

明 細 書

発明の名称：

基板処理装置、半導体装置の製造方法およびプログラム

技術分野

[0001] 本開示は、基板処理装置、半導体装置の製造方法およびプログラムに関する。

背景技術

[0002] 半導体装置（デバイス）の製造工程の一工程として、処理室内に収容された基板上に膜を形成する処理が行われることがある。この基板上に膜を形成する装置として、例えば特許文献1に記載されたようなものがある。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：再公表特許 WO 2017/168675号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 近年、半導体デバイスの高集積化、立体構造化に伴い、その表面積は増加の一途を辿っている。半導体製造プロセスではその大表面積により引き起こされる、基板上に形成される膜の膜厚変化などのいわゆるローディングエフェクトが深刻な問題となっており、その影響を無くす薄膜形成技術が望まれている。その要求に応える手法の一つとして、複数の処理ガスを交互供給して成膜する方法がある。

[0005] 複数の処理ガスを交互供給して成膜する方法はローディングエフェクトに対し有効な手段であるが、基板をボートに装填して複数枚同時に装填して成膜するバッチ処理装置における処理では、基板の装填される枚数により、被処理基板上に形成される膜の厚さが基板間で変化するため、その制御が困難となる場合がある。

[0006] 本開示の目的は、複数の基板をボートに装填してバッチ処理する場合にお

いて、複数の基板間の膜厚の均一性を従来と比べて向上させることを可能にする基板処理装置、半導体装置の製造方法およびプログラムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 本開示では、基板処理装置を、被処理基板を保持した基板保持具を収容可能な処理容器と、この処理容器にガスを供給するガス供給部と、処理容器内の雰囲気気を排気する排気部と、被処理基板を搬送する搬送部と、基板保持具の中央側に分散装填する第1領域を有し、被処理基板の数 X が基板保持具の最大装填数 Y よりも小さい場合に、被処理基板を第1領域の中央側から分散装填するように搬送部を制御することが可能に構成された制御部とを備えて構成した。

発明の効果

[0008] 本開示によれば、複数の基板をボートに装填してバッチ処理する場合において、複数の基板間の膜特性の均一性を従来と比べて向上させることができる。また、基板上に形成する膜の膜厚の制御性を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本開示の実施形態で好適に用いられる基板処理装置の処理炉の概略構成図であり、処理炉部分を縦断面図で示す図である。

[図2]図1のA-A線断面図である。

[図3]図2のB-B矢視図である。

[図4]図1に示す基板処理装置が有するコントローラの構成を示すブロック図である。

[図5]本開示の一実施形態における基板処理工程を示すフローチャートである。

[図6]本開示の一実施形態におけるボートに基板を装着した状態を示すボートの正面図である。である。

[図7]本開示の一実施形態におけるボートに基板を装着した別の状態を示すボートの正面図である。である。

[図8]本開示の一実施形態におけるボートに装填した基板毎のガス曝露量の分布を示すグラフである。

[図9]図3に示した構成に対する参照例として、ガス供給孔を一様に形成したガス管の正面図である。

発明を実施するための形態

[0010] 近年の半導体デバイスの高集積化、立体構造化に伴い、所定の層や膜との積層体（集合体）により表面にパターンが形成された基板を処理する場合が増加している。

[0011] 複数の基板を同時に装填して処理するバッチ処理装置で、複数の基板を装填する基板保持具（ボート）に最大装填（処理）可能枚数より少ない枚数の大表面積基板を装填して処理する場合、基板搬送パターンをシンプルに、かつ搬送時間を短くするために、基板保持具（ボート）の一領域にまとめて装填することが一般的である。

[0012] 例えば、100枚を一括処理することが可能である基板保持具（ボート）を用いた縦型バッチ処理装置で25枚の基板を処理する場合、基板保持具の上段から順次下側の段に装填して25枚を連続装填するか、もしくは下段から順次上の段に装填するか、基板保持具の中央部付近に25枚を連続装填する。その場合、基板が装填されたスロット周辺での膜厚が、装填されていないスロット周辺と比較して薄くなる場合がある。

[0013] すなわち、基板保持具（ボート）の100枚の基板を装填する領域において、基板を装填した場所により膜厚が変化することにより、装填領域間の面間膜厚均一性が悪化してしまう。さらには連続装填された25枚の基板においても、25枚中の端に装填された基板上に形成された膜と、中央部に装填された基板上に形成された膜の膜厚を比較した場合、後者の方が薄くなる。すなわち、連続装填された25枚の基板における基板毎の膜特性（例えば、膜厚）の均一性が悪化してしまう課題がある。

[0014] また、基板の表面積および装填される枚数により、基板群の総表面積が変化するため、バッチ間で装填される基板群の総表面積が変化する。それに応

じて被処理基板上に形成される膜のバッチ間における平均膜厚が変動してしまい、同じプロセス条件で複数の処理ガスを交互供給するサイクルを同じ数だけ行ったとしても、被処理基板上に形成される膜の平均膜厚は、基板保持具(ボート)に装填した位置の間で異なってくる。このように、基板を基板保持具(ボート)に装填して処理する際は、基板間での膜厚の制御が難しくなる場合がある。なお、被処理基板とは、デバイス(半導体デバイス)が形成される基板(製品基板)を意味する。製品基板には、半導体デバイスの形成工程で形成される様々なパターン(複数の凹凸)が形成されている。このパターンにより、製品基板は、パターンが形成されていない基板に比べて、大きい表面積を有する。

[0015] 本開示は上記した課題を解決するものであって、最大装填可能枚数未満の基板を基板保持具(ボート)に装填する場合に、基板を基板保持具のスロットに分散装填(分散チャージ)することにより、いずれのスロットに装填された基板に形成された膜に対しても、所望の膜特性(例えば、膜厚)均一性を得ることを可能にしたものである。

[0016] 以下に、本開示の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。本実施の形態を説明するための全図において同一機能を有するものは同一の符号を付すようにし、その繰り返しの説明は原則として省略する。なお、以下の説明において用いられる図面は、いずれも模式的なものであり、図面に示される、各要素の寸法の関係、各要素の比率等は、現実のものとは必ずしも一致していない。また、複数の図面の相互間においても、各要素の寸法の関係、各要素の比率等は必ずしも一致していない。

[0017] ただし、本開示は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。本開示の思想ないし趣旨から逸脱しない範囲で、その具体的構成を変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。

実施例

[0018] 以下に説明する実施例では、バッチ処理する基板の処理枚数がボートの最大装填枚数よりも少ない場合は、ボートの処理領域のうち、中央に近い領域

よりも中央から遠い領域に装填する基板の密度が高くなるように装填する例を示す。この様に構成することで、ボートの中央に近い領域における基板に対する処理ガス(原料ガスと反応ガスの少なくともいずれか)の曝露量とボートの中央から離れた部分における基板に対する処理ガスの曝露量との差を低減させるようにし、ボート内での各基板の処理の均一性を向上させることができる。なお、本開示において、「曝露量」とは、基板に対する処理ガスの曝露量を意味する。また、膜の形成に寄与するガス量を意味する。なお、本開示において、「処理ガス」とは、原料ガス、反応ガスの少なくとも1つ以上を意味する場合がある。即ち、「曝露量」は、原料ガスの曝露量、反応ガスの曝露量、原料ガスと反応ガスの曝露量を意味する。

[0019] すなわち、以下に説明する実施例では、ボートの中央部を含む領域に装填する基板に密度を、中央部から離れた部分に装填する基板の密度よりも疎にする例を示す。このように構成することで、中央部を含む領域に装填した基板に対する処理ガスの曝露量と中央部から離れた部分に装填した基板に対する処理ガスの曝露量との差が小さくできる。

