# 明　細　書

## 発明の名称 ：

# 基板処理装置、半導体装置の製造方法、プログラム、記録媒体および排ガス処理システム

## 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、プログラム、記録媒体および排ガス処理システムに関する。

## 背景技術

[0002]　半導体装置の製造工程の一工程で用いられる基板処理装置では、除害装置を用いて、基板処理装置で使われた処理ガスに対して除害処理が行われている。例えば、特許文献１、特許文献２参照。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１０－０７３７７２号公報

特許文献2：特開２００９－８８３０８号公報

## 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0004]　上述したように除害装置が何らかの原因により、停止した場合には、処理ガスを別の手段で無害化する必要がある。

[0005]　本開示は、除害装置が停止した場合においても、処理ガスを無害化することが可能な技術を提供する。

## 課題を解決するための手段

[0006]　本開示の一態様によれば、例えば、基板を収容する反応管と、反応管内に処理ガスを供給する処理ガス供給部と、反応管内の処理ガスを排気する排気部と、排気部に接続され、排気された処理ガスを処理する排ガス処理室と、反応管内に第１の不活性ガスを供給する不活性ガス供給源に接続され、排ガ

ス処理室に第１の不活性ガスを供給する第１不活性ガス供給部と、排ガス処理室に第２の不活性ガスを供給する第２不活性ガス供給部と、排ガス処理室内のガスを排気する排気管と、排ガス処理室で処理ガスを処理している間は、第１不活性ガス供給部から排ガス処理室に第１の不活性ガスを供給し、排ガス処理室の処理が停止した時は第２不活性ガス供給部から排ガス処理室に第２の不活性ガスを供給する様に第１不活性ガス供給部と第２不活性ガス供給部とを制御可能に構成された制御部と、を有する技術が提供される。

## 発明の効果

[0007] 本開示によれば、除害装置が停止した場合においても、処理ガスを無害化させることが可能となる。

## 図面の簡単な説明

[0008] [図1]本開示の一実施形態における基板処理装置の縦型処理炉の概略を示す縦断面図である。

[図2]図１におけるＡ－Ａ線概略横断面図である。

[図3]基板処理装置と排ガス処理システムの概略を示す図である。

[図4]基板処理装置のコントローラの概略構成図であり、コントローラの制御系をブロック図で示す図である。

[図5]基板処理工程を示すフロー図である。

[図6]ガス供給のタイミングを示す図である。

[図7]排ガス処理工程を示すフロー図である。

## 発明を実施するための形態

[0009] ＜本開示の一実施形態＞

以下に本開示の一実施形態について説明する。

[0010] （１）基板処理装置の構成

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。

[0011] ヒータ２０７の内側には、ヒータ２０７と同心円状に反応管としての反応容器（処理容器）を構成するアウタチューブ２０３が配設されている。アウタチューブ２０３は、例えば石英（$SiO_2$）、炭化シリコン（ＳｉＣ）などの耐熱性材料等で構成され、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。アウタチューブ２０３の下方には、アウタチューブ２０３と同心円状に、マニホールド（インレットフランジ）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）などの金属材料で構成され、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の上端部と、アウタチューブ２０３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がヒータベースに支持されることにより、アウタチューブ２０３は垂直に据え付けられた状態となる。

[0012] アウタチューブ２０３の内側には、反応管としての反応容器を構成するインナチューブ２０４が配設されている。インナチューブ２０４は、例えば石英（$SiO_2$）、炭化シリコン（ＳｉＣ）などの耐熱性材料で構成され、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。主に、アウタチューブ２０３と、インナチューブ２０４と、マニホールド２０９とにより反応管としての処理容器（反応容器）が構成されている。処理容器の筒中空部（インナチューブ２０４の内側）には処理室２０１が形成されている。

[0013] 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。

[0014] 処理室２０１内には、ノズル４１０，４２０，４３０がマニホールド２０９の側壁及びインナチューブ２０４を貫通するように設けられている。ノズル４１０，４２０，４３０には、ガス供給管３１０，３２０，３３０が、それぞれ接続されている。ただし、本実施形態の処理炉２０２は上述の形態に限定されない。

