

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6270575号
(P6270575)

(45) 発行日 平成30年1月31日(2018.1.31)

(24) 登録日 平成30年1月12日(2018.1.12)

(51) Int.Cl.

F 1

C23C 16/455 (2006.01)
H01L 21/31 (2006.01)
H01L 21/285 (2006.01)C23C 16/455
H01L 21/31
H01L 21/285B
C

請求項の数 6 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2014-60039 (P2014-60039)
 (22) 出願日 平成26年3月24日 (2014.3.24)
 (65) 公開番号 特開2015-183224 (P2015-183224A)
 (43) 公開日 平成27年10月22日 (2015.10.22)
 審査請求日 平成28年9月26日 (2016.9.26)

前置審査

(73) 特許権者 000001122
 株式会社日立国際電気
 東京都港区西新橋二丁目15番12号
 (72) 発明者 佐々木 隆史
 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社日立国際電気内
 (72) 発明者 盛満 和広
 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社日立国際電気内
 (72) 発明者 西谷 英輔
 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社日立国際電気内
 (72) 発明者 山本 哲夫
 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社日立国際電気内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】反応管、基板処理装置及び半導体装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内部で所定の原料ガスを反応させて複数の基板を処理する処理室を形成する反応管であつて、

前記反応管は、円筒状に形成されて上端が閉塞し、下端が開口しているアウターチューブと、

前記アウターチューブの内部に設けられ、前記所定の原料ガスを排気する排気スリットを前記複数の基板が配列された基板配列領域と基板配列領域よりも下方の領域のそれぞれに少なくとも1つ設けたインナーチューブと、

を有し、

前記基板配列領域よりも下方の領域に設けられた前記排気スリットは、少なくとも前記基板配列領域の下段領域に流れ落ちた前記原料ガスの影響を抑制し、前記基板配列領域よりも下方の領域に対して供給された不活性ガスを排気するように設けられる反応管。

【請求項 2】

前記不活性ガスは、少なくとも前記基板を保持する基板保持具の軸を前記原料ガスから保護するために供給される不活性ガスを含む請求項1に記載の反応管。

【請求項 3】

前記基板配列領域に設けられた排気スリットは、開口中心角が60度～90度である請求項1又は2に記載の反応管。

【請求項 4】

10

20

内部で所定の原料ガスを反応させて複数の基板を処理する処理室を形成し、円筒状に形成されて上端が閉塞し下端が開口しているアウターチューブと、前記アウターチューブの内部に設けられ、前記原料ガスを排気する排気スリットを前記複数の基板が配列された基板配列領域と基板配列領域よりも下方の領域のそれぞれに少なくとも1つ有し、前記基板配列領域よりも下方の領域に設けられた前記排気スリットは、少なくとも前記基板配列領域の下段領域に流れ落ちた前記原料ガスの影響を抑制し、前記基板配列領域よりも下方の領域に対して供給された不活性ガスを排気するように設けられたインナーチューブで構成される反応管と、

前記反応管内に前記原料ガスを供給する原料ガス供給部と、

前記原料ガスを排気するガス排気部と、

を有する基板処理装置。

10

【請求項5】

内部で所定の原料ガスを反応させて複数の基板を処理する処理室を形成し、円筒状に形成されて上端が閉塞し下端が開口しているアウターチューブと、前記アウターチューブの内部に設けられ、前記原料ガスを排気する排気スリットを前記複数の基板が配列された基板配列領域と基板配列領域よりも下方の領域のそれぞれに少なくとも1つ有し、前記基板配列領域よりも下方の領域に設けられた前記排気スリットは、少なくとも前記基板配列領域の下段領域に流れ落ちた前記原料ガスの影響を抑制し、前記基板配列領域よりも下方の領域に対して供給された不活性ガスを排気するように設けられたインナーチューブで構成される反応管内に複数の基板を搬送する工程と、

20

前記反応管内に前記原料ガスを供給して前記複数の基板を処理する工程と、

前記原料ガスを前記インナーチューブに設けられた前記排気スリットを介して排気する工程と、

を有する半導体装置の製造方法。

【請求項6】

内部で所定の原料ガスを反応させて複数の基板を処理する処理室を形成する反応管であつて、

前記反応管は、円筒状に形成されて上端が閉塞し、下端が開口しているアウターチューブと、

前記アウターチューブの内部に設けられ、前記所定の原料ガスを排気する排気スリットを前記複数の基板が配列された基板配列領域と基板配列領域よりも下方の領域のそれぞれに少なくとも1つ設けたインナーチューブと、

30

を有し、

前記基板配列領域に設けられた排気スリットは、開口中心角が60度～90度となるよう構成される反応管。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体デバイスの製造方法および基板処理装置に関し、特に、基板(ウエハ)上に金属膜を形成する工程を備える反応管、基板処理装置及び半導体装置の製造方法に関する。

40

【背景技術】

【0002】

半導体装置(デバイス)を製造する基板処理装置の一つとして、基板としての半導体ウエハを複数枚積層して処理するバッチ式縦型基板処理装置がある。

このバッチ式縦型基板処理装置では、所定枚数のウエハが所定の間隔(ウエハ積層間隔ピッチ)を設けられて基板保持具としてのポートに複数段に保持され、ウエハを保持したポートが反応室を形成する反応管に搬入出されることで基板処理プロセスを行うように構成されることが一般的である。

ここで、ウエハ積層間隔ピッチと、ウエハ外縁と反応管内壁との距離(ギャップ)の比率

50

が大きい場合、原料が積極的にウエハ上に流れず、原料が無駄に消費されてしまい、成膜コストの増大を招いてしまうという問題があった。

また、上述のような問題は、近年の基板径の増大に伴い顕著になることから、早急に解決手段を講じる必要がある。

このような問題の解決手段として例えば、特許文献1に記載されている方法がある。

【0003】

しかし、特許文献1に記載の技術は、ガスの供給流量をコントローラによって流量制御することによって成膜コストの増大を防止する技術であり、上述の装置構成による課題については検討されていない。

【0004】

また、縦型の基板処理装置においては、ガス供給（ガス置換）や真空排気を極力速やかに行うことも求められている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2013-225660号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明はこのような事情にかんがみてなされたものであり、その主な目的は、ガス供給効率を高めながら、真空排気効率も良く、処理基板の面内、面間における膜厚、膜質、電気特性の均一性も良い反応室構造を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するため本発明の一態様によれば、内部で所定の原料ガスを反応させて複数の基板を処理する処理室を形成する反応管であって、

前記反応管は、円筒状に形成されて上端が閉塞し、下端が開口しているアウターチューブと、

前記アウターチューブの内部に設けられ、前記所定の原料ガスを排気する排気スリットを前記複数の基板が配列された基板配列領域と基板配列領域よりも下方の領域のそれぞれに少なくとも1つ設けたインナーチューブと、