[0020] また、以下に説明する実施例では、ボートの中央部を含む領域に装填する基板に密度を中央部から離れた部分に装填する基板の密度よりも疎にして基板間にダミー基板を装填する例を示す。このように構成することで、中央部を含む領域に疎に装填した基板に対する処理ガスの曝露量と中央部から離れた部分に密に装填した基板に対する処理ガスの曝露量との差が小さくできる。ここで、ダミー基板は、製品基板よりも表面積が小さい基板であって、パターンが形成されていない基板、パターンが形成された基板であっても良い。好ましくは、パターンが形成され、製品基板よりも表面積が小さい基板である。なお、本開示において、ダミー基板を小面積基板と呼ぶ。

[0021] (1) 基板処理装置の構成

基板処理装置10の構成を、図1乃至4を用いて説明する。

図1に示すように、基板処理装置10は、加熱手段(加熱機構、加熱系)としてのヒータ207が設けられた処理炉202を備える。ヒータ207は

円筒形状であり、保持板としてのヒータベース（図示せず）に支持されることにより垂直に据え付けられている。

[0022] ヒータ207の内側には、ヒータ207と同心円状に反応管203が配設されている。反応管203は、例えば石英（ SiO_2 ）または炭化シリコン（ SiC ）等の耐熱性材料により構成され、上端が閉塞し下端が開口した円筒形状に形成されている。反応管203の下方には、反応管203と同心円状に、マニホールド209が配設されている。マニホールド209は、例えばステンレス（SUS）等の金属により構成され、上端および下端が開口した円筒形状に形成されている。

[0023] マニホールド209の上端部と、反応管203との間には、シール部材としてのOリング220が設けられている。マニホールド209がヒータベースに支持されることにより、反応管203はヒータ207と垂直に据え付けられている。主に、反応管203とマニホールド209とにより処理容器（反応容器）が構成される。処理容器の筒中空部には処理室201が形成されている。処理室201は、基板としてのウエハ200を後述するボート217によって水平姿勢で鉛直方向に多段に配列した状態で収容可能に構成されている。

[0024] 処理室201内には、ノズル410、336、337（図2参照）が、マニホールド209の側壁を貫通するように設けられている。ノズル410にはガス供給管516が、ノズル336、337には、ガス供給管335が、それぞれ接続されている。ガス供給管335、516はガス供給ラインとして機能する。ノズル410、336、337をガス供給ラインに含めて考えてもよい。本実施形態の処理炉202は上述の形態に限定されない。ノズル等の数は、必要に応じて、適宜変更される。

[0025] 反応管203には、処理室201内の雰囲気気を排気する排気流路としての排気管241が設けられている。排気管241には、処理室201内の圧力を検出する圧力検出器（圧力検出部）としての圧力センサ245および排気バルブ（圧力調整部）としてのAPC（Auto Pressure Co

ntroller) バルブ 242 が接続されている。

[0026] APCバルブ 242 は、排気管 243 を介して真空ポンプ 244 に接続されている。APCバルブ 242 は、真空ポンプ 244 を作動させた状態で弁を開閉することで、処理室 201 内の真空排気および真空排気停止を行うことができ、更に、真空ポンプ 244 を作動させた状態で、圧力センサ 245 により検出された圧力情報に基づいて弁開度を調節することで、処理室 201 内の圧力を調整することができるよう構成されている。主に、排気管 241 と 243、APCバルブ 242、圧力センサ 245 により、排気系が構成される。真空ポンプ 244 を排気系に含めて考えてもよい。

[0027] なお、本開示における排気部は、少なくとも排気管 241 で構成される。圧力調整部を排気部の一部として考えても良い。

[0028] マニホールド 209 の下方には、マニホールド 209 の下端開口を気密に閉塞可能な炉口蓋体としてのシールキャップ 219 が設けられている。シールキャップ 219 の上面には、マニホールド 209 の下端と当接するシール部材としての Oリング 220 が設けられている。シールキャップ 219 の処理室 201 と反対側には、後述するボート 217 を回転させる回転機構 267 が設置されている。

[0029] 回転機構 267 の回転軸 255 は、シールキャップ 219 を貫通してボート 217 に接続され、ボート 217 を回転させることでウエハ 200 を回転させるように構成されている。シールキャップ 219 は、反応管 203 の外部に垂直に設置された昇降機構としてのボートエレベータ 115 によって垂直方向に昇降されるように構成されている。

[0030] ボートエレベータ 115 は、シールキャップ 219 を昇降させることで、ボート 217 を処理室 201 内外に搬入および搬出することが可能のように構成されている。ボートエレベータ 115 は、ボート 217 すなわちウエハ 200 を、処理室 201 内外に搬送する搬送装置（搬送機構）として構成されている。

[0031] 基板支持具としてのボート 217 は、複数枚、例えば 25～200 枚のウ

エハ２００を、水平姿勢で、かつ、互いに中心を揃えた状態で垂直方向に整列させて多段に支持するように、すなわち、間隔を空けて装填（配列、載置）させるように構成されている。ポート２１７は、例えば石英やＳｉＣ等の耐熱性材料により構成される。

[0032] 処理室２０１の外に設けられ、Front Opening Unify Pod：FOUP（不図示）から基板支持具に、例えば、１～５枚のウエハ２００を搬送する搬送部としての基板搬送部（移載機）２７０を有する。

[0033] 図１における反応管２０３とヒータ２０７のＡ－Ａ断面を、図２に示す。図２に示すように、反応管２０３内には、温度検出器としての温度センサ２６３が設置されている。温度センサ２６３により検出された温度情報に基づきヒータ２０７への通電具合を調整することで、処理室２０１内の温度が所望の温度分布となる。温度センサ２６３は、ノズル４１０、３３６、３３７と同様にＬ字型に構成されており、反応管２０３の内壁に沿って設けられている。

[0034] 処理室２０１の内部での処理に用いる原料ガスは、図示していない原料ガス供給源からガス供給管５１０を通り、図示していないキャリアガス供給源から供給されたキャリアガス（不活性ガス）とともにマスフローコントローラ（ＭＦＣ）５１２を通して流量が調整された状態で、ガスの流れをオン・オフするバルブ５１４を通り、ガス供給管５１６を通して継手５１６１で接続されたノズル４１０から処理室２０１の内部に供給される。

[0035] また、処理室２０１の内部で原料ガスと反応する反応ガスは、図示していない反応ガス供給源からガス供給管３１５を通り、図示していないキャリアガス供給源から供給されたキャリアガス（不活性ガス）とともにマスフローコントローラ（ＭＦＣ）３１７を通して流量が調整された状態で、ガスの流れをオン・オフするバルブ３１８を通り、ガス供給管５１６を通して継手５１６１で接続されたノズル４１０から処理室２０１の内部に供給される。この時、原料ガスの側のバルブ５１４はオフの状態で、ガス供給管５１６の内部は反応ガスだけが流れる。

- [0036] 一方、ガス供給管 335 には図示していない不活性ガス供給源から窒素 (N_2) などの不活性ガスが供給され、マスフローコントローラ (MFC) 333 を通って流量が調整された状態で、ガスの流れをオン・オフするバルブ 334 を通り、継手 3351 を通ったのち分岐してノズル 336 及び 337 から処理室 201 の内部に供給される。
- [0037] ノズル 410 は、図 1 に示すように、L 字型のノズルとして構成されており、その水平部はマニホールド 209 の側壁および反応管 203 を貫通するように設けられている。ノズル 410 の垂直部は、図 2 に示すように、反応管 203 とウエハ 200 との間における平面視において円環状の空間に、反応管 203 の内壁の下部より上部に沿って、ウエハ 200 の積載方向上方に向かって立ち上がり、延在するように設けられている。ノズル 336, 337 もノズル 410 と同様な形状に配置されている。
- [0038] 図 1 に示した構成において、ノズル 410, 336, 337 の側面のポート 217 に装填されたウエハ 200 と対応する高さ (ウエハ 200 の装填領域に対応する高さ) には、ポート 217 に対向する面 410a の側に、図 3 (図 2 の B-B 矢視図) に示すように、ガスを供給する複数のガス供給孔 411 が等ピッチに設けられている。一方、ノズル 336 には下部に複数のガス供給孔 3361 が設けられ、ノズル 337 には上部に複数のガス供給孔 3371 がそれぞれ設けられている。
- [0039] 本実施例では、このように下部に複数のガス供給孔 3361 が設けられノズル 336 と上部にガス供給孔 3361 よりも少ない数の複数のガス供給孔 3371 が設けられたノズル 337 とを用いて、不活性ガスを反応管 203 の内部に供給する構成とした。
- [0040] なお、ここでは、ガス供給孔 3361 の数を、ガス供給孔 3371 よりも多く構成する例を示したが、孔の数が逆の構成であっても良い。また、ここでは、ガス供給孔を丸形状に構成した例を示したが、スリット形状や矩形で構成しても良い。スリット形状とする場合は、スリットの長さを適宜調整して構成される。また、好ましくは、ガス供給孔 3361 の上端の位置は、処