[0015] ガス供給管３１０，３２０，３３０には上流側から順に流量制御器（流量

制御部）であるマスフローコントローラ（ＭＦＣ）３１２，３２２，３３２がそれぞれ設けられている。また、ガス供給管３１０，３２０，３３０には、開閉弁であるバルブ３１４，３２４，３３４がそれぞれ設けられている。ガス供給管３１０，３２０，３３０のバルブ３１４，３２４，３３４の下流側には、不活性ガスを供給するガス供給管５１０，５２０，５３０がそれぞれ接続されている。ガス供給管５１０，５２０，５３０には、上流側から順に、流量制御器（流量制御部）であるＭＦＣ５１２，５２２，５３２及び開閉弁であるバルブ５１４，５２４，５３４がそれぞれ設けられている。

[0016] ガス供給管３１０，３２０，３３０の先端部にはノズル４１０，４２０，４３０がそれぞれ連結接続されている。ノズル４１０，４２０，４３０は、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の側壁及びインナチューブ２０４を貫通するように設けられている。ノズル４１０，４２０，４３０の垂直部は、インナチューブ２０４の径方向外向きに突出し、かつ鉛直方向に延在するように形成されているチャンネル形状（溝形状）の予備室２０１ａの内部に設けられており、予備室２０１ａ内にてインナチューブ２０４の内壁に沿って上方（ウエハ２００の配列方向上方）に向かって設けられている。

[0017] ノズル４１０，４２０，４３０は、処理室２０１の下部領域から処理室２０１の上部領域まで延在するように設けられており、ウエハ２００と対向する位置にそれぞれ複数のガス供給孔４１０ａ，４２０ａ，４３０ａが設けられている。これにより、ノズル４１０，４２０，４３０のガス供給孔４１０ａ，４２０ａ，４３０ａからそれぞれウエハ２００に処理ガスを供給する。このガス供給孔４１０ａ，４２０ａ，４３０ａは、インナチューブ２０４の下部から上部にわたって複数設けられ、それぞれ同一の開口面積を有し、さらに同一の開口ピッチで設けられている。ただし、ガス供給孔４１０ａ，４２０ａ，４３０ａは上述の形態に限定されない。例えば、インナチューブ２０４の下部から上部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４１０ａ，４２０ａ，４３０ａ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。

[0018] ノズル４１０，４２０，４３０のガス供給孔４１０ａ，４２０ａ，４３０ａは、後述するボート２１７の下部から上部までの高さの位置に複数設けられている。そのため、ノズル４１０，４２０，４３０のガス供給孔４１０ａ，４２０ａ，４３０ａから処理室２０１内に供給された処理ガスは、ボート２１７の下部から上部までに収容されたウエハ２００の全域に供給される。ノズル４１０，４２０，４３０は、処理室２０１の下部領域から上部領域まで延在するように設けられていればよいが、ボート２１７の天井付近まで延在するように設けられていることが好ましい。

[0019] ガス供給管３１０からは、処理ガスとして、金属元素を含む原料ガス（金属含有ガス）が、ＭＦＣ３１２、バルブ３１４、ノズル４１０を介して処理室２０１内に供給される。原料としては、例えば金属元素としてのタングステン（W）を含み、ハロゲン系原料（ハロゲン化物、ハロゲン系タングステン原料）としてのフッ化タングステン（$WF_6$）が用いられる。

[0020] ガス供給管３２０からは、処理ガスとして、還元ガスが、ＭＦＣ３２２、バルブ３２４、ノズル４２０を介して処理室２０１内に供給される。還元ガスとしては、例えば、水素（Ｈ）を含むガスや、シリコン（Ｓｉ）及び水素を含み、ハロゲンを含まないガスを用いることができる。例えば水素（$H_2$）ガス、モノシラン（$SiH_4$）ガス、ジシラン（$Si_2H_6$）ガス等のシラン系ガス、等を用いることができる。これらのガスは還元剤として作用する。また、これらのガスは、可燃性の性質を有し、可燃性ガスとも呼ぶ。

