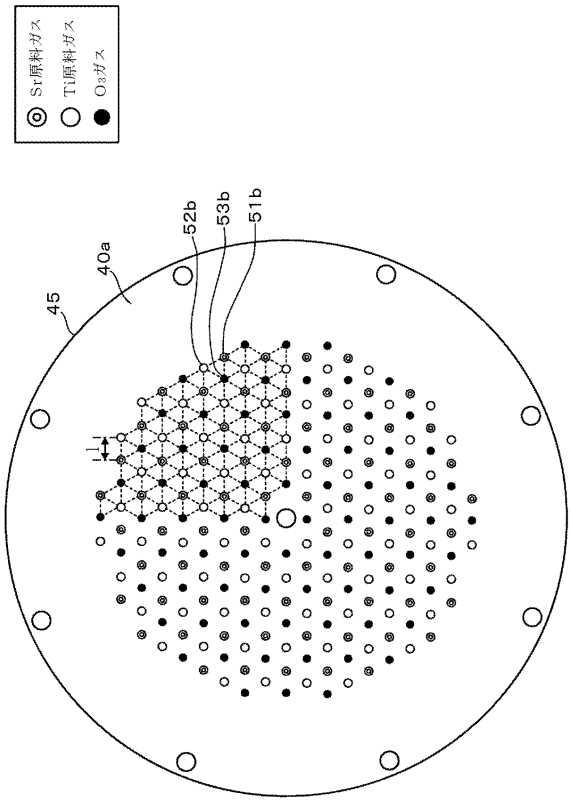
【図５】


(a)
41
511
r1
r2
30°
511a
$\left(\frac{A_2}{A_1}=\frac{\pi r_2^2}{\pi r_1^2}=2\right)$
(b)
512(522, 523)
L1
45
H
L2
40a