理領域 338 よりも下側に配置される。また、好ましくは、ガス供給孔 3371 の下端の位置は、処理領域 338 よりも上側に配置される。

[0041] この様に構成することにより、処理領域 338 に供給された処理ガス（原料ガスと反応ガスの少なくとも 1 つ以上）が、処理領域 338 の外側に拡散し、処理領域 338 に対応する位置に配置される各ウエハ 600 に供給されるガスの濃度を均一化させることができる。言い換えると、処理領域 338 の上端と下端の少なくともいずれかでのガスの希釈を抑制することができる。ガス供給孔 3361 の数と、ガス供給孔 3371 の数は、処理領域 338 の上端側と下端側に配置されるウエハ 600 に供給されるガスの濃度によって適宜設定される。なお、処理領域 338 はポート 217 に製品ウエハとしてのウエハ 600 が装填される領域に対応する。

[0042] なお、本開示におけるガス供給部は、少なくとも何れかのガス供給管で構成される。具体的には、原料ガスが流れるガス供給管 510、反応ガスが流れるガス供給管 315 の少なくともいずれかで構成される。

[0043] 図 3 に示した構成において、ノズル 410 のガス供給孔 411 は、反応管 203 の下部から上部にわたって複数設けられ、それぞれが同一の開口面積を有し、さらにポート 217 に装填されたウエハ 200 と対応するように同じ開口ピッチで設けられている。ただし、ガス供給孔 411 は上述の形態に限定されない。例えば、ノズル 410 の下部（上流側）から上部（下流側）に向かって開口面積を徐々に大きくしてもよい。これにより、ガス供給孔 411 から供給されるガスの流量をより均一化することが可能となる。

[0044] 制御部（制御手段）であるコントローラ 121 は、図 4 に示したように、CPU (Central Processing Unit) 121a、RAM (Random Access Memory) 121b、記憶装置 121c、I/Oポート 121d を備えたコンピュータとして構成されている。RAM 121b、記憶装置 121c、I/Oポート 121d は、内部バス 121e を介して、CPU 121a とデータ交換可能なように構成されている。コントローラ 121 には、例えばタッチパネル等として構成された出入

力装置 1 2 2 や外部記憶装置 1 2 3 が接続されている。

- [0045] 記憶装置 1 2 1 c は、例えばフラッシュメモリ、HDD (Hard Disk Drive) 等で構成されている。記憶装置 1 2 1 c 内には、基板処理装置の動作を制御する制御プログラムや、後述する基板処理の手順や条件等が記載されたプロセスレシピ等が、読み出し可能に格納されている。
- [0046] プロセスレシピは、後述する成膜処理における各手順をコントローラ 1 2 1 に実行させ、所定の結果を得ることが出来るように組み合わせられたものであり、プログラムとして機能する。以下、このプロセスレシピや制御プログラム等を総称して、単に、プログラムともいう。また、プロセスレシピを、単に、レシピともいう。
- [0047] 本明細書においてプログラムという言葉を用いた場合は、プロセスレシピ単体のみを含む場合、制御プログラム単体のみを含む場合、または、それらの組み合わせを含む場合がある。RAM 1 2 1 b は、CPU 1 2 1 a によって読み出されたプログラムやデータ等が一時的に保持されるメモリ領域（ワークエリア）として構成されている。
- [0048] I/Oポート 1 2 1 d は、上述のMFC 3 1 7, 3 3 3, 5 1 2、圧力センサ 2 4 5、APCバルブ 2 4 2、真空ポンプ 2 4 4、温度センサ 2 6 3、ヒータ 2 0 7、回転機構 2 6 7、ボートエレベータ 1 1 5、移載機 2 7 0、等に接続されている。
- [0049] CPU 1 2 1 a は、記憶装置 1 2 1 c から制御プログラムを読み出して実行すると共に、入出力装置 1 2 2 からの操作コマンドの入力等に応じて記憶装置 1 2 1 c からレシピを読み出すように構成されている。
- [0050] CPU 1 2 1 a は、読み出したレシピの内容に沿うように、MFC 3 1 7, 3 3 3, 5 1 2 による各種ガスの流量調整動作、バルブ 3 1 8、3 3 4、5 1 4 の開閉動作、APCバルブ 2 4 2 の開閉動作および圧力センサ 2 4 5 に基づく APCバルブ 2 4 2 による圧力調整動作、真空ポンプ 2 4 4 の起動および停止、温度センサ 2 6 3 に基づくヒータ 2 0 7 の温度調整動作、回転機構 2 6 7 によるボート 2 1 7 の回転および回転速度調節動作、ボートエレ

ベータ 1 1 5 によるポート 2 1 7 の昇降動作、移載機 2 7 0 の基板搬送動作、等を制御することが可能なように構成されている。

[0051] コントローラ 1 2 1 は、外部記憶装置（例えば、磁気テープ、フレキシブルディスクやハードディスク等の磁気ディスク、CDやDVD等の光ディスク、MO等の光磁気ディスク、USBメモリやメモリカード等の半導体メモリ）1 2 3 に格納された上述のプログラムを、コンピュータにインストールすることにより構成することができる。

[0052] 記憶装置 1 2 1 c や外部記憶装置 1 2 3 は、コンピュータ読み取り可能な記録媒体として構成されている。以下、これらを総称して、単に、記録媒体ともいう。本明細書において記録媒体という言葉を用いた場合は、記憶装置 1 2 1 c 単体のみを含む場合、外部記憶装置 1 2 3 単体のみを含む場合、または、それらの両方を含む場合がある。なお、コンピュータへのプログラムの提供は、外部記憶装置 1 2 3 を用いず、インターネットや専用回線等の通信手段を用いて行ってもよい。

[0053] (2) 基板処理工程（成膜工程）

次に、図 1 乃至図 4 を用いて説明した基板処理装置を用いた半導体装置（デバイス）の製造工程の一工程として、基板上に窒化膜を形成する工程の一例について説明する。基板上に窒化膜を形成する工程は、上述した基板処理装置 1 0 の処理炉 2 0 2 を用いて実行される。以下の説明において、基板処理装置 1 0 を構成する各部の動作はコントローラ 1 2 1 により制御される。

[0054] なお、本明細書において「ウエハ」という言葉を用いた場合は、「ウエハそのもの」を意味する場合や、「ウエハとその表面に形成された所定の層や膜等との積層体（集合体）」を意味する場合（すなわち、表面に形成された所定の層や膜等を含めてウエハと称する場合）がある。また、本明細書において「ウエハの表面」という言葉を用いた場合は、「ウエハそのものの表面（露出面）」を意味する場合や、「ウエハ上に形成された所定の層や膜等の表面、すなわち、積層体としてのウエハの最表面」を意味する場合がある。なお、本明細書において「基板」という言葉を用いた場合も、「ウエハ」と

いう言葉を用いた場合と同義である。

[0055] 以下、本実施形態に係る半導体装置の製造方法について、図5に示したフロー図を参照して、詳細に説明する。

[0056] (プロセス条件設定) : S501

まず、コントローラ121のCPU121aは、記憶装置121cに格納されているプロセスレシピ及び関連するデータベースを読み込んで、プロセス条件を設定する。なお、ここで、後述のボート217の第1領域としての領域610(611)、第2領域としての領域620(621)の大きさを示すデータ、ボート装填パターンのデータ、の少なくとも1つ以上のデータを記憶装置121cから読み出し、少なくともボート217に装填するウエハ600の数に基いて、各領域の大きさとボート装填パターンのいずれか又は両方を設定する。なお、各領域の大きさは、具体的には、大きさを示すデータであっても良いし、各領域に装填するウエハ600の枚数データであっても良い。