[0021] ガス供給管３３０からは、処理ガスとして、原料ガスと反応する反応ガスが、ＭＦＣ３３２、バルブ３３４、ノズル４３０を介して処理室２０１内に供給可能に構成される。反応ガスとしては、例えば窒素（Ｎ）を含むＮ含有ガスとしての例えばアンモニア（$NH_3$）ガスを用いることができる。

[0022] ガス供給管５１０，５２０，５３０からは、不活性ガスとして、例えば窒素（$N_2$）ガスが、それぞれＭＦＣ５１２，５２２，５３２、バルブ５１４，５２４，５３４、ノズル４１０，４２０，４３０を介して処理室２０１内に

供給される。以下、不活性ガスとして$N_2$ガスを用いる例について説明するが、不活性ガスとしては、$N_2$ガス以外に、例えば、アルゴン（Ａｒ）ガス、ヘリウム（Ｈｅ）ガス、ネオン（Ｎｅ）ガス、キセノン（Ｘｅ）ガス等の希ガスを用いてもよい。

[0023] 主に、ガス供給管３１０，３２０、ＭＦＣ３１２，３２２、バルブ３１４，３２４、ノズル４１０，４２０により処理ガス供給部（処理ガス供給系とも呼ぶ）が構成されるが、ノズル４１０，４２０のみを処理ガス供給系と考えてもよい。処理ガス供給系は単にガス供給系と称してもよい。ガス供給管３１０から原料ガスを流す場合、主に、ガス供給管３１０、ＭＦＣ３１２、バルブ３１４により原料ガス供給系が構成されるが、ノズル４１０を原料ガス供給系に含めて考えてもよい。また、ガス供給管３２０から還元ガスを流す場合、主に、ガス供給管３２０、ＭＦＣ３２２、バルブ３２４により還元ガス供給系が構成されるが、ノズル４２０を還元ガス供給系に含めて考えてもよい。また、主に、ガス供給管５１０，５２０、ＭＦＣ５１２，５２２、バルブ５１４，５２４により不活性ガス供給系が構成される。なお、ガス供給管３３０、ＭＦＣ３３２、バルブ３３４を処理ガス供給系に含めて考えても良い。成膜に必要なガス種分だけ、ガス供給管、ＭＦＣ、バルブを適宜追加すれば良い。ガス供給管３３０から反応ガスを流す場合、主に、ガス供給管３３０、ＭＦＣ３３２、バルブ３３４により反応ガス供給系が構成されるが、ノズル４３０を反応ガス供給系に含めて考えてもよい。ガス供給管３３０から反応ガスとして窒素含有ガスを供給する場合、反応ガス供給系を窒素含有ガス供給系と称することもできる。なお、ガス供給管５３０、ＭＦＣ５３２、バルブ５３４を不活性ガス供給系に加えても良い。なお、本開示における処理ガス供給部は、反応ガス（還元ガス）を供給する構成のみで構成しても良い。具体的には、ノズル４２０で構成しても良いし、ノズル４２０にガスを供給する構成（還元ガス供給系）を含めて構成しても良い。

[0024] 本実施形態におけるガス供給の方法は、インナチューブ２０４の内壁と、複数枚のウエハ２００の端部とで定義される円環状の縦長の空間内の予備室

２０１ａ内に配置したノズル４１０，４２０を経由してガスを搬送している。そして、ノズル４１０，４２０のウエハと対向する位置に設けられた複数のガス供給孔４１０ａ，４２０ａからインナチューブ２０４内にガスを噴出させている。より詳細には、ノズル４１０のガス供給孔４１０ａ、ノズル４２０のガス供給孔４２０ａにより、ウエハ２００の表面と平行方向に向かって原料ガス等を噴出させている。

[0025] 排気孔（排気口）２０４ａは、インナチューブ２０４の側壁であってノズル４１０，４２０に対向した位置に形成された貫通孔であり、例えば、鉛直方向に細長く開設されたスリット状の貫通孔である。ノズル４１０，４２０のガス供給孔４１０ａ，４２０ａから処理室２０１内に供給され、ウエハ２００の表面上を流れたガスは、排気孔２０４ａを介してインナチューブ２０４とアウタチューブ２０３との間に形成された隙間で構成される排気路２０６内に流れる。そして、排気路２０６内へと流れたガスは、排気管２３１内に流れ、処理炉２０２外へと排出される。