を有する反応管が提供される。

【0008】

本発明の他の態様によれば、

複数の基板を処理する処理室を形成し、円筒状に形成されて上端が閉塞し下端が開口しているアウターチューブと、前記アウターチューブの内部に設けられ、前記所定の原料ガスを排気する排気スリットを前記複数の基板が配列された基板配列領域と基板配列領域よりも下方の領域のそれぞれに少なくとも1つ設けたインナーチューブで構成される反応管と、

前記反応管内に処理ガスを供給する処理ガス供給部と、

前記処理ガスを排気するガス排気部と、

を有する基板処理装置が提供される。

【0009】

本発明の他の態様によれば、

複数の基板を処理する処理室を形成し、円筒状に形成されて上端が閉塞し下端が開口しているアウターチューブと、前記アウターチューブの内部に設けられ、前記所定の原料ガスを排気する排気スリットを前記複数の基板が配列された基板配列領域と基板配列領域よりも下方の領域のそれぞれに少なくとも1つ設けたインナーチューブで構成される反応管に複数の基板を搬送する工程と、

10

20

30

40

50

前記反応管内に所定の処理ガスを供給して前記複数の基板を処理する工程と、前記所定の処理ガスを前記インナーチューブに設けられた前記排気スリットを介して排気する工程と、
を有する半導体装置の製造方法が提供される。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、ガス供給効率を高めながら、真空排気効率も良く、処理基板の面内、面間における膜厚、膜質、電気特性の均一性も良い反応室構造を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

10

【0011】

【図1】本発明の一実施形態に係る基板処理装置101の概略構成図である。

【図2】本発明の一実施形態に係る処理炉202の側面断面図である。

【図3】本発明の一実施形態における制御フローを示す図である。

【図4】(a)は、本発明の一実施形態におけるインナーチューブ、アウターチューブを透過した反応管を示す図である。(b)は、図4(a)にノズル、ウエハ、断熱板を設けた場合の反応管を示す図である。

【図5】本発明の一実施形態に係るインナーチューブの斜視図である。

【図6】本発明の一実施形態に係る処理ガスがスリットを通り、排気管から排出される様子を示したものである。

20

【図7】本発明の一実施形態に係る流れ落ちガスの流速と下部開口との関係を示す図である。

【図8】一般的なバッチ式縦型基板処理装置を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

基板処理装置としてのバッチ式縦型基板処理装置を図8を用いて説明する。反応炉は、反応管を有し、この反応管により形成される反応室(処理室)内に基板保持具としてのポートBが挿入される。ポートBは、複数枚の基板としての半導体ウエハ(シリコンウエハ)を略水平状態で隙間(基板ピッチ間隔)Pをもって複数段に保持するように構成されている。また、半導体ウエハの周縁部と反応管の内壁との距離をギャップGとして示している。

30

図8において、ガス供給ノズルをA、ガスの流れを矢印Y、ウエハの保持されている領域Wとその領域の下部の断熱領域D、ガス排気管H、と示している。

一重管構造の反応炉(原料ガス横吹き出し、下排気、図8参照)では、ウエハ積層間隔ピッチPとウエハ外縁と反応管内壁距離ギャップGの比率G/Pが大きいため、原料ガスは、積極的にウエハ上へ輸送されず、原料ガスを無駄に使用するおそれがある。また、一重管構造の反応炉では、複数段に配置された複数のウエハの内、上段(a)に比べ下段(b)に配されたウエハ上に形成された膜のほうがモフォロジ(膜質)が悪く、Rs(シート抵抗値)が高い傾向となり膜厚のウエハ面内均一性が悪い。これに対し、原料ガス供給イベントに於いて、反応室内への原料ガス供給と真空排気を細かく繰り返すことにより膜質が改善し、複数段に配置されたウエハの上下のRs値も揃う方向となる。このことから、次のメカニズムが推定できる。

40

すなわち、原料ガス供給時には、同時にウエハ上に副生成物が生成される。一重管構造の反応炉に於いて原料ガス供給時に真空排気を間に入れない場合、この副生成物の濃度が複数段に配置されたウエハの上段から下段にかけて高くなるが故に、下段で膜質が悪化し、Rsも高くなる。原料ガス供給時に真空排気を間に挟むと、上下のモフォロジとRs分布が改善するため、副生成物が影響を与えていていることが明らかである。

<本発明の一実施形態>

以下に、本発明の一実施形態について説明する。

【0013】

50

(1) 基板処理装置の構成

まず、本実施形態に係る基板処理装置101の構成について、図1、図2を参照しながら説明する。図1は、本発明の一実施形態に係る基板処理装置101の概略構成図である。図2は、本発明の一実施形態に係る処理炉202の側面断面図である。なお、本実施形態にかかる基板処理装置101は、例えばウエハ等の基板に酸化、拡散処理、薄膜形成処理などを行なう縦型の装置として構成されている。

【0014】

(全体構成)

図1に示すように、基板処理装置101は、バッチ式縦型熱処理装置として構成されている。基板処理装置101は、内部に処理炉202などの主要部が設けられる筐体111を備えている。筐体111内への基板搬送容器(ウエハキャリア)としては、ポッド(F0UP(フープ)ともいう)110が用いられる。ポッド110内には、シリコン(Si)又は炭化シリコン(SiC)等で構成された基板としてのウエハ(基板)200が、例えば25枚収納されるように構成されている。筐体111の正面側には、ポッドステージ114が配置されている。ポッド110は、蓋が閉じられた状態でポッドステージ114上に載置されるように構成されている。

【0015】

筐体12内の正面側(図1の右側)であってポッドステージ114に対向する位置には、ポッド搬送装置118が設けられている。ポッド搬送装置118の近傍には、ポッド載置棚105及び図示しないポッドオーブナ及びウエハ枚数検出器が設けられている。ポッド載置棚105は、ポッドオーブナの上方に配置され、ポッド110を複数個載置した状態で保持するように構成されている。ウエハ枚数検出器は、ポッドオーブナに隣接して設けられる。ポッド搬送装置118は、ポッドを保持したまま昇降可能なポッドエレベータ118aと、搬送機構としてのポッド搬送機構118bとで構成されている。ポッド搬送装置118は、ポッドエレベータ118aとポッド搬送機構118bとの連続動作により、ポッドステージ118とポッド載置棚105とポッドオーブナとの間でポッド110を搬送するように構成されている。ポッドオーブナは、ポッド110の蓋を開けるように構成されている。ウエハ枚数検出器は、蓋を開けられたポッド110内のウエハ200の枚数を検知するように構成されている。

【0016】

筐体111内には、ウエハ移載機125、基板保持具としてのポート217が設けられている。ウエハ移載機125は、アーム(ツイーザ)125cを有し、図示しない駆動手段により、上下方向への昇降と水平方向への回転動作が可能な構造になっている。アーム125cは、例えば5枚のウエハを同時に取り出すことができるように構成されている。アーム125cを動かすことにより、ポッドオーブナの位置に置かれたポッド110及びポート217間に、ウエハ200が搬送されるように構成されている。