[0057] (ウエハ搬入) : S502

移載機270が、プロセスレシピで処理する複数枚のウエハ200をボート217に装填する。

[0058] 複数枚のウエハ200を処理室201内に搬入(ボートロード)する。具体的には、複数枚のウエハ200(製品基板としてのウエハ600、ダミーウエハ602)を対応するボート装填パターンのデータに基づき、移載機270を制御して、複数枚のウエハ200をボート217に装填(ウエハチャージ)する。ボート217に装填した後、図1に示されているように、複数枚のウエハ200を支持したボート217は、ボートエレベータ115によって持ち上げられて処理室201内に搬入される。この状態で、シールキャップ219はリング220を介して反応管203の下端開口を閉塞した状態となる。

[0059] (圧力・温度調整) : S503

処理室201内が所望の圧力(真空度)となるように真空ポンプ244に

よって真空排気される。この際、処理室201内の圧力は、圧力センサ245で測定され、この測定された圧力情報に基づき、APCバルブ242がフィードバック制御される（圧力調整）。真空ポンプ244は、少なくともウエハ200に対する処理が完了するまでの間は常時作動させた状態を維持する。

[0060] また、処理室201内が所望の温度となるようにヒータ207によって加熱される。この際、処理室201内が所望の温度分布となるように、温度センサ263が検出した温度情報に基づきヒータ207への通電量がフィードバック制御される（温度調整）。ヒータ207による処理室201内の加熱は、少なくともウエハ200に対する処理が完了するまでの間は継続して行われる。

[0061] （成膜ステップ）：S504

その後、原料ガス供給ステップ、残留ガス除去ステップ、反応ガス供給ステップ、残留ガス除去ステップをこの順で所定回数行う。

[0062] （原料ガス供給ステップ）：S5041

バルブ514を開き、ガス供給管510から516へHCDS（ヘキサクロロジシラン）ガスを流す。HCDSガスは、MFC512により流量調整され、ノズル410に開口するガス供給孔411からウエハ200に対して供給される。すなわちウエハ200はHCDSガスに曝露される。ガス供給孔411から供給されたHCDSガスは、排気管241から排気される。このとき同時に、バルブ334を開き、ガス供給管335から不活性ガスとしてN₂ガスを流す。N₂ガスは、MFC333により流量調整され、ノズル336のガス供給孔3361から処理室201の下部の側に、及びノズル337のガス供給孔3371から処理室201の上部の側に供給され、排気管241から排気される。

[0063] このとき、APCバルブ242を適正に調整して、処理室201内の圧力を、例えば1～1330Pa、好ましくは10～931Pa、より好ましくは20～399Paの範囲内の圧力とする。1330Paより高いと、パー

ジが十分に行われずに副生成物が膜に取り込まれ抵抗が高くなる場合がある。1 Paより低いと、HCDSの反応速度を得られなる場合がある。なお、本明細書では、数値の範囲として、例えば1～1000 Paと記載した場合は、1 Pa以上1000 Pa以下を意味する。すなわち、数値の範囲内には1 Paおよび1000 Paが含まれる。圧力のみならず、流量、時間、温度等、本明細書に記載される全ての数値について同様である。

- [0064] MFC 512で制御するHCDSガスの供給流量は、例えば、0.01～10 slm、好ましくは0.1～5.0 slmの範囲内の流量とする。
- [0065] キャリアガスとしてのN₂ガスも図示していないMFCで流量を調性されたうえでガス供給管516を通してノズル410から処理室201の内部に供給するが、N₂ガスの供給流量は、例えば、0.01～50 slm、好ましくは0.1～20 slm、より好ましくは0.2～10 slmの範囲内の流量となるよう、例えば、0～49 slm、好ましくは0～19.3 slm、より好ましくは0～9.5 slmの範囲内の流量とする。総流量が50 slmより多いと、ガス供給孔411でガスが断熱膨張して再液化する可能性がある。所望のスループットに対して、HCDSガスの供給流量が少ない場合は、N₂ガスの供給流量を多く流すとよい。また、N₂ガスを流すことによりガス供給孔411から供給されるHCDSガスの均一性向上にも効果がある。
- [0066] HCDSガスをウエハ200に対して供給する時間は、例えば、1～300秒、好ましくは1～60秒、より好ましくは1～10秒の範囲内とする。300秒より長いと、スループット悪化、ランニングコスト増加となり、1秒より短いと、成膜に必要とされる曝露量が得られなくなってしまう場合がある。
- [0067] ヒータ207は、ウエハ200の温度が、例えば、200～800℃
- [0068] 上述の条件下で処理室201内へHCDSガスを供給することにより、ウエハ200の最表面上にSi含有層が形成される。
- [0069] (原料ガス排気ステップ) : S5042
- Si含有層が形成された後、バルブ514を閉じ、HCDSガスの供給を

停止する。このとき、A P Cバルブ242は開いたままとして、真空ポンプ244により処理室201内を真空排気し、処理室201内に残留する未反応又はS i含有層形成に寄与した後のH C D Sガスを処理室201内から排除する。バルブ334は開いた状態でN₂ガスの処理室201内への供給を維持する。N₂ガスはパージガスとして作用し、処理室201内に残留する未反応又はS i含有層形成に寄与した後のH C D Sガスを処理室201内から排除する効果を高めることができる。

[0070] (反応ガス供給ステップ) : S 5 0 4 3

処理室201内の残留ガスを除去した後、バルブ318を開き、ガス供給管315内に反応ガスであるNH₃ガスを流す。NH₃ガスは、M F C 3 1 7により流量調整され、ノズル410のガス供給孔411から処理室201内のウエハ200に対して供給され、排気管241から排気される。すなわちウエハ200はNH₃ガスに曝露される。キャリアガスとしてのN₂ガスも図示していないM F Cで流量を調性されたうえでガス供給管315を通してNH₃ガスと共にノズル410から処理室201内に供給されて、排気管241から排気される。

[0071] このとき同時に、M F C 3 3 3により流量調整された不活性ガスとしてN₂ガスがガス供給管335を通してノズル336のガス供給孔3361から処理室201の下部の側に、及びノズル337のガス供給孔3371から処理室201の上部の側に供給され、排気管241から排気される。

[0072] このとき、A P Cバルブ242を適正に調整して、処理室201内の圧力を、例えば1～13300Pa、好ましくは10～2660Pa、より好ましくは20～1330Paの範囲内の圧力とする。13300Paより高いと後述する残留ガス除去ステップに時間を要してスループットが悪化する可能性があり、1Paより低いと成膜に必要とされる曝露量を得ることが出来ない可能性がある。

[0073] M F C 3 1 7で制御するNH₃ガスの供給流量は、例えば、1～50slm、好ましくは3～20slm、より好ましくは5～10slmの範囲内の流

量とする。50 s l mより多いと後述する残留ガス除去ステップに時間を要してスループットが悪化する可能性があり、1 s l mより少ないと成膜に必要とされる曝露量を得ることができない可能性がある。

[0074] キャリアガスとして供給するN₂ガスの供給流量は、例えば、1～50 s l m、好ましくは3～20 s l m、より好ましくは5～10 s l mの範囲内の流量となるよう、例えば、0～49 s l m、好ましくは0～17 s l m、より好ましくは0～9.5 s l mの範囲内の流量とする。総流量が50 s l mより多いと、後述する残留ガス除去ステップに時間を要してスループットが悪化する可能性があり、1 s l mより少ないと成膜に必要とされる曝露量を得ることができない可能性がある。