[0026] 排気孔２０４ａは、複数のウエハ２００と対向する位置に設けられており、ガス供給孔４１０ａ，４２０ａから処理室２０１内のウエハ２００の近傍に供給されたガスは、水平方向に向かって流れた後、排気孔２０４ａを介して排気路２０６内へと流れる。排気孔２０４ａはスリット状の貫通孔として構成される場合に限らず、複数個の孔により構成されていてもよい。

[0027] マニホールド２０９には、処理室２０１内の雰囲気を排気する排気管２３１が設けられている。排気管２３１には、上流側から順に、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、真空排気装置としての真空ポンプ２４６が接続されている。ＡＰＣバルブ２４３は、真空ポンプ２４６を作動させた状態で弁を開閉することで、処理室２０１内の真空排気及び真空排気停止を行うことができ、更に、真空ポンプ２４６を作動させた状態で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。主に、排気孔２０４ａ、排気路２０６、排気管２３１、ＡＰＣバルブ２４３及び圧力センサ２４５により、排気部（排気系とも

呼ぶ）が構成される。真空ポンプ２４６を排気系に含めて考えてもよい。

[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は、マニホールド２０９の下端に鉛直方向下側から当接されるように構成されている。シールキャップ２１９は、例えばＳＵＳ等の金属材料で構成され、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の下端と当接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における処理室２０１の反対側には、ウエハ２００を収容するボート２１７を回転させる回転機構２６７が設置されている。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に接続されている。回転機構２６７は、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、アウタチューブ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によって鉛直方向に昇降されるように構成されている。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内外に搬入及び搬出することが可能なように構成されている。ボートエレベータ１１５は、ボート２１７及びボート２１７に収容されたウエハ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。

[0029] 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鉛直方向に間隔を空けて配列させるように構成されている。ボート２１７は、例えば石英やＳｉＣ等の耐熱性材料で構成される。ボート２１７の下部には、例えば石英やＳｉＣ等の耐熱性材料で構成される断熱板２１８が水平姿勢で多段（図示せず）に支持されている。この構成により、ヒータ２０７からの熱がシールキャップ２１９側に伝わりにくくなっている。ただし、本実施形態は上述の形態に限定されない。例えば、ボート２１７の下部に断熱板２１８を設けずに、石英やＳｉＣ等の耐熱性材料で構成される筒状の部材として構成され

た断熱筒を設けてもよい。

[0030] 図２に示すように、インナチューブ２０４内には温度検出器としての温度センサ２６３が設置されており、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への通電量を調整することで、処理室２０１内の温度が所望の温度分布となるように構成されている。温度センサ２６３は、ノズル４１０，４２０及び４３０と同様にＬ字型に構成されており、インナチューブ２０４の内壁に沿って設けられている。

[0031] 図３に示す様に、基板処理装置１０の排気部に接続された真空ポンプ２４６の下流側には、排ガス処理室６０１を含む排ガス処理システム６００が接続される。真空ポンプ２４６と排ガス処理室６０１は、排気管６０３により接続される。排気管６０３には、上流側（真空ポンプ側）から第１のバルブとしてのバルブ６０４が設けられている。なお、バルブ６０４の上流側には、設備排気系統に排気ガスをバイパス排気させるバイパス排気管６０５が接続されている。バイパス排気管６０５には、第２のバルブとしてのバルブ６０６が設けられる。なお、バルブ６０４とバルブ６０６は、別々のバルブでは無く、同一のバルブ、即ち三方弁６０７により構成しても良い。基板処理装置１０の排気ガスは、真空ポンプ２４６、バルブ６０４、排気管６０３を介して、排ガス処理室６０１に供給（排気）される様に構成される。

[0032] なお、排ガス処理室６０１には、複数の基板処理装置１０の排気ガスが供給可能に構成されていることが有る。複数の基板処理装置１０を有する場合、図３の点線に示す様に、排気管６０３、バルブ６０４，６０６、バイパス排気管６０５、等を基板処理装置１０の台数分増やせば良い。