【0017】

次に、本実施形態にかかる基板処理装置10の動作について説明する。

【0018】

まず、図示しない工程内搬送装置によって、ウエハ200が垂直姿勢となりポッド110のウエハ出し入れ口が上方向を向くように、ポッドステージ114上にポッド110が載置される。その後、ポッド110は、ポッドステージ114によって、筐体111の後方に向けて縦方向に90°回転させられる。その結果、ポッド110内のウエハ200は水平姿勢となり、ポッド110のウエハ出し入れ口は筐体111内の後方を向く。

【0019】

次に、ポッド110は、ポッド搬送装置118によって、ポッド載置棚105の指定された棚位置へ自動的に搬送されて受け渡されて一時的に保管された後、ポッド載置棚105からポッドオーブナに移載されるか、もしくは直接ポッドオーブナに搬送される。

【0020】

ポッド110がポッドオーブナに移載されると、ポッド110はポッドオーブナによっ

10

20

30

40

50

て蓋を開けられる。そして、蓋を開けられたポッド 110 は、ウエハ枚数検出器によってポッド 110 内のウエハ枚数を検知される。ウエハ 200 は、ウエハ移載機 125 のアーム 125c によって、ウエハ出し入れ口を通じてポッド 110 内からピックアップされ、ウエハ移載機 125 の搬送動作によってポート 217 に装填（チャージ）される。ポート 217 にウエハ 200 を受け渡したウエハ移載機 125 は、ポッド 110 に戻り、次のウエハ 200 をポート 217 に装填する。

【0021】

予め指定された枚数のウエハ 200 がポート 217 に装填されると、図示しない炉口シャッタによって閉じられていた処理炉 202 の下端部が、炉口シャッタによって開放される。続いて、シールキャップ 219 がポートエレベータ 115（図 2 参照）によって上昇されることにより、ウエハ 200 群を保持したポート 217 が処理炉 202 内へ搬入（ポートロード）される。ロード後は、処理炉 202 にてウエハ 200 に任意の処理が実施される。かかる処理については後述する。処理後、ウエハ 200 及びポッド 110 は、処理炉 202 から搬出（ポートアンロード）され、上述の手順とは逆の手順でウエハ 200 がポート 217 から脱装（ディスチャージ）され、筐体 12 の外部へ払出される。

【0022】

（処理炉の構成）

続いて、本実施形態に係る処理炉 202 の構成について、図 2 を用いて説明する。

【0023】

（処理室）

図 2 に示すように、処理炉 202 は反応管としてのプロセスチューブ 203 を備えている。プロセスチューブ 203 は、内部反応管としてのインナーチューブ 204 と、その外側に設けられた外部反応管としてのアウターチューブ 205 と、を備えている。インナーチューブ 204 は、例えば石英（SiO₂）または炭化シリコン（SiC）等の耐熱性材料により構成されている。インナーチューブ 204 は、上端及び下端が開口した円筒形状に形成されている。インナーチューブ 204 内の筒中空部には、基板としてのウエハ 200 上に薄膜を形成する処理を行う処理室 201 が形成されている。処理室 201 は、ウエハ 200 をポート 217 によって水平姿勢で垂直方向に多段に整列保持した状態で収容可能に構成されている。アウターチューブ 205 は、インナーチューブ 204 と同心円状に設けられている。アウターチューブ 205 は、内径がインナーチューブ 204 の外径よりも大きく、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。アウターチューブ 205 は、例えば石英または炭化シリコン等の耐熱性材料により構成されている。

【0024】

（ヒータ）

プロセスチューブ 203 の外側には、プロセスチューブ 203 の側壁面を囲う同心円状に、加熱部としてのヒータ 206 が設けられている。ヒータ 206 は円筒形状に形成されている。ヒータ 206 は、図示しない保持板としてのヒータベースに支持されることにより垂直に据え付けられている。プロセスチューブ 203 内（例えばインナーチューブ 204 とアウターチューブ 205 との間や、インナーチューブ 204 の内側等）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。ヒータ 206 及び温度センサ 263 には、後述する温度制御部 238 が電気的に接続されている。温度制御部 238 は、処理室 201 内の温度が所定の温度分布となるように、温度センサ 263 により検出された温度情報に基づいてヒータ 206 への通電具合を所定のタイミングにて制御するように構成されている。

【0025】

（マニホールド）

アウターチューブ 205 の下方には、アウターチューブ 205 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、例えばステンレス等により構成されている。マニホールド 209 は、上端及び下端が開口した円筒形状に形成されている。マニホールド 209 は、インナーチューブ 204 の下端部とアウターチューブ 205 の下端

10

20

30

40

50

部とにそれぞれ係合するように設けられたり、インナーチューブ 204 の下端部とアウターチューブ 205 の下端部とをそれぞれ支持するように設けられたりしている。なお、マニホールド 209 とアウターチューブ 205との間には、シール部材としての O リング 220a が設けられている。マニホールド 209 が図示しないヒータベースに支持されることにより、プロセスチューブ 203 は垂直に据え付けられた状態となっている。主に、プロセスチューブ 203 とマニホールド 209 とにより反応容器が形成されている。

【0026】

(ポート)

処理室 201 内には、基板保持具としてのポート 217 が、マニホールド 209 の下端開口の下方側から搬入されるように構成されている。ポート 217 は、複数枚の基板としてのウエハ 200 を、水平姿勢であって互いに中心を揃えた状態で、所定の間隔で配列させて保持するように構成されている。ポート 217 は、例えば石英や炭化シリコン等の耐熱性材料により構成されている。ポート 217 の下部であって、ウエハ処理領域よりも下方には、円板形状をした断熱部材としての断熱板 216 が、水平姿勢で多段に複数枚配置されている。断熱板 216 は、例えば石英や炭化シリコン等の耐熱性材料により構成されている。断熱板 216 は、ヒータ 206 からの熱をマニホールド 209 側に伝え難くするように構成されている。

【0027】

(キャリアガス供給系)

マニホールド 209 の側壁には、キャリアガスとして例えば窒素 (N₂) ガスを処理室 201 内に供給するノズル 230b 及びノズル 230c が、処理室 201 内に連通するように設けられている。ノズル 230b 及びノズル 230c は、例えば石英等により構成されている。ノズル 230b 及びノズル 230c は少なくとも 1 本ずつ設けられており、プロセスチューブ 203 の内壁とウエハ 200 との間における円弧状の空間で、プロセスチューブ 203 の内壁に沿ったウエハ 200 の積載方向に延在している。ノズル 230b およびノズル 230c の側面には、ガスを供給する多数のガス供給孔が設けられている。ガス供給孔は、下部から上部にわたってそれぞれ同一又は、大きさに傾斜を付けた開口面積を有し、さらに同じ開口ピッチで設けられている。ノズル 230b 及びノズル 230c の上流端は、ガス供給管 232a の下流端に接続されている。ガス供給管 232a には、上流側から順に、キャリアガス源 300a、流量制御器（流量制御手段）としてのマスフローコントローラ 241a 及びバルブ 310a が設けられている。上記構成により、ガス供給管 232a を介して処理室 201 内へ供給するキャリアガスの供給流量、処理室 201 内のキャリアガスの濃度や分圧を制御することができる。