[0075] NH₃ガスをウエハ200に対して供給する時間は、例えば、1～120秒、好ましくは5～60秒、より好ましくは5～10秒の範囲内とする。120秒より長いと、スループット悪化、ランニングコスト増加となり、1秒より短いと、成膜に必要とされる曝露量が得られなくなってしまう場合がある。その他の処理条件は、上述の原料ガス供給ステップと同様の処理条件とする。

[0076] このとき処理室201内に流しているガスは、NH₃ガスと不活性ガス（N₂ガス）のみである。NH₃ガスは、原料ガス供給ステップでウエハ200上に形成されたSi含有層の少なくとも一部と反応SiとNを含むシリコン窒化層（SiN層）が形成される。すなわちSi含有層はSiN層へと改質される。

[0077] （反応ガス排気ステップ）：S5044

SiN層が形成された後、バルブ318を閉じて、NH₃ガスの供給を停止する。そして、原料ガス供給ステップ後の残留ガス除去ステップと同様の処理手順により、バルブ334は開いた状態でN₂ガスの処理室201内への供給を維持しながら処理室201内に残留する未反応もしくはSiN層の形成に寄与した後のNH₃ガスや反応副生成物を処理室201内から排除する。

[0078] （所定回数実施）：S5045

上述の原料ガス供給ステップ、残留ガス除去ステップ、反応ガス供給ステップ、残留ガス供給ステップを順に行うサイクルを1回以上（所定回数）行うことにより、ウエハ200上にSiN膜が形成される。このサイクルの回数は、最終的に形成するSiN膜において必要とされる膜厚に応じて適宜選択されるが、このサイクルは、複数回繰り返すことが好ましい。

[0079] （パージ・大気圧復帰）：S505

成膜ステップが終了したら、バルブ334を開き、ガス供給管335からN₂ガスを処理室201内へ供給し、排気管241から排気する。N₂ガスはパージガスとして作用し、処理室201内に残留するガスや副生成物が処理室201内から除去される（アフターパージ）。その後、処理室201内の雰囲気ガスがN₂ガスに置換され（N₂ガス置換）、処理室201内の圧力は常圧に復帰される（大気圧復帰）。

[0080] （基板搬出）：S506

その後、ボートエレベータ115によりシールキャップ219が下降され、マニホールド209の下端が開口されるとともに、処理済のウエハ200が、ボート217に支持された状態でマニホールド209の下端から反応管203の外部に搬出（ボートアンロード）される。ボートアンロードの後には、シャッタ219sが移動させられ、マニホールド209の下端開口がリング220cを介してシャッタ219sによりシールされる（シャッタクローズ）。処理済のウエハ200は、反応管203の外部に搬出された後、ボート217より取り出されるウエハディスチャージ）。

[0081] （3）基板装填

続いて、成膜工程に先立って行う、ボート217へのウエハ200の分散装填について説明する。

[0082] 本実施例において、分散装填とは、複数枚で構成されるウエハ200をボート217に装填する際、そのウエハ200全てをボート217のスロットに連続的に配置するのではなく、ウエハ200の間に少なくとも1スロット以上、ウエハ200が装填されないスロットを意図的に設け、ウエハ200を

分割し、少なくとも2分割以上にウエハ200の装填スロットを分割して装填する行為をいう。分割された各々のウエハ200の群をウエハ群と称する。なお、ウエハ群は装填スロットに連続的に装填されてもよい。また、ウエハ群の下限枚数は1枚でもよい。

[0083] 本実施例では、 Y 枚 ($Y \geq 3$) のウエハ装填領域(スロット)を持つポート217に、 Y 枚未満のウエハ200を装填して処理する場合において、ウエハ200を分散装填させる。これにより、ウエハ装填領域の各スロットにおけるウエハ200の装填密度の分布を平坦化させて面間膜厚均一性を向上させる。

[0084] 次に、本実施例の具体的な例について図6乃至図8を用いて説明する。まず、ウエハ200の分散装填によりウエハ200毎の膜特性を向上させる場合について説明する。なお、膜特性とは、例えば、膜厚、膜質、等である。

[0085] 図6は、100枚のウエハ装填領域を有するポート217に、ウエハ600(図1及び図2のウエハ200に相当)を装填ピッチ(ウエハ600の間隔)が異なる二つの領域610と620に分けて分散装填した例を示す。ポート217には、上下の両端と中央部に、基板上に形成される膜の膜厚をモニタするためのモニタ基板601を装填する。なお、領域610は、本開示の第1領域に対応し、領域620は、第2領域に対応する。また、モニタ基板601やダミーウエハ602は無くても良い。ダミーウエハ602を用いる場合、ダミーウエハ602の枚数は、第1領域としての領域610に装填する製品基板(ウエハ600)の枚数に応じて設定される。領域610のスロットの内、ウエハ600が装填されないスロットの数だけダミーウエハ602を用いる様にダミーウエハ602の枚数を設定する。なお、図6では、処理領域640は、第1領域としての領域610と第2領域としての領域620に対応する。

[0086] 図6において、領域610には、ポート217の中央部に装填したモニタ基板601を挟んで、その両側に処理対象のウエハ600を装填し、その外側には、ダミーウエハ602とウエハ600を交互に装填する。また、領域

610の外側（領域610の上部および下部）でポート217の端部に近い領域620には、ダミーウエハ602を用いることなくウエハ600を連続して装填する。さらに、領域620とポート217の端部のモニタ基板601が装填された場所との間の領域630は、ウエハ600を装填せずにダミーウエハ602だけを装填する。各領域（領域610、領域620、領域630）の大きさは、ポート217に装填するウエハ600の総数により設定される。

[0087] 領域610の位置は、基板支持具（処理領域640）の中心側となる様に設定される。領域610の大きさは、製品基板としてのウエハ600の数 X に応じて、設定させる。具体的には、 X の数が小さい場合には、領域610の大きさを大きくし、 X の数が大きい場合には、領域610の大きさを小さくする。即ち、ウエハ600の数 X に応じて、分散装填する第1領域（領域610）の大きさを設定する。なお、第1領域としての領域610の大きさに合わせて、第2領域としての領域620の大きさを相対的に変化させる。即ち、 X と Y との関係に基づき、第1領域としての領域610と第2領域としての領域620の大きさの比率を設定する。

[0088] X と Y との関係を示すデータは、記憶装置121cに記録されたテーブルデータに保存される。例えば、製品基板としてのウエハ600の総数 X （ X は整数）が、ポート217の最大装填枚数 Y （ Y は整数）と同じ場合には、領域610を設定しない構成とする。 X が Y に近い場合は、第1領域としての領域610の大きさが、第2領域としての領域620よりも小さく構成される。即ち、ウエハ600を連続して装填する領域よりも、ウエハ600を分散して装填する領域の方が小さく構成される。 X が、 Y の半分程度の場合には、第1領域としての領域610の大きさが、第2領域としての領域620よりも大きく構成される。即ち、ウエハ600を連続して装填する領域よりも、ウエハ600を分散して装填する領域の方が大きく構成される。

[0089] ここで、領域610の大きさと装填するウエハ600の数の関係は、例えば、各ウエハ600の処理の均一性が向上するように、実験的に求めて決定

する。領域610の大きさと、ウエハ600の数との最適な関係を示すテーブルデータは、後述の記憶装置121cに記録される。領域610の大きさの設定は、例えば、処理対象のウエハ600の数を決定した際に行われる。具体的には、次に実行するプロセスレシピを記憶装置121cから読み出した際（例えば、後述のプロセス条件設定S501の工程）に領域610の大きさを設定する。なお、領域620の大きさとウエハ600の数の関係についても、各ウエハ600の処理の均一性が向上するように、実験的に求めて決定して、領域620の大きさとウエハ600の数との関係を示すテーブルデータを記憶装置121cに記録しておいても良い。なお、ウエハ600の数と、各領域（領域610と領域620）の大きさと、ボート装填パターンとの関係を示すテーブルデータは、記憶装置121cに記録され、プロセス条件設定工程S501で記憶装置121cから読み出される。