[0033] ＜排ガス処理システム＞

排ガス処理システムは、少なくとも排ガス処理室６０１が設けられている。排ガス処理室６０１には、排ガス処理室６０１に供給される排ガスを無害化する処理部６０１ａと処理部６０１ａの動作を検出する検出部６０１ｂが設けられている。また、検出部６０１ｂは、検出したデータ（測定値）を排ガスコントローラ６０１ｃ又は、後述のコントローラ１２１に送信可能に構

成されている。ここで、処理部６０１ａは、排ガス処理室６０１内に、炎又はプラズマを発生させる電極又は、加熱源で構成される。検出部６０１ｂは、炎センサ、光センサ、マッチングボックス、等で構成され、排ガス処理室６０１内での処理が行われているか否かを検出可能に構成されている。具体的には、炎やプラズマが発生しているか否かを光や、電極に引火される電力等を測定可能に構成される。

[0034] 排ガス処理室６０１には、第１の不活性ガスとしての窒素（$N_2$）ガスを供給する第１不活性ガス供給源６０８と、第２の不活性ガスとしての窒素（$N_2$）ガスを供給する第２不活性ガス供給源６０９から、それぞれ不活性ガスとしての$N_2$ガスが供給可能に構成される。ここで、第１不活性ガス供給源６０８は、半導体装置の製造工場の設備に設けられる$N_2$ガスラインを意味し、第２不活性ガス供給源６０９は、基板処理装置１０と排ガス処理システム６００のいずれか又は両方に設けられる、$N_2$ガスボンベまたは、$N_2$ガスを貯留可能なタンクを意味する。第１不活性ガス供給源６０８と排ガス処理室６０１とは、ガス供給管６０８ａで接続される。ガス供給管６０８ａには、上流側からＭＦＣ６０８ｂとバルブ６０８ｃが設けられる。ここで、第１不活性ガス供給部は、ガス供給管６０８ａ、ＭＦＣ６０８ｂ、バルブ６０８ｃで構成される。第２不活性ガス供給源６０９と排ガス処理室６０１とは、ガス供給管６０９ａで接続される。ガス供給管６０９ａには、上流側から流量調整部６０９ｂとバルブ６０９ｃが設けられる。流量調整部６０９ｂは、ＭＦＣ、ニードルバルブ、オリフィス、のいずれかで構成される。好ましくは、ニードルバルブ、オリフィスのいずれかで構成され、更に好ましくは、オリフィスで構成される。ニードルバルブや、オリフィス、等の流量調整手段は、電力や圧縮空気を用いずに流量調整できるため、何等かの原因で、電力や圧縮空気を供給できなくなったとしても排ガス処理室に不活性ガスを供給することが可能となる。ここで、第２不活性ガス供給部は、ガス供給管６０９ａ、流量調整部６０９ｂ、バルブ６０９ｃで構成される。

[0035] なお、第２不活性ガス供給源６０９を、不活性ガスを貯留可能なタンクで

構成する場合、図３の点線で示す様に、第１不活性ガス供給源６０８と、第２不活性ガス供給源６０９とをガス供給管６０９ｄで接続し、ガス供給管６０９ｄにバルブ６０９ｅを設けて、第１不活性ガス供給源６０８から、第２不活性ガス供給源６０９に不活性ガスを供給可能に構成しても良い。この場合、第２不活性ガス供給源６０９への不活性ガスの貯留は、例えば、基板処理装置１０での処理前に行われる。

[0036] また、排ガス処理室６０１には、排ガス処理を促進させる効果のある、添加ガスが供給可能に構成される。ここで、添加ガスとは、燃焼やプラズマの発生を促進させるガスである。燃焼を促進させるガスとしては、例えば、プロパン（$C_3H_8$）ガス、水素（$H_2$）ガス、酸素（$O_2$）ガス、ドライエア、等の少なくともいずれかが用いられる。主に、プロパンガスが用いられる。好ましくは、還元ガスとは異なる種類のガスが用いられる。プラズマの生成を促進させるガスとしては、アルゴン（Ａｒ）ガス、ヘリウム（Ｈｅ）ガス、ネオン（Ｎｅ）ガス、等の希ガスがある。添加ガスは、添加ガス源６１０からガス供給管６１０ａを介して、排ガス処理室６０１に供給される。ガス供給管６１０ａには、上流側からＭＦＣ６１０ｂ、バルブ６１０ｃが設けられている。