【0028】

バルブ 310a、マスフローコントローラ 241a には、後述するガス流量制御部 235 が電気的に接続されている。ガス流量制御部 235 は、処理室 201 内へのキャリアガス供給の開始や停止、供給流量等を所定のタイミングにて制御するように構成されている。

【0029】

主に、バルブ 310a、マスフローコントローラ 241a、ガス供給管 232a、ノズル 230a により、本実施形態に係るキャリアガス供給系が構成される。なお、キャリアガス源 300a を含めてキャリアガス供給系と考えても良い。

【0030】

(Ti 原料ガス供給系)

マニホールド 209 の側壁には、原料ガス（金属含有ガス）の一例として例えば Ti 原料（四塩化チタン (TiCl₄) やテトラキスジメチルアミノチタン (TDMAT、Ti[N(CH₃)₂]₄)、テトラキスジエチルアミノチタン (TDEAT、Ti[N(CH₂CH₃)₂]₄)）を処理室 201 内に供給するノズル 230b が、処理室 201 内に連通するように設けられている。ノズル 230b は、例えば石英等により構成されている。ノズル 230b は少なくとも 1 本設けられており、プロセスチューブ 203 の内壁とウエハ

10

20

30

40

50

200との間における円弧状の空間で、プロセスチューブ203の内壁に沿ったウエハ200の積載方向に延在している。ノズル230bの側面には、ガスを供給する多数のガス供給孔が設けられている。ガス供給孔は、下部から上部にわたってそれぞれ同一又は、大きさに傾斜を付けた開口面積を有し、さらに同じ開口ピッチで設けられている。ノズル230bの上流端は、ガス供給管232bの下流端に接続されている。ガス供給管232bには、上流側から順に、Ti原料ガス源300b、流量制御器（流量制御手段）としてのマスフローコントローラ241b及びバルブ310bが設けられている。上記構成により、処理室201内へ供給するTi原料ガスの供給流量、処理室201内のTi原料ガスの濃度や分圧を制御することができる。

【0031】

10

バルブ310b、マスフローコントローラ241bには、後述するガス流量制御部235が電気的に接続されている。ガス流量制御部235は、処理室201内へのTi原料ガス供給の開始や停止、供給流量等を所定のタイミングにて制御するように構成されている。

【0032】

主に、バルブ310b、マスフローコントローラ241b、ガス供給管232b、ノズル230bにより、本実施形態に係るTi原料ガス供給系が構成される。なお、Ti原料ガス源300bを含めてTi原料ガス供給系と考えても良い。

【0033】

20

(窒化原料ガス供給系)

マニホールド209の側壁には、改質原料（反応ガスまたはリアクタント）の一例として例えば窒化原料であるアンモニア（NH₃）、窒素（N₂）、亜酸化窒素（N₂O）、モノメチルヒドラジン（CH₆N₂）等のガスを処理室201内に供給するノズル230cが、処理室201内に連通するように設けられている。ノズル230cは、例えば石英等により構成されている。ノズル230cは少なくとも1本設けられており、プロセスチューブ203の内壁とウエハ200との間における円弧状の空間で、プロセスチューブ203の内壁に沿ったウエハ200の積載方向に延在している。ノズル230cの側面には、ガスを供給する多数のガス供給孔が設けられている。ガス供給孔は、下部から上部にわたってそれぞれ同一又は、大きさに傾斜を付けた開口面積を有し、さらに同じ開口ピッチで設けられている。ノズル230cの上流端は、ガス供給管232cの下流端に接続されている。ガス供給管232cには、上流側から順に、不活性ガス源300c、流量制御器（流量制御手段）としてのマスフローコントローラ241c及びバルブ310cが設けられている。上記構成により、処理室201内へ供給する窒素ガスの供給流量、処理室201内の窒素ガスの濃度や分圧を制御することができる。

30

【0034】

バルブ310c、マスフローコントローラ241cには、後述するガス流量制御部235が電気的に接続されている。ガス流量制御部235は、処理室201内への不活性ガス供給の開始や停止、供給流量等を所定のタイミングにて制御するように構成されている。

【0035】

40

主に、バルブ310c、マスフローコントローラ241c、ガス供給管232c、ノズル230cにより、本実施形態に係る窒化原料ガス供給系が構成される。なお、窒素原料ガス源300cを含めて窒素原料ガス供給系と考えても良い。

【0036】

そして、主に、Ti原料ガス供給系、窒化原料ガス供給系及びキャリアガス供給系により、本実施形態に係るガス供給系が構成される。

【0037】

(排気系)

マニホールド209の側壁には、処理室201内を排気する排気管231が設けられている。排気管231は、マニホールド209の側面部を貫通しており、インナーチューブ204とアウターチューブ205との隙間によって形成される筒状空間250の下端部に

50

連通している。排気管 231 の下流側（マニホールド 209 との接続側と反対側）には、上流側から順に、圧力検出器としての圧力センサ 245、圧力調整装置としての APC（Auto Pressure Controller）バルブ 242、真空ポンプ 246 が設けられている。

【0038】

圧力センサ 245 及び APC バルブ 242 には、後述する圧力制御部 236 が電気的に接続されている。圧力制御部 236 は、圧力センサ 245 により検知した圧力情報に基づいて、処理室 201 内の圧力が所定のタイミングにて所定の圧力（真空度）となるように、APC バルブ 242 の開度を制御するように構成されている。なお、APC バルブ 242 は弁を開閉して処理室 201 内の真空排気・真空排気停止ができ、更に弁開度を調節して圧力調整可能となっている開閉弁である。 10

【0039】

主に、排気管 231、圧力センサ 245、APC バルブ 242 により、本実施形態に係る排気系が構成される。なお、真空ポンプ 246 を排気系に含めて考えても良く、さらには、トラップ装置や除害装置を排気系に含めて考えても良い。

【0040】

（シールキャップ）

マニホールド 209 の下端開口には、反応容器を気密に閉塞することが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 は、例えステンレス等の金属により構成されており、円盤状に形成されている。シールキャップ 219 の上面には、マニホールド 209 の下端と接合するシール部材としての O リング 220b が設けられている。シールキャップ 219 は、マニホールド 209 の下端に、反応容器の垂直方向下側から当接するように構成されている。 20