[0090] 図7は、100枚のウエハ装填領域を有するボート217に、ウエハ600を装填ピッチ（ウエハ600の間隔）が異なる三つの領域611と612、621に分けて分散装填した例を示す。なお、領域611は第1領域に対応し、領域621は第2領域に対応する。領域612は、第1領域の一部として設定しても良いし、別の第3の領域として設定しても良い。図6の場合と同様に、ボート217には、上下の両端と中央部に、基板上に形成される膜の膜厚をモニタするためのモニタ基板601を装填してもよい。なお、図7における処理領域641は、第1領域としての領域611と第2領域としての領域621と第3領域としての領域612に対応する。

[0091] 図7において、領域611には、ボート217の中央部に装填したモニタ基板601を挟んで、その両側に処理対象のウエハ600を装填し、その外側にダミーウエハ602とウエハ600を交互に装填する。また、領域611の外側の領域には、ウエハ600を連続して2枚以上装填した領域とダミーウエハ602を1枚装填して領域とを交互にも行けた領域612、領域612の外側にダミーウエハ602を用いることなくウエハ600を連続して装填した領域621、さらに、領域621とボート217の端部のモニタ基

板601が装填された場所との間の領域631は、ウエハ600を装填せずにダミーウエハ602だけを装填する。

[0092] このように、分散装填させる各領域（領域611、領域612）のウエハ600の装填密度が、徐々に変化する様に構成する。ここでは、分散装填させる領域を2つ設ける例を示したがこれに限らず、3つ以上設けても良い。ポート217におけるウエハ600の装填密度が徐々に変化する様にウエハ600を装填することで、各ウエハ600に対する処理ガスの曝露量の差を低減することができる。即ち、ウエハ600毎の処理均一性を向上させることができる。なお、各領域（領域611、領域612、領域631）の大きさは、ポート217に装填するウエハ600の総数により決まる。

[0093] ここでは、領域611において、ウエハ600とダミーウエハ602を交互に配置する例を示したが、これに限らず、一枚のウエハ600と複数枚のダミーウエハ602とを交互に配置して、領域611のウエハ600の密度を、他の領域のウエハ600の密度よりも小さくなる様に構成しても良い。ここで、複数枚のダミーウエハ602は、ウエハ600の間で、連続して装填される。ダミーウエハ602を連続して装填する枚数は、ポート217に装填するウエハ600の枚数に基いて設定される。なお、ウエハ600の間に連続して装填されるダミーウエハ602の枚数としては、例えば、2枚、3枚の場合がある。ダミーウエハ602の枚数により、ウエハ600の間隔を広げることができる。言い換えると、ウエハ600の装填密度を小さくすることができる。

[0094] このように、ポート217の中心側のウエハ600の密度を、ポート217の外側のウエハ600の密度よりも小さくすることで、ポート217の中心側に装填されたウエハ600にウエハ600に対する処理ガスの曝露量を増やすことができる。なお、ここでは、領域611にダミーウエハ602を装填した例を示したが、これに限らず、ダミーウエハ602を装填しなくても良い。ダミーウエハ602を装填することにより、各ウエハに対する処理ガスのガス曝露量を均一化できる。ダミーウエハ602を装填しないスロッ

ト付近では、ダミーウエハ602で消費されていた分のガスを他のウエハ600に供給されるため、ダミーウエハ602を装填しないスロット付近のウエハ600に対するガスの曝露量を増加させることができる。この曝露量の増加が大きい場合に、ダミーウエハ602を装填することで、曝露量を均一化させることができる。なお、表面積が異なるダミーウエハ602を装填しても良い。表面積が異なるダミーウエハ602を装填することで、ウエハ600に対するガスの曝露量の調整できる。なお、表面積が異なるダミーウエハ602を装填する位置は、特定のスロットを指定しても良いし、ウエハ600の間隔に応じて選択しても良い。

[0095] ウエハ600を装填ピッチは、ウエハ600の枚数Xによって、設定される。ウエハ600の枚数と、装填ピッチ（ウエハ600の間隔）との関係を示すテーブルデータは、記憶装置121cに記録されており、ウエハ600の枚数Xに対応する装填ピッチデータを記憶装置121cのテーブルデータから読み出して、設定される。

[0096] 図7の様に、装填ピッチが異なる様にウエハ600を装填するパターンは、ウエハ600の枚数Xが、例えば、最大装填枚数Yの半分以下、好ましくは、十数枚程度の場合に好適に用いられる。ウエハ600の処理枚数が少ない場合に、この様な配置パターンとすることで、ウエハ600毎の処理均一性を向上させることができる。

[0097] ここで、領域611に装填するウエハ600の数と、領域612、領域621に装填するウエハ600の数は、各領域のウエハ600間の処理の均一性が向上するように、実験的に求めて決定し、記憶装置121cに対応テーブルデータとして読み出し可能に記録される。

[0098] 図6または図7に示したようにウエハ600をボート217に装填して、上記した「(2)成膜工程」において説明したような手順でウエハ600上に成膜した場合におけるウエハ600のボート217への装填位置による、ウエハ600に対する原料ガス（及び反応ガス）の曝露量の分布を図8(a)の730に示す。

[0099] 図8(a)において、横軸は、図8(b)に模式的に示したポート701(図1、図6、図7のポート217に相当)の各スロットへのウエハ200(図6、7のウエハ600)の装填位置を示し、下から上に昇順でウエハ装填位置を示している。図8(b)のポート701において、右側が図6または図7に示したポート217の上側に対応し、図8(b)のポート701の左側が、図6または7に示したポート217の下側に対応する。

[0100] また、図8(a)において、縦軸は、ポート701に装填した各ウエハに対する処理ガスの曝露量を示す。言い換えると、縦軸は、各ウエハ上の膜の形成に寄与するガス量を意味する。縦軸の数値が大きくなる程、ウエハ600に対する処理ガスの曝露量が多いことを示し、縦軸の数値が小さくなる程、ウエハ600に対する処理ガスの曝露量が少ないことを示している。また、ガスの曝露量が多いことは、ウエハ600に形成される膜の厚さが大きくなることを意味する。ガスの曝露量が少ないことはウエハ600に形成される膜厚は小さくなることを意味する。ここで、図8(a)のガスの曝露量とは、主に処理ガスとしての原料ガスの曝露量を意味するが、反応ガスの曝露量についても同様の傾向になっていると推定する。即ち、処理ガスの曝露量の差により、膜特性の内、少なくとも膜厚が、ウエハ600毎に差が生じる課題を生じる。また、原料ガスの曝露量と反応ガスの曝露量との差異により膜組成がウエハ600毎に差が生じる課題が生じ得る。

[0101] 図8(a)のデータ730に、本実施例に係るポート701に装填した各ウエハに対するガス曝露量分布を示す。本実施例に係るガス曝露量分布を示すデータ703は、図6で説明したポート217へのウエハ200の装填に対応して図8(b)の731に示すようにポート701へのウエハの装填領域を中央部付近の一枚おきに装填した領域とその外側に隣接して装填した領域で形成されている。また、処理室201への原料ガスと反応ガス、不活性ガスの供給は、図3に示したようなノズル410、336、337を用いて行った。

[0102] 図8(a)に示したグラフにおいて、データ710は本実施例に係るガス

曝露量分布のデータ 730 に対する第1の比較例として、図8 (b) のウエハのボート装填配置図 711 に示すように、領域 714 にウエハを隣接させて装填した場合に各位置のウエハにたいする処理ガスの曝露量の分布を示す。図8 (b) のウエハのボート装填配置図 711 において、713 は膜厚モニタ用のダミーウエハを装填する位置を示している。