[0037] 排ガス処理室６０１には、排ガス処理室６０１で処理された排ガスを排気する排気管６１１が接続され、半導体装置の製造工場の排気設備に排気可能に構成される。排気管６１１には、バルブ６１２が設けられている。

[0038] 排ガス処理システム６００は、少なくとも排ガス処理室６０１、排気管６０３，６１１、バイパス排気管６０５、バルブ６０４，６０６，６０８ｃ，６０９ｃ，６１２で構成される。上述のその他の構成を排ガス処理システム６００に加えても良い。

[0039] 図４に示すように、制御部（制御手段）であるコントローラ１２１は、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。

ＲＡＭ１２１ｂ、記憶装置１２１ｃ、Ｉ／Ｏポート１２１ｄは、内部バスを介して、ＣＰＵ１２１ａ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データを入出力する入出力装置１２２が接続されている。

[0040] 記憶装置１２１ｃ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１２１ｃ内には、基板処理装置の動作を制御する制御プログラム、後述する半導体装置の製造方法の手順や条件などが記載されたプロセスレシピなどが、読み出し可能に格納されている。プロセスレシピは、後述する半導体装置の製造方法における各工程（各ステップ）をコントローラ１２１に実行させ、所定の結果を得ることができるように組み合わされたものであり、プログラムとして機能する。以下、このプロセスレシピ、制御プログラム等を総称して、単に、プログラムともいう。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、プロセスレシピ及び制御プログラムの組み合わせを含む場合がある。ＲＡＭ１２１ｂは、ＣＰＵ１２１ａ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。

[0041] Ｉ／Ｏポート１２１ｄは、上述のＭＦＣ３１２，３２２，３３２，５１２，５２２，５３２、バルブ３１４，３２４，３３４，５１４，５２４，５３４、圧力センサ２４５、ＡＰＣバルブ２４３、真空ポンプ２４６、ヒータ２０７、温度センサ２６３、回転機構２６７、ボートエレベータ１１５、排ガス処理システム６００等に接続可能に構成されている。また、排ガス処理システム６００は、排ガスコントローラ６０１ｃに接続可能に構成されている。

[0042] ＣＰＵ１２１ａは、記憶装置１２１ｃ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１２２からの操作コマンドの入力等に応じて記憶装置１２１ｃからレシピ等を読み出すように構成されている。ＣＰＵ１２１ａは、読み出したレシピの内容に沿うように、ＭＦＣ３１２，３２２，３３

２，５１２，５２２，５３２による各種ガスの流量調整動作、バルブ３１４，３２４，３３４，５１４，５２４，５３４の開閉動作、ＡＰＣバルブ２４３の開閉動作及びＡＰＣバルブ２４３による圧力センサ２４５に基づく圧力調整動作、温度センサ２６３に基づくヒータ２０７の温度調整動作、真空ポンプ２４６の起動及び停止、回転機構２６７によるボート２１７の回転及び回転速度調節動作、ボートエレベータ１１５によるボート２１７の昇降動作、ボート２１７へのウエハ２００の収容動作等を制御するように構成されている。また、ＣＰＵ１２１ａ又は排ガスコントローラ６０１ｃは、排ガス処理システム６００における処理部６０１ａによる処理動作、検出部６０１ｂによる検出動作、検出部６０１ｂによる検出に基づくＭＦＣ６０８ｂ，６１０ｂ、流量調整部６０９ｂによる各種ガスの流量調整動作、バルブ６０４，６０５，６０８ｃ，６０９ｃ，６１０ｃ，６１２の開閉動作等を制御するように構成されている。

[0043] コントローラ１２１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）１２３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。記憶装置１２１ｃや外部記憶装置１２３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は、記憶装置１２１ｃ単体のみを含む場合、外部記憶装置１２３単体のみを含む場合、または、その両方を含む場合がある。コンピュータへのプログラムの提供は、外部記憶装置１２３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。