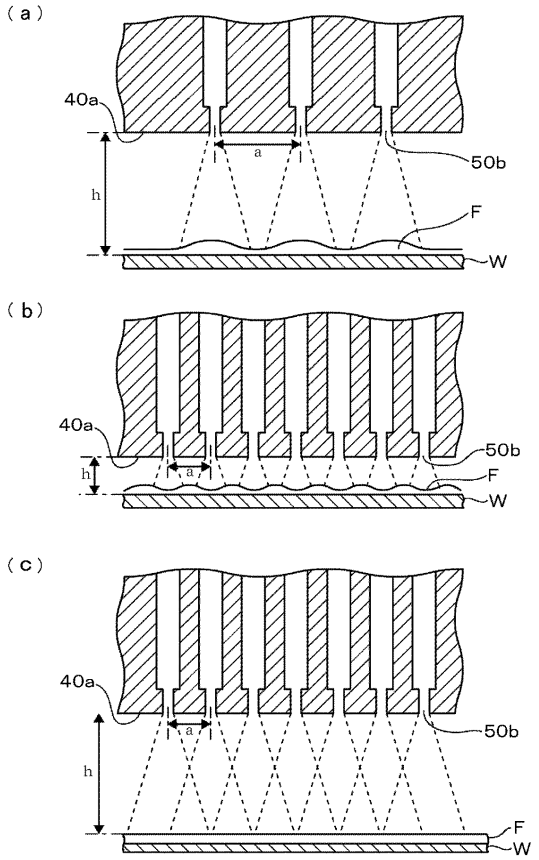
【図６】


61
62
Sr原料
Ti原料
63
64
O2
611
621
Ar
65
7
制御部
610
630
640
620
640
1成膜装置

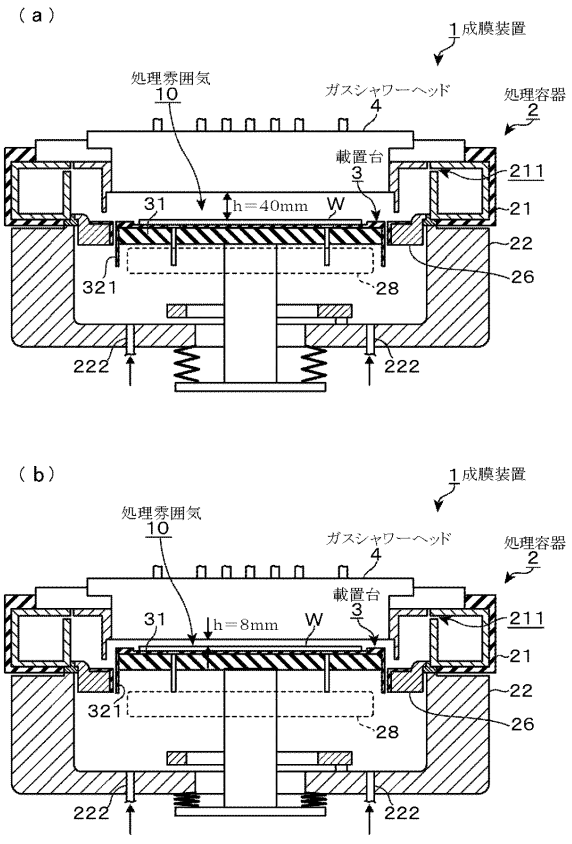
【図７】


Sr原料ガス
Ti原料ガス
O3ガス
52b
53b
51b
40a
45
l

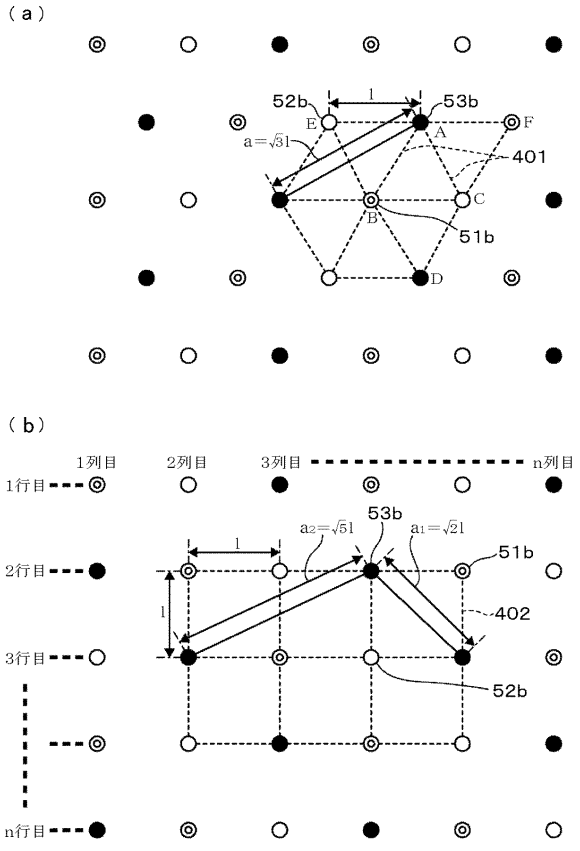
【図８】


（a）
40a
a
50b
h
F
W
（b）
40a
50b
h
a
F
W
（c）
40a
50b
a
h
F
W

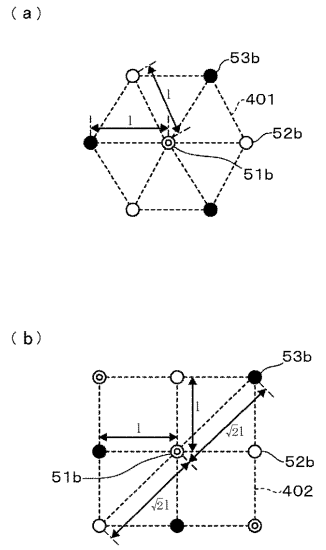
【図９】


（a）
1成膜装置
処理雰囲気
10
ガスシャワーヘッド
4
処理容器
2
載置台
3
211
31
h＝40mm
W
21
22
26
321
28
222
222
（b）
1成膜装置
処理雰囲気
10
ガスシャワーヘッド
4
処理容器
2
載置台
3
211
31
h＝8mm
W
21
22
26
321
28
222
222

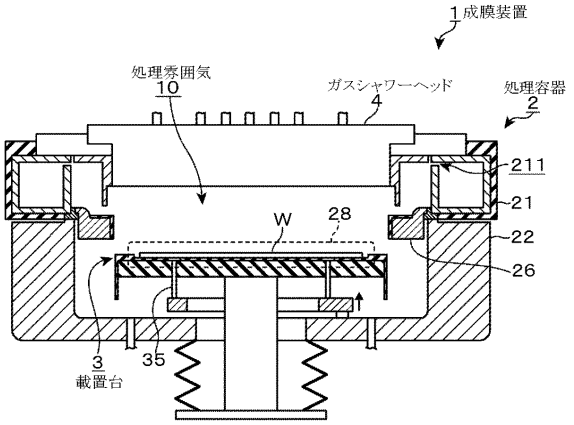
【図１０】


（a）
52b
l
53b
E
F
a＝√3l
A
401
C
B
51b
D
（b）
1列目
2列目
3列目
n列目
1行目
2行目
3行目
n行目
53b
a2＝√5l
a1＝√2l
l
51b
l
402
52b