[0103] 図8 (b) のウエハのボート装填配置図 711 に示すように全てのウエハ 200 を連続的に装填しただけの場合には、図8 (a) のデータ 710 に示すように、中央部 7103 付近の処理ガスの曝露量に対する周辺部 7101 及び 7102 の処理ガスの曝露量の差が大きい。すなわち、比較例のデータ 710 に示すように、全てのウエハを隣接させてボートに装填した場合には、装填した位置による処理ガスの曝露量の分布が大きいことがわかる。具体的には、中央部分付近の曝露量が減り、周辺部 7101 及び 7102 の曝露量が増える。これは周辺部 7102 よりも上側には、ウエハ 600 が存在しないため、周辺部 7102 付近で、消費されるはずのガスが、周辺部 7102 のウエハに供給されることにより、生じていると考えられる。周辺部 7101 についても同様である。これに対して、中央部 7103 付近では、ウエハ 600 の密度が高いため、各ウエハ 600 で消費されるガスが多くなることにより、各ウエハ 600 に供給されるガス曝露量が低下すると考えられる。

[0104] また、図8 (a) のデータ 720 は、本実施例に係るガス曝露量分布のデータ 730 に対する第2の比較例を示す。第2の比較例においては、図6で説明した本実施例の場合と同様に、図8 (b) のウエハのボート装填配置図 (ボート装填パターン) 731 に示すようにボート 701 の中央部分付近には1枚おきにウエハを装填し、ボート 701 の周辺部分付近ではウエハを隣接させて装填した。ただし、第2の比較例においては、図3に示した本実施例におけるガス供給管であるノズル 336 及び 337 に替えて、図9に示すようなガス供給孔 3381 を上から下まで等ピッチで多数設けたガス供給管 3380 を用いてキャリアガスと同じ種類の不活性ガス (N_2 ガス) を供給する構

成とした。なお、ボート装填パターンのデータは、記憶装置 1 2 1 c に記録される。

[0105] 即ち、第 2 の比較例においては、ガス供給孔 3 3 8 1 を等ピッチに多数形成した不活性ガス供給用のガス供給管 3 3 8 0 を用いて上下方向にほぼ均等に不活性ガスを供給しながら成膜した場合における各位置のウエハに対する処理ガスの曝露量の分布を示す。

[0106] 図 8 (a) に示す第 2 の比較例のデータ 7 2 0 に示すように、第 1 の比較例のデータ 7 1 0 と比べると処理ガスの曝露量の分布が改善されている。即ち、ボート装填配置図 7 3 1 の様に装填することにより、各ウエハに対するガス曝露量の分布を改善できる。なお、このボート装填配置図 7 3 1 であっても、両端部 7 2 0 1 及び 7 2 0 2 と中央部分付近との処理ガスの曝露量には、まだ差がある。

[0107] これに対して、図 8 (a) に示す本実施例に係るガス曝露量分布のデータ 7 3 0 においては、両端部 7 3 0 1 及び 7 3 0 2 と中央部分付近との処理ガスの曝露量の差が第 2 の比較例のデータ 7 2 0 の場合と比べてさらに小さくなっており、処理ガスの曝露量のウエハ間の分布が改善されている。

[0108] 本実施例においては、図 3 に示すように、不活性ガス用の供給管として第 2 ノズルとしてのノズル 3 3 6 と第 1 ノズルとしてのノズル 3 3 7 とを用い、ノズル 3 3 6 には下側に第 2 供給孔としてのガス供給孔 3 3 6 1 を設け、ノズル 3 3 7 には上側に第 1 供給孔としてのガス供給孔 3 3 7 1 を設けと構成にした。第 1 供給孔 3 3 7 1 は、

[0109] このような構成とすることにより、ノズル 4 1 0 のガス供給孔 4 1 0 1 から供給される原料ガス又は反応ガスに含まれる不活性ガス（キャリアガス）成分に対してボート 2 1 7 の中央部付近に装填されたウエハ 2 0 0 に供給される不活性ガスの量に対するボート 2 1 7 の上部および下部に装填されたウエハ 2 0 0 に供給される不活性ガスの量を多くなる。

[0110] これにより、図 8 (a) の第 1 の比較例のデータ 7 1 0 及び第 2 の比較例のデータ 7 2 0 に示されるような、ボート 2 1 7 の中央部に対する上下の周辺

部に装填したウエハに対する処理ガスの曝露量が抑制されて、処理ガスの曝露量のウエハ間の分布が改善されている。

- [0111] 図8のグラフには示さなかったが、図7で説明したような、ボート217の中央部に近い部分から外側に向かってウエハ200の統制密度が徐々に高くなるように装填した場合であっても、図3に示したようなノズル410と336, 337を用いて原料ガスや反応ガス、不活性ガスを供給する事により、図8(a)のガス曝露量分布のデータ730と同様な、処理ガスの曝露量のウエハ間の分布が得られ、第1及び第2の比較例と比べて処理ガスの曝露量のウエハ間の分布が改善されている。
- [0112] 以上に説明したように、本開示によれば、基板をバッチで処理する場合において、複数の基板間の膜厚の均一性を従来と比べて向上させることができるようになった。また、基板上に形成する膜の膜厚の制御性を向上させることができるようになった。
- [0113] 上述の実施形態では、不活性ガスとしては、 N_2 ガスの他に、Arガス、Heガス、Neガス、Xeガス等の希ガスを用いてもよい。
- [0114] また、上述の実施形態では、処理室201への原料ガスの供給と反応ガスの供給とにノズル410を共有する構成で説明したが、原料ガス供給用のノズルと反応ガス供給用のノズルとを分離するように構成してもよい。
- [0115] また、上述の実施形態では、図3のノズル336とノズル337から、不活性ガスを供給する構成を示したが、不活性ガスでは無く、原料ガスと反応ガスの少なくともいずれかを供給可能に構成しても良い。ノズル336とノズル337から原料ガスと反応ガスの少なくともいずれかを供給することにより、ボートの上側と下側の少なくともいずれかに装填されるウエハ600に形成される膜の膜厚を大きく成膜させることができる。
- [0116] なお、上述の実施形態では、ボート217の全てのスロットに、ウエハ600とダミーウエハ602のいずれか又は両方を装填する例を主に記したが、これに限るものではない。基板処理装置の構成や、プロセスレシピ（基板処理条件）等により、ボートの217の特定スロットに装填されたウエハ6

00に形成される膜特性が他のスロットに装填されたウエハ600に形成される膜特性よりも著しく悪い場合がある。例えば、図8(a)に示すガス曝露量が、他のスロットに比べて異なることが有る。このような場合には、この特定スロットをウエハ600が装填されないスロットに設定し、ウエハ600の枚数に関わらず、この特定スロットにウエハ600が装填されない様に構成しても良い。ここで、基板処理装置の構成とは、ガスを供給するノズルの形状、ノズルに設けられた供給孔の形状・位置、排気管241の位置、等である。プロセスレシピとは、供給するガスの特性、供給タイミング、処理温度、圧力、ガスの流量、等である。また、ウエハ600の表面に形成されたパターンの影響を受ける可能性がある。

[0117] なお、上述の実施形態では、ウエハ600上に形成する膜として、シリコン窒化膜(SiN)を例に説明したがこれに限るものではない。例えば、Si、Ge、Al、Ga、In、Ti、Zr、Hf、La、Ta、Mo、W、等の元素の少なくとも1つ以上を含む膜を形成するプロセスにも適用することができる。また、上述の実施形態では、窒化膜を形成する例を説明したがこれに限るものではない。例えば、酸素(O)、炭素(C)、窒素(N)の少なくとも1つ以上を含む膜であっても良いし、これらの元素を含まない単元素膜であっても良い。

[0118] なお、上述の実施形態では、半導体デバイスの製造工程の1工程として、絶縁膜としてのシリコン窒化膜を形成する例を示したが、半導体デバイスに限らず、ディスプレイデバイス、発光デバイス、受光デバイス、太陽電池デバイス、などの種々のデバイスを製造する工程の1工程の膜を形成する工程(基板処理)にも適用することができる。

[0119] 成膜処理やクリーニング処理に用いられるレシピ(処理手順や処理条件等が記載されたプログラム)は、処理内容(形成、或いは、除去する膜の種類、組成比、膜質、膜厚、処理手順、処理条件等)に応じて個別に用意し、電気通信回線や外部記憶装置123を介して記憶装置121c内に格納しておくことが好ましい。そして、処理を開始する際、CPU121aが、記憶装