[0044] （２）基板処理工程（成膜工程）

半導体装置（デバイス）の製造工程の一工程として、ウエハ２００上に、例えばゲート電極を構成する金属膜を形成する工程の一例について、図５を用いて説明する。金属膜を形成する工程は、上述した基板処理装置１０の処

理炉２０２を用いて実行される。以下の説明において、基板処理装置１０を構成する各部の動作はコントローラ１２１により制御される。

[0045] 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」を意味する場合がある。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」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」を意味する場合がある。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。

[0046]（基板搬入工程Ｓ１００）

複数枚のウエハ２００がボート２１７に装填（ウエハチャージ）されると、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（ボートロード）される。この状態で、シールキャップ２１９はＯリング２２０を介してアウタチューブ２０３の下端開口を閉塞した状態となる。

[0047]（圧力調整および温度調整工程Ｓ２００）

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２４６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２４３がフィードバック制御される（圧力調整）。真空ポンプ２４６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。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。

[0048]［成膜工程Ｓ３００］

続いて、ウエハ２００上に、成膜工程Ｓ３００として、金属膜を形成する工程を実行する。金属膜は、W膜として説明する。成膜工程Ｓ３００について、図５と図６を用いて説明する。

[0049] （第１処理ガス供給工程Ｓ３０１）

先ず、第１処理ガス供給工程Ｓ３０１が行われる。バルブ３１４を開き、ガス供給管３１０内に第１処理ガスとしての原料ガスを供給する。ここで、原料ガスは、$WF_6$ガスである。$WF_6$ガスは、ＭＦＣ３１２により流量調整され、ノズル４１０のガス供給孔４１０ａから処理室２０１内に供給され、排気管２３１から排気される。このとき、ウエハ２００に対して$WF_6$ガスが供給される。このとき同時にバルブ５１４を開き、ガス供給管５１０内に$N_2$ガス等の不活性ガスを流す。ガス供給管５１０内を流れた$N_2$ガスは、ＭＦＣ５１２により流量調整され、$WF_6$ガスと一緒に処理室２０１内に供給され、排気管２３１から排気される。このとき、ノズル４２０，４３０内への$WF_6$ガスの進入を防止するために、バルブ５２４，５３４を開き、ガス供給管５２０，５３０内に$N_2$ガスを流す。$N_2$ガスは、ガス供給管３２０，３３０、ノズル４２０，４３０を介して処理室２０１内に供給され、排気管２３１から排気される。

[0050] このときＡＰＣバルブ２４３を調整して、処理室２０１内の圧力を、例えば１～３９９０Ｐａ、好ましくは５～２６６０Ｐａ、より好ましくは１０～１５００Ｐａの範囲内の圧力とする。ＭＦＣ３１２で制御する$WF_6$ガスの供給流量は、例えば０．０１～１０ｓｌｍ、好ましくは０．３～３ｓｌｍ、より好ましくは０．５～２ｓｌｍの範囲内の流量とする。ＭＦＣ５１２，５２２，５３２で制御する$N_2$ガスの供給流量は、それぞれ例えば０．０１～２０ｓｌｍ、好ましくは０．１～１０ｓｌｍ、より好ましくは０．１～１ｓｌｍの範囲内の流量とする。このときヒータ２０７の温度は、ウエハ２００の温度が、例えば２５０～６００℃の範囲内の温度となるような温度に設定する。

[0051] このとき処理室２０１内に流しているガスは$WF_6$ガスと$N_2$ガスのみであ

る。$WF_6$ガスの供給により、ウエハ２００（表面の下地膜）上にW含有層が形成される。W含有層は、フッ素（Ｆ）を含むW層であってもよいし、$WF_6$の吸着層であってもよいし、それらの両方を含んでいてもよい。