【0041】

（回転機構）

シールキャップ 219 の下方（すなわち処理室 201 側とは反対側）には、ポート 217 を回転させる回転機構 254 が設けられている。回転機構 254 が備える回転軸 255 は、シールキャップ 219 を貫通するように設けられている。回転軸 255 の上端部は、ポート 217 を下方から支持している。回転機構 254 を作動させることにより、ポート 217 及びウエハ 200 を処理室 201 内で回転させることが可能に構成されている。 30 なお、回転軸 255 が処理ガスにより影響を受けにくくなるように、回転軸 255 の近傍に不活性ガスを流し、処理ガスから保護するようにしている。

【0042】

（ポートエレベータ）

シールキャップ 219 は、プロセスチューブ 203 の外部に垂直に設けられた昇降機構としてのポートエレベータ 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。ポートエレベータ 115 を作動させることにより、ポート 217 を処理室 201 内外へ搬入出（ポートロード或いはポートアンロード）させることが可能に構成されている。

【0043】

回転機構 254 及びポートエレベータ 115 には、図示しない駆動制御部が電気的に接続されている。駆動制御部は、回転機構 254 及びポートエレベータ 115 が所定の動作をするよう所定のタイミングにて制御するように構成されている。 40

【0044】

（コントローラ）

上述のガス流量制御部 235、圧力制御部 236、駆動制御部 237 及び温度制御部 238 は、基板処理装置 101 全体を制御する主制御部 239 に電気的に接続されている。主に、ガス流量制御部 235、圧力制御部 236、駆動制御部 237、温度制御部 238 及び主制御部 239 により、本実施形態に係る制御部としてのコントローラ 240 が構成されている。

【0045】

コントローラ240は、基板処理装置101の全体の動作を制御する制御部（制御手段）の一例であって、マスフローコントローラ241a, 241b, 241cの流量調整、バルブ310a, 310b, 310cの開閉動作、APCバルブ242の開閉および圧力センサ245に基づく圧力調整動作、温度センサ263に基づくヒータ206の温度調整動作、真空ポンプ246の起動・停止、ポート回転機構254の回転速度調節、ポートエレベータ115の昇降動作等をそれぞれ制御するようになっている。

【0046】

以下に本発明の反応管について図面を用いて説明する。

<半導体装置の製造方法>

10

次に、上述の基板処理装置の処理炉202を用いて、半導体装置（デバイス）の製造工程の一工程として、大規模集積回路（Large Scale Integration；LSI）を製造する際などに、基板上に絶縁膜を成膜する方法の例について説明する。尚、以下の説明において、基板処理装置を構成する各部の動作はコントローラ240により制御される。

【0047】

[第1の実施形態]

本実施形態では、金属膜として窒化チタン膜を基板上に形成する方法について説明する。

まず原料ガスと反応ガスとを交互に供給して基板上に窒化チタン膜を形成する。

20

本実施形態では、チタン（Ti）含有原料として、TiCl₄、窒化ガスとしてNH₃を用いる例について説明する。尚、この例では、第1のガス供給系によりチタン含有ガス供給系（第1の元素含有ガス供給系）が構成され、第2のガス供給系により窒素含有ガス供給系（第2の元素含有ガス供給系）が構成される。

【0048】

図3は、本実施形態における制御フローの一例を示す。

まず、複数枚のウエハ200がポート217に装填（ウエハチャージ）されると、複数枚のウエハ200を支持したポート217は、ポートエレベータ115によって持ち上げられて処理室201内に搬入（ポートロード）される。この状態で、シールキャップ219はOリング220を介して反応管203の下端をシールした状態となる。

30

さらに、成膜プロセスでは、コントローラ240が、基板処理装置101を下記の通りに制御する。すなわち、ヒータ206を制御して処理室201内を例えば300～550

の範囲の温度であって、好適には450以下、より好ましくは450に保持する。その後、複数枚のウエハ200をポート217に装填し、ポート217を処理室201に搬入する。その後、ポート217をポート駆動機構254により回転させ、ウエハ200を回転させる。その後、真空ポンプ246を作動させるとともにAPCバルブ242を開いて処理室201内を真空引きし、ウエハ200の温度が450に達して温度等が安定したら、処理室201内の温度を450に保持した状態で後述するステップを順次実行する。

【0049】

40

(ステップ11)

ステップ11では、TiCl₄を流す。TiCl₄は常温で液体であり、処理室201に供給するには、加熱して気化させてから供給する方法、図示しない気化器を使用してキャリアガスと呼ばれるHe（ヘリウム）、Ne（ネオン）、Ar（アルゴン）、N₂（窒素）などの不活性ガスをTiCl₄容器の中に通し、気化している分をそのキャリアガスと共に処理室201へと供給する方法などがあるが、例として後者のケースで説明する。

【0050】

ガス供給管232bにTiCl₄を、ガス供給管232bと接続されているキャリアガス供給管232aにキャリアガス（N₂）を流す。ガス供給管232bのバルブ310b、ノズル230bに接続されるキャリアガス供給管232aのバルブ310a、および排

50

気管 231 の APC バルブ 242 のそれぞれを共に開ける。キャリアガスは、キャリアガス供給管 232a から流れ、マスフローコントローラ 241a により流量調整される。TiC1₄は、ガス供給管 232b から流れ、マスフローコントローラ 241b により流量調整され、図示しない気化器により気化され、流量調整されたキャリアガスを混合し、ノズル 230b のガス供給孔から処理室 201 内に供給されつつ排気管 231 から排気される。この時、APC バルブ 242 を適正に調整して処理室 201 内の圧力を 20 ~ 50 Pa の範囲であって、例えば 30 Pa に維持する。マスフローコントローラ 241b で制御する TiC1₄ の供給量は 1.0 ~ 2.0 g/min である。TiC1₄ にウエハ 200 を晒す時間は 3 ~ 10 秒間である。このときヒータ 206 の温度は、ウエハの温度が 300 ~ 550 の範囲であって、例えば 450 になるよう設定してある。 10

【0051】

このとき、処理室 201 内に流しているガスは、TiC1₄ と N₂、Ar 等の不活性ガスのみであり、NH₃ は存在しない。したがって、TiC1₄ は気相反応を起こすことはなく、ウエハ 200 の表面や下地膜と表面反応（化学吸着）して、原料（TiC1₄）の吸着層または Ti 層（以下、Ti 含有層）を形成する。TiC1₄ の吸着層とは、原料分子の連続的な吸着層の他、不連続な吸着層をも含む。Ti 層とは、Ti により構成される連続的な層の他、これらが重なってできる Ti 薄膜をも含む。尚、Ti により構成される連続的な層を Ti 薄膜という場合もある。

【0052】

同時に、ガス供給管 232c の途中につながっているキャリアガス供給管 232a から、バルブ 310a を開けて不活性ガスを流すと、NH₃ 側に TiC1₄ が回り込むことを防ぐことができる。 20

【0053】

（ステップ 12）

ガス供給管 232b のバルブ 310b を閉めて処理室への TiC1₄ の供給を停止する。このとき排気管 231 の APC バルブ 242 は開いたままとし、真空ポンプ 246 により処理室 201 内を 20 Pa 以下となるまで排気し、残留 TiC1₄ を処理室 201 内から排除する。このとき N₂ 等の不活性ガスを処理室 201 内へ供給すると、更に残留 TiC1₄ を排除する効果が高まる。 30