置 1 2 1 c 内に格納された複数のレシピの中から、処理内容に応じて適正なレシピを適宜選択することが好ましい。これにより、1 台の基板処理装置で様々な膜種、組成比、膜質、膜厚の膜を、再現性よく形成することができるようになり、それぞれの場合に適正な処理を行うことができるようになる。また、オペレータの負担（処理手順や処理条件等の入力負担等）を低減でき、操作ミスを回避しつつ、処理を迅速に開始できるようになる。

[0120] 上述のレシピは、新たに作成する場合に限らず、例えば、基板処理装置に既にインストールされていた既存のレシピを変更することで用意してもよい。レシピを変更する場合は、変更後のレシピを、電気通信回線や当該レシピを記録した記録媒体を介して、基板処理装置にインストールしてもよい。また、既存の基板処理装置が備える入出力装置 1 2 2 を操作し、基板処理装置に既にインストールされていた既存のレシピを直接変更するようにしてもよい。

[0121] (4) 本実施形態による効果

上述の実施形態によれば、以下に示す 1 つまたは複数の効果が得られる。

[0122] (a) 最大装填枚数が X 枚 ($X \geq 3$) の基板装填領域を持つバッチ処理装置を用いて、 X 枚未満の大表面積基板を装填して処理する際、大表面積基板を基板装填領域にまたがり分散装填することにより、基板装填領域間における大表面積基板の密度分布を平坦化することが可能となる。それにより、基板面間膜厚均一性を向上させることが可能となる。

[0123] (b) 装填可能スロット数を超えない範囲で、基板群の分割数を多く、すなわちそれぞれの基板群ごとの枚数を少なくすることにより、各基板群内の膜厚面間均一性を向上させることが可能となる。

[0124] 上述の実施形態では、ホットウォール型の処理炉を有する基板処理装置を用いて膜を形成する例について説明した。本開示は上述の実施形態に限定されず、コールドウォール型の処理炉を有する基板処理装置を用いて膜を形成する場合にも、好適に適用できる。これらの場合においても、処理手順、処理条件は、例えば上述の実施形態と同様な処理手順、処理条件とすることが

できる。

符号の説明

[0125] 10・・・基板処理装置 121・・・コントローラ 200・・・
ウエハ 201・・・処理室 202・・・処理炉 203・・・反
応管 207・・・ヒータ 217・・・ポート 241、243・
・・・排気管 244・・・真空ポンプ 315, 335, 510, 51
6・・・ガス供給管 336, 337, 410・・・ノズル 3361
, 3371、411・・・ガス供給孔 317, 333, 512・・・M
FC 318, 334, 514・・・バルブ。

請求の範囲

- [請求項1] 被処理基板を保持した基板保持具を収容可能な処理容器と、
前記処理容器にガスを供給するガス供給部と、
前記処理容器内の雰囲気気を排気する排気部と、
前記被処理基板を搬送する搬送部と、
前記基板保持具の中央側に分散装填する第1領域を有し、前記被処理基板の数 X が、前記基板保持具の最大装填数 Y よりも小さい場合に、前記被処理基板を前記第1領域の中央側から分散装填するように前記搬送部を制御することが可能に構成された制御部と、
を有する基板処理装置。
- [請求項2] 前記制御部は、前記 X に基いて前記第1領域の大きさを設定することが可能に構成される
請求項1に記載の基板処理装置。
- [請求項3] 前記制御部は、
前記第1領域の中央側から分散装填し、前記第1領域の上端側と下端側のいずれかまたは両方に向かって、装填密度を変化させるように前記搬送部を制御可能に構成される
請求項1又は2に記載の基板処理装置。
- [請求項4] 前記制御部は、前記分散装填の密度を徐々に変化させるように前記搬送部を制御可能に構成される
請求項1乃至3のいずれか1項に記載の基板処理装置。
- [請求項5] 前記制御部は、前記第1領域の密度を、他の領域の密度よりも小さくする前記搬送部を制御可能に構成される
請求項1乃至4の何れか1項に記載の基板処理装置。
- [請求項6] 前記制御部は、前記 X に基づき、前記第1領域の前記被処理基板の間隔を設定する
請求項1乃至5の何れか1項に記載の基板処理装置。
- [請求項7] 前記基板保持具の上端側と下端側には、前記被処理基板を連続装填

する第2領域を有し、前記制御部は、前記第2領域に前記被処理基板を連続的に装填するよう前記搬送部を制御することが可能に構成される

請求項1乃至4の何れか1項に記載の基板処理装置。

[請求項8] 前記制御部は、前記Xと前記Yとの関係に基づき、前記第1領域と前記第2領域の比率を設定する

請求項7に記載の基板処理装置。

[請求項9] 前記制御部は、前記被処理基板を、前記基板保持具の上端側から下端側まで配置するよう前記搬送部を制御することが可能に構成されている

請求項1乃至7の何れか1項に記載の基板処理装置。

[請求項10] 前記基板保持具の上端側にガスを供給する第1供給孔が設けられた第1ノズルと、
前記基板保持具の下端側にガスを供給する第2供給孔が設け有れた第2ノズルと、

を有し、

前記第1領域の外側の前記第2領域は、前記第1供給孔又は前記第2供給孔の何れかに近接する位置に設けられている

請求項7に記載の基板処理装置。

[請求項11] 前記第1ノズルと第2ノズルのいずれか又は両方から不活性ガスを供給することが可能な様に前記ガス供給部が構成される

請求項10に記載の基板処理装置。

[請求項12] 前記第1ノズルと第2ノズルのいずれか又は両方から処理ガスを供給することが可能なように前記ガス供給部が構成される

請求項10に記載の基板処理装置。

[請求項13] 前記処理ガスは、原料ガスと反応ガスのいずれか又は両方である

請求項12に記載の基板処理装置。

[請求項14] 前記被処理基板は、製品基板であり、

前記分散装填する前記第 1 領域で、前記製品基板の間にはダミー基板が装填される

請求項 1 乃至 13 の何れか 1 項に記載の基板処理装置。

[請求項15] 前記制御部は、前記基板保持具の前記第 1 領域に装填する前記製品基板の枚数に応じて、前記ダミー基板の枚数を設定する

請求項 14 に記載の基板処理装置。

[請求項16] 前記制御部は、前記第 1 領域において、前記基板保持具に装填する前記製品基板の枚数に応じて、前記ダミー基板の前記第 1 領域への連続装填枚数を設定する

請求項 14 又は 15 に記載の基板処理装置。

[請求項17] 前記制御部は、前記第 1 領域において、前記製品基板と前記ダミー基板とを交互に装填する様に前記搬送部を制御可能に構成される

請求項 14 乃至 16 の何れか 1 項に記載の基板処理装置。

[請求項18] 前記制御部は、前記基板保持具には、予め前記被処理基板が装填されないスロットを設定し、前記被処理基板の枚数に関わらず、当該スロットに前記被処理基板を装填しないように前記搬送部を制御可能に構成される

請求項 1 乃至 17 の何れか 1 項に記載の基板処理装置。

[請求項19] 中央側に分散装填する第 1 領域を有する基板保持具に対して、被処理基板の枚数 X が、前記基板保持具の最大装填枚数 Y よりも小さい場合に、前記被処理基板を前記第 1 領域の中央側から分散装填する基板装填工程と、

前記被処理基板が装填された前記基板保持具を処理容器内に搬送する工程と、

前記処理容器内に処理ガスを供給して処理する工程と、

を有する半導体装置の製造方法。

[請求項20] 中央側に分散装填する第 1 領域を有する基板保持具に対して、被処理基板の枚数 X が、前記基板保持具の最大装填枚数 Y よりも小さい場

合に、前記被処理基板を前記第 1 領域の中央側から分散装填させる基板装填手順と、

前記被処理基板が装填された前記基板保持具を処理容器内に搬送させる手順と、

前記処理容器内に処理ガスを供給して処理させる手順と、

をコンピュータによって基板処理装置に実行させるプログラム。