[0052]（残留ガス除去工程Ｓ３０２）

W含有層が形成された後、バルブ３１４を閉じ、$WF_6$ガスの供給を停止する。このとき、排気管２３１のＡＰＣバルブ２４３は開いたままとして、真空ポンプ２４６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もしくはW含有層形成に寄与した後の$WF_6$ガスを処理室２０１内から排除する。このときバルブ５１４，５２４，５３４は開いたままとして、$N_2$ガスの処理室２０１内への供給を維持する。$N_2$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もしくはW含有層形成に寄与した後の$WF_6$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。

[0053]（第２処理ガス供給工程Ｓ３０３）

次に、第２処理ガスとしての反応ガスを供給する工程が行われる。ここで、反応ガスは、$H_2$ガスである。なお、第２処理ガスは、通常、還元性や可燃性の特性を有するガスが用いられる。第２処理ガス供給工程Ｓ３０３では、バルブ３２４を開き、ガス供給管３２０内に還元ガスである$H_2$ガスを流す。$H_2$ガスは、ＭＦＣ３２２により流量調整され、ノズル４２０のガス供給孔４２０ａから処理室２０１内に供給され、排気管２３１から排気される。このとき、ウエハ２００に対して$H_2$ガスが供給されることとなる。このとき同時にバルブ５２４を開き、ガス供給管５２０内に$N_2$ガス等の不活性ガスを流す。ガス供給管５２０内を流れた$N_2$ガスは、ＭＦＣ５２２により流量調整され、$H_2$ガスと一緒に処理室２０１内に供給され、排気管２３１から排気される。なお、このとき、ノズル４１０，４３０内への$H_2$ガスの進入を防止するために、バルブ５１４，５３４を開き、ガス供給管５１０，５３０内に$N_2$ガスを流す。$N_2$ガスは、ガス供給管３１０，３３０、ノズル４１０，４３０を介して処理室２０１内に供給され、排気管２３１から排気される。

[0054] このときＡＰＣバルブ２４３を調整して、処理室２０１内の圧力を、例え

ば１～３９９０Ｐａの範囲内の圧力とする。ＭＦＣ３２２で制御する$H_2$ガスの供給流量は、例えば０．１～５０ｓｌｍの範囲内の流量とする。ＭＦＣ５１２，５２２，５３２で制御する$N_2$ガスの供給流量は、それぞれ例えば０．１～２０ｓｌｍの範囲内の流量とする。$H_2$ガスをウエハ２００に対して供給する時間は、例えば０．１～２０秒の範囲内の時間とする。このときヒータ２０７の温度は、ウエハ２００の温度が、例えば２００～６００℃の範囲内の温度となるような温度に設定する。処理室２０１内に流しているガスは$H_2$ガスと$N_2$ガスのみであり、$H_2$ガスの供給により、ウエハ２００（表面の下地膜）上に、例えば１原子層未満から数原子層程度の厚さの金属層としてのW層が形成される。

[0055] （残留ガス除去工程Ｓ３０４）

W層が形成された後、バルブ３２４を閉じ、$H_2$ガスの供給を停止する。そして、残留ガス除去工程Ｓ３０２と同様の処理手順により、処理室２０１内に残留する未反応もしくはW層形成に寄与した後の$H_2$ガスを処理室２０１内から排除する。

[0056] （判定工程Ｓ４００）

上記した第１処理ガス供給工程Ｓ３０１～残留ガス除去工程Ｓ３０４を順に行うサイクルを１回以上（所定回数（ｎ回））実行することにより、ウエハ２００上に、所定の厚さのW膜を形成する。この判定工程Ｓ４００では、所定回数がｎ回以上となっているか否かが判定される。ｎ回以上であれば、Ｙ（Ｙｅｓ）判定として、成膜工程Ｓ３００を終了させる。ｎ回未満であれば、Ｎ（Ｎｏ）判定とし、上述のサイクルを継続させる。なお、上述のサイクルは、複数回実行するのが好ましい。

[0057] なお、上述では、残留ガス除去工程Ｓ３０２，Ｓ３０４を実行する例について説明したが、残留ガス除去工程Ｓ３０２，Ｓ３０４を実行せずに、第１処理ガスと第２処理ガスを気相中で反応させるプロセスを行わせても良い。

[0058] （アフターパージおよび大気圧復帰工程Ｓ５００）

ガス供給管５１０，５２０，５３０のそれぞれから$