【0054】

（ステップ 13）

ステップ 13 では、NH₃ を流す。ガス供給管 232c に NH₃ を、ガス供給管 232c と接続されるキャリアガス供給管 232a にキャリアガス（N₂）を流す。ガス供給管 232c のバルブ 310c、キャリアガス供給管 232a のバルブ 310a、および排気管 231 の APC バルブ 242 のそれぞれを共に開ける。キャリアガスは、キャリアガス供給管 232a から流れ、マスフローコントローラ 241a により流量調整される。NH₃ は、ガス供給管 232c から流れ、マスフローコントローラ 241c により流量調整され、流量調整されたキャリアガスを混合し、ノズル 230c のガス供給孔から処理室 201 内に供給されつつ排気管 231 から排気される。NH₃ を流すときは、APC バルブ 242 を適正に調節して処理室 201 内圧力を 50 ~ 1000 Pa の範囲であって、例えば 60 Pa に維持する。マスフローコントローラ 322 で制御する NH₃ の供給流量は 1 ~ 10 s/m³ である。NH₃ にウエハ 200 を晒す時間は 10 ~ 30 秒間である。このときのヒータ 206 の温度は、300 ~ 550 の範囲の所定の温度であって、例えば 450 になるよう設定してある。 40

【0055】

同時に、ガス供給管 232b の途中につながっているキャリアガス供給管 232a から、開閉バルブ 310a を開けて不活性ガスを流すと、TiC1₄ 側に NH₃ が回り込むことを防ぐことができる。

【0056】

NH₃ の供給により、ウエハ 200 上に化学吸着した Ti 含有層と NH₃ が表面反応（化 50

学吸着)して、ウエハ200上に窒化チタン膜が形成される。

【0057】

(ステップ14)

ステップ14では、ガス供給管232cのバルブ310cを閉めて、NH₃の供給を止める。また、排気管231のAPCバルブ242は開いたままにし、真空ポンプ246により、処理室201を20Pa以下に排気し、残留NH₃を処理室201から排除する。また、この時には、N₂等の不活性ガスを、NH₃供給ラインであるガス供給管232cおよびTiC1₄供給ラインであるガス供給管232bからそれぞれ処理室201に供給してページすると、残留NH₃を排除する効果が更に高まる。

【0058】

10

上記ステップ11～14を1サイクルとし、少なくとも1回以上行なうことによりウエハ200上に所定膜厚の窒化チタン膜を成膜する。この場合、各サイクル中で、上記の通りに、ステップ11におけるTi含有原料ガスにより構成される雰囲気と、ステップ13における窒化ガスにより構成される雰囲気の夫々の雰囲気が処理室201内で混合しないように処理することに留意する。

【0059】

また、窒化チタン膜の膜厚は、サイクル数を制御して、1～5nm程度に調整すると良い。このときに形成される窒化チタン膜は、表面が滑らか(スムーズ)であって且つ緻密な連続膜となる。

【0060】

20

また、窒化チタン膜を形成した後、この窒化チタン膜に対して、窒素含有ガス、水素含有ガス、不活性ガス等を用いてアニール処理を行っても良い。

【0061】

以下に、窒素含有ガスとしてNH₃を用いたアニール処理について説明する。

窒化チタン膜が形成されたウエハ200をNH₃の雰囲気に晒すことにより窒化チタン膜の改質を行う。具体的には、ガス供給管232cにNH₃を、ガス供給管232cと接続されるキャリアガス供給管232aにキャリアガス(N₂)を流す。ガス供給管232cのバルブ310c、ガス供給管232cと接続されるキャリアガス供給管232aのバルブ310a、および排気管231のAPCバルブ243を共に開ける。キャリアガスは、キャリアガス供給管232aから流れ、マスフローコントローラ241aにより流量調整される。NH₃は、ガス供給管232cから流れ、マスフローコントローラ241cにより流量調整され、流量調整されたキャリアガスを混合し、ノズル230cのガス供給孔から処理室201内に供給されつつ排気管231から排気される。

30

【0062】

40

NH₃を流すときは、APCバルブ242を適正に調節して処理室201内圧力を50～1000Paの範囲であって、例えば150Paに維持する。マスフローコントローラ310cで制御するNH₃の供給流量は1～91slmである。NH₃にウエハ200を晒す時間は1～10分間である。このときのヒータ206の温度は、300～550の範囲の所定の温度であって、例えば450になるよう設定してある。このようにアニール時の温度を成膜時の温度と同じ温度に設定すると、より処理時間が短縮されスループットが向上する。同時に、ガス供給管232bの途中につながっているキャリアガス供給管232aから、開閉バルブ310aを開けて不活性ガスを流すと、TiC1₄側にNH₃が回り込むことを防ぐことができる。

NH₃の供給により、膜中に残留する塩素(C1)を効率的に除去し、膜の高品質化を図ることが出来るという効果がある。NH₃を用いた場合は、NH₃のHとC1が結合し、HC1となって除去されると考えられる。

【0063】

また交互供給法により窒化チタン膜を形成した後、この窒化チタン膜に対して、窒素含有ガス、水素含有ガス、不活性ガス等を用いてプラズマ処理を行っても良い。例えば窒素含有ガスとしてNH₃をプラズマで活性化(プラズマ励起)させて流すことで、よりエネ

50

ルギーの高い反応物を生成することができ、この反応物により改質処理を行うことで、デバイス特性が向上する等の効果も考えられる。なお、NH₃は熱で活性化させて供給した方が、ソフトな反応を生じさせることができ、上述の改質処理をソフトに行うことができる。

【0064】

また、上述のアニール処理とプラズマ処理は同時にあっても良い。すなわち、上述のアニール時の温度にヒータ206を設定しつつ、例えばNH₃をプラズマで活性化させて流すことにより、窒化チタン膜に対して処理を行う。ただし、アニール時の温度にヒータ206を保ち、熱エネルギーによりNH₃を活性化させる時間と、プラズマによりNH₃を活性化させる時間は同じ長さである必要はない。

10

【0065】

なお、アニール処理及びプラズマ処理の少なくとも一方に用いるガスは、窒素含有ガス、水素含有ガス、不活性ガス等であればよく、窒素含有ガスとしては例えばN₂、NH₃もしくはモノメチルヒドラジン(C₂H₆N₂)等を用いることができ、水素含有ガスとしては例えばH₂等を用いることができ、不活性ガスとしては例えばアルゴン(Argon)やヘリウム(He)等を用いることができる。N₂、NH₃を用いる場合は成膜工程で使用されるガス種であるので、新たにガスを供給するための機構を設ける必要がないため、より好ましい。