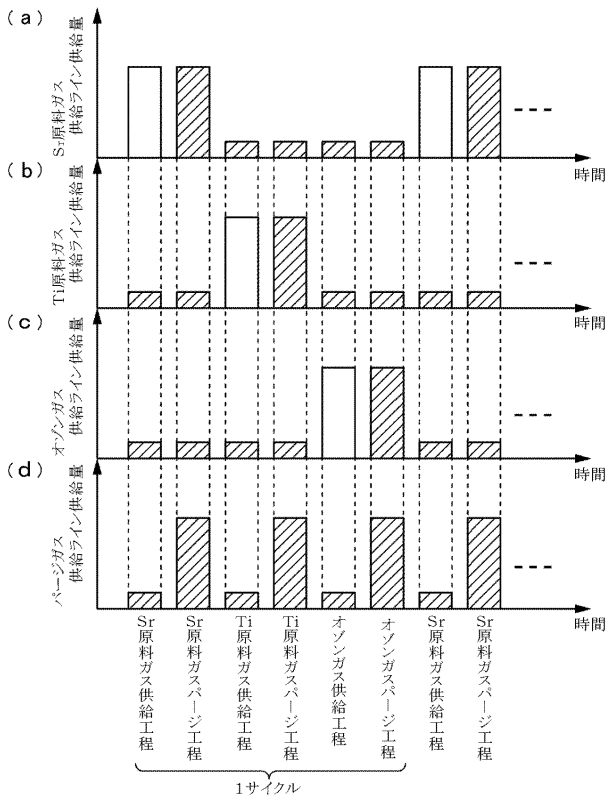
【図１１】



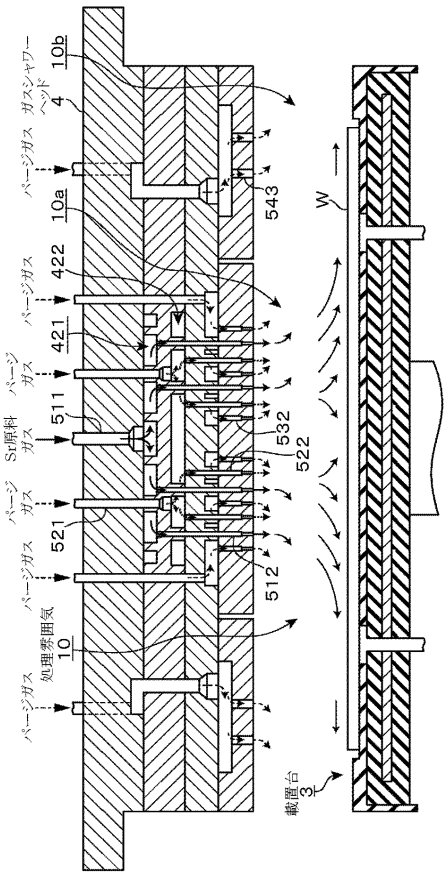
【図１２】



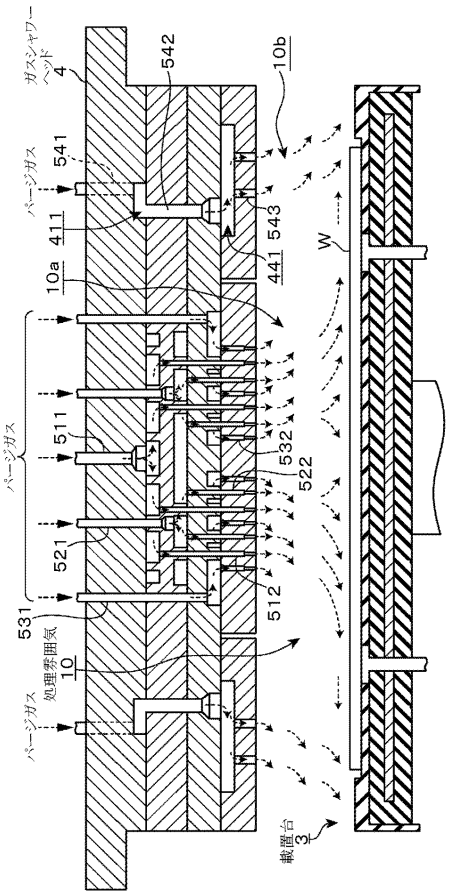
【図１３】



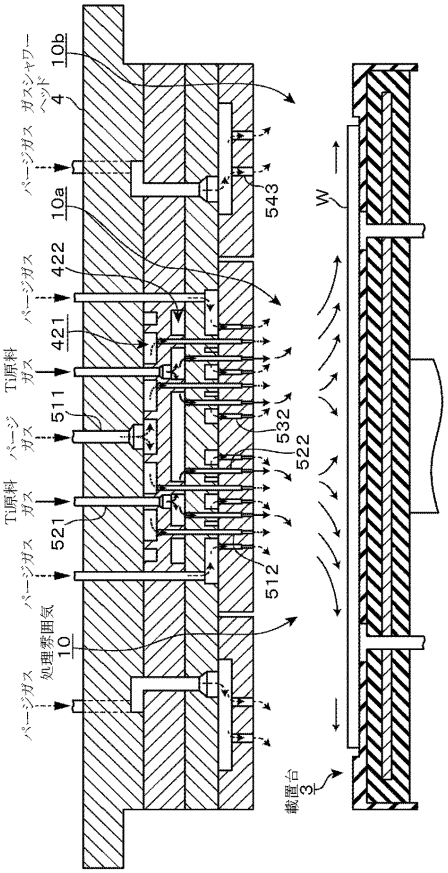
【図１４】



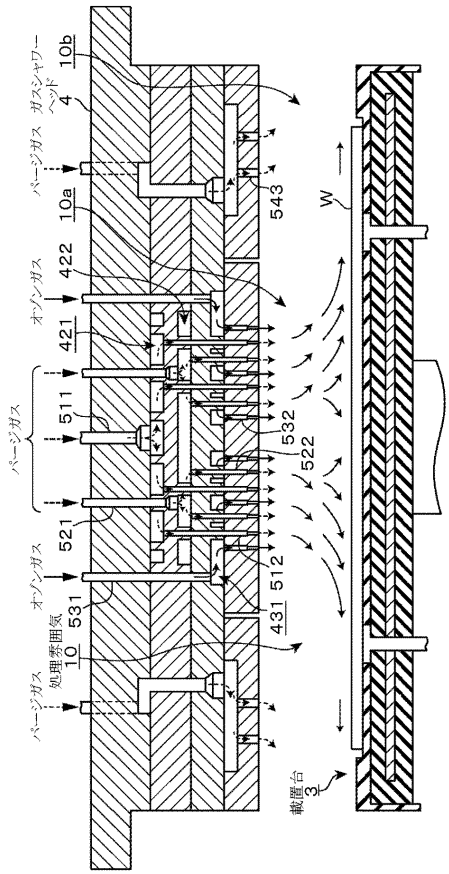
【図１５】


ガスシャワーヘッド 4
542
10b
パージガス
541
411
543
10a
441
W
511
532
522
521
512
531
処理雰囲気
10
載置台 3

【図１６】


ガスシャワーヘッド 4
10b
パージガス
10a
543
W
422
421
Ti原料ガス
511
532
522
521
512
処理雰囲気
10
載置台 3

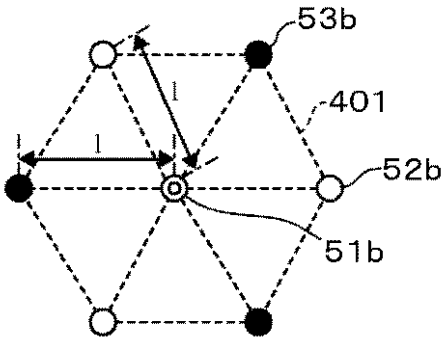
【図１７】


ガスシャワーヘッド 4
10b
パージガス
10a
543
W
422
オゾンガス
421
511
532
522
521
512
431
531
処理雰囲気
10
載置台 3

【手続補正書】
【提出日】平成19年10月15日(2007.10.15)
【手続補正１】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図１１
【補正方法】変更
【補正の内容】

【図１１】

（ａ）



（ｂ）