【0066】

以下に本発明の基板処理装置の処理炉について、図4、図5を用いて、更に詳述する。図4の(a)は、本発明の一実施形態におけるインナーチューブ、アウターチューブを透過した反応管を示す図である。(b)は、図4(a)にノズル、ウエハ、断熱板を設けた場合の反応管を示す図である。図5は、インナーチューブ204の斜視図である。本発明における、プロセスチューブ203は、インナーチューブ204と、アウターチューブ205から主に構成されている。インナーチューブ204には、基板配列された領域の高さ方向に第一のスリット301と、基板配列領域の下方領域(断熱板216の載置されている領域)に第二のスリット302が開口されている。第一のスリット301の開口部は、開口中心角度が60度から90度であることが好ましい。第二のスリット302は第一のスリット301より小さい開口面積を有している。第二のスリット302の開口形状は長方形となっているが、円形でも良いし、多角形でも良い。

20

【0067】

図6は、処理室201内に供給された各種ガスがスリット301を通り、排気管231から排出される様子を示したものである。ノズル230b、230c等から供給された各種ガスは、積層された複数のウエハ200間を通過し、スリット301(開口角度が60度から90度が好ましい)からインナーチューブ204外へ排出される。インナーチューブ205から排出された処理ガス303は、インナーチューブ204とアウターチューブ205の間を通り、インナーチューブ204の外壁及びアウターチューブ205の内壁に沿って回り込み、排気管231より処理炉から排出される。しかしながら、この時、全ての処理ガスがウエハ200間を通り、スリット301からインナーチューブ204外に排出されるものではない。上手くウエハ200間を通らず、特にノズル側のウエハ200とインナーチューブ204との間の広い隙間からからインナーチューブ204の下部方向に流れ落ちてしまうガスもある。

30

【0068】

この流れ落ちてしまうガスの流れ落ちの強さは前述したウエハ200とインナーチューブ204との間のギャップが狭い方が強くなる。スリットが一つで、インナーチューブ204の上部から下部までスリットがつながっている、ストレートスリットの場合、供給されたガスの流れ落ちの強さが一番強くなる。これに対し、このスリットが基板配列領域のみに設けられている場合、または、第一のスリット301が基板配列領域に設けられ、第二のスリット302が下部領域(断熱領域)に設けられ、かつ第二のスリット302を全閉(フルクローズ)とした場合は、この流れ落ちの強さが弱まる傾向にある。

40

50

【0069】

しかしながら、第二のスリット302をフルクローズした場合、図示しないガス供給ノズルから回転軸255をガスから保護するための不活性ガスが断熱領域に供給されているため（回転軸ページ）、この不活性ガスは第一のスリット301の下部分から排気されることとなる。このため、回転軸ページを目的として用いられる不活性ガスと基板処理時の原料ガスとが混合されることとなり、その結果、基板配列領域の下段領域に載置されているプロダクトウエハの原料ガス濃度を下げてしまうというデメリットが生じた。したがって、ガスの流れ落ち強さを抑制するためには、第二のスリット302はフルクローズした方が良いが、フルクローズとした場合は、回転軸ページガスの影響が出てしまう。そこで、本発明においては、第二のスリット302を少し開けることとした。

10

【0070】

流れ落ちガスの流速と第二のスリット302（下部開口）の等価直径（ある直径の円の面積に相当するスリット開口面積）との関係を図7に示す。

図7によると、Gap（半導体ウエハの周縁部と反応管の内壁との距離）が13mmの場合とGap20mmの場合では、Gapの狭いGap13mmの方がガス流れ落ちの流速が速いことが分かる。また、Gap13mmの場合も、Gap20mmの場合も、下部開口（第二のスリット302）の等価直径が約50mmにおいて、ガス流れ落ちの流速はほぼ上限となっている。このことから、Gapの大きさにかかわらず、下部開口（第二のスリット）の等価直径はある程度の大きさでガス流れ落ち流速は上限となることが分かる。換言すると、下部開口はある程度の開口面積で、ガス流れ落ち流速は上限となるという傾向があることが理解できる。

20

【0071】

このように、インナーチューブ204の側面の基板の配列された領域に第一のスリット301を設け、この第一のスリット301の下方である、断熱板の配列された、下部領域に第一のスリット301より開口面積の小さい第二のスリット302を設けた。

このような構造とすることにより、ウエハ上への原料供給効率を改善するとともに、膜厚、膜質、電気特性均一性を向上させる。また、下部領域における原料ガスの濁りが解消され、回転軸ページに用いられた不活性ガスも効率よく処理炉外に排出することができる。

【0072】

また、交互供給法による窒化チタン膜の膜厚は、サイクル数を制御して、1～5nm程度に調整すると良い。このときに形成される窒化チタン膜は、表面が滑らか（スムーズ）であって且つ緻密な連続膜となる。

30

【0073】

また、交互供給法により窒化チタン膜を形成した後、この窒化チタン膜に対して、不活性ガスであるアルゴン（Ar）やヘリウム（He）等を用いてアニール又はプラズマ処理を行なっても良い。

【0074】

さらに、窒素原子を含むガスとして、N₂、NH₃もしくはモノメチルヒドラジン（CH₆N₂）等を用いて窒化チタン膜をアニール又はプラズマ処理しても良い。

【0075】

さらに、水素原子を含むガスとして、H₂等を用いて窒化チタン膜をアニール又はプラズマ処理しても良い。

40

【0076】

本発明によれば、例えば基板温度450にて、表面がスムーズで緻密な抵抗率の低い窒化チタン膜を、より高速で形成することができる。

【0077】

また、低温で高品質の薄膜を形成することが可能となるため、サーマルバジェットの低減が可能となる。

【0078】

さらに、交互供給法で形成される膜を、例えば窒化チタン膜と窒化アルミニウム膜のよ

50

うに組成の異なるラミネート上の極薄膜積層膜と、ラミネート膜のうちの少なくとも一つの構成膜と同一の組成を持つ薄膜の、両者から成る積層膜を良質かつ高い生産性で提供することが可能となる。

【0079】

また、実施例として TiCl₄及びNH₃を用いた窒化チタン膜の形成について説明したが、これに限らず、SiO_x膜をはじめとする、他の膜種であっても適用可能である。

【0080】

[本発明の好ましい態様]

以下に、本発明の好ましい態様について付記する。

【0081】

10

(付記1)

本発明の一態様によれば、

内部で所定の原料ガスを反応させて複数の基板を処理する処理室を形成する反応管であつて、

前記反応管は、円筒状に形成されて上端が閉塞し、下端が開口しているアウターチューブと、

前記アウターチューブの内部に設けられ、前記所定の原料ガスを排気する排気スリットを前記複数の基板が配列された基板配列領域と基板配列領域よりも下方の領域のそれぞれに少なくとも1つ設けたインナーチューブと、

を有する反応管が提供される。

20

【0082】

(付記2)

本発明の他の態様によれば、

複数の基板を処理する処理室を形成し、円筒状に形成されて上端が閉塞し下端が開口しているアウターチューブと、前記アウターチューブの内部に設けられ、前記所定の原料ガスを排気する排気スリットを前記複数の基板が配列された基板配列領域と基板配列領域よりも下方の領域のそれぞれに少なくとも1つ設けたインナーチューブで構成される反応管と、

前記反応管内に処理ガスを供給する処理ガス供給部と、

前記処理ガスを排気するガス排気部と、

30

を有する基板処理装置が提供される。

【0083】

(付記3)

本発明の他の態様によれば、

複数の基板を処理する処理室を形成し、円筒状に形成されて上端が閉塞し下端が開口しているアウターチューブと、前記アウターチューブの内部に設けられ、前記所定の原料ガスを排気する排気スリットを前記複数の基板が配列された基板配列領域と基板配列領域よりも下方の領域のそれぞれに少なくとも1つ設けたインナーチューブで構成される反応管に複数の基板を搬送する工程と、

前記反応管内に所定の処理ガスを供給して前記複数の基板を処理する工程と、

40

前記所定の処理ガスを前記インナーチューブに設けられた前記排気スリットを介して排気する工程と、

を有する半導体装置の製造方法が提供される。

【0084】

(付記4)

本発明の他の態様によれば、

複数の基板を処理する処理室を形成し、円筒状に形成されて上端が閉塞し下端が開口しているアウターチューブと、前記アウターチューブの内部に設けられ、前記所定の原料ガスを排気する排気スリットを前記複数の基板が配列された基板配列領域と基板配列領域よりも下方の領域のそれぞれに少なくとも1つ設けたインナーチューブで構成される反応管に

50

複数の基板を搬送する工程と、
前記反応管内に所定の処理ガスを供給して前記複数の基板を処理する工程と、
前記所定の処理ガスを前記インナーチューブに設けられた前記排気スリットを介して排気
する工程と、
を有する基板処理方法が提供される。

【0085】

(付記5)

前記基板配列領域に設けられた排気スリットと、前記基板配列領域よりも下方の領域に
設けられた排気スリットはそれぞれ離間して設けられる付記1～4に記載の反応管、基板
処理装置、半導体装置の製造方法、基板処理方法が提供される。

10

【0086】

(付記6)

前記基板配列領域に設けられた排気スリットは、開口中心角が60度～90度である付
記1～5に記載の反応管、基板処理装置、半導体装置の製造方法、基板処理方法が提供さ
れる。

【0087】

(付記7)

前記基板配列領域よりも下方の領域に設けられた排気スリットは、前記基板配列領域に
設けられた排気スリットよりも開口面積が小さくなるように設けられる付記1～6に記載
の反応管、基板処理装置、半導体装置の製造方法、基板処理方法が提供される。

20

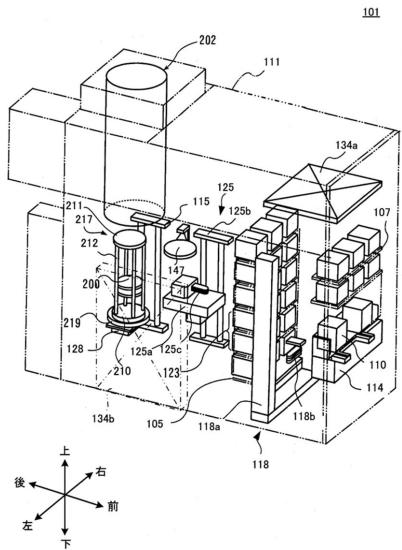
【符号の説明】

【0088】

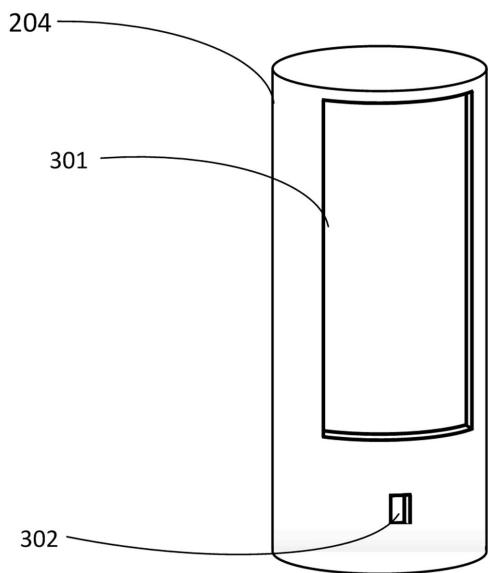
- 101 基板処理装置
- 200 ウエハ
- 201 処理室
- 202 処理炉
- 203 反応管
- 204 インナーチューブ
- 205 アウターチューブ
- 206 ヒータ
- 217 ポート
- 218 ポート支持台
- 231 排気管
- 242 パルプ
- 246 真空ポンプ
- 254 ポート回転機構
- 240 コントローラ
- 301 第一のスリット
- 302 第二のスリット

30

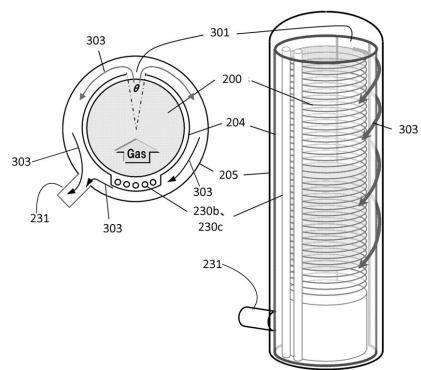
【図1】



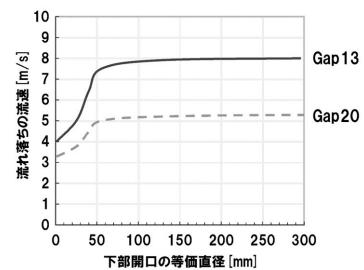
【図5】



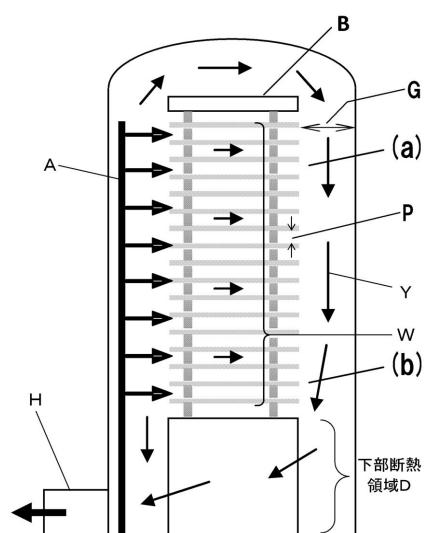
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 福田 正直
富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社日立国際電気内

審査官 山田 賴通

(56)参考文献 特開2008-258207(JP, A)
特開平02-001116(JP, A)
米国特許出願公開第2012/0190215(US, A1)
特開2007-158358(JP, A)
特開2012-004409(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 16/00 - 16/56
H01L 21/285
H01L 21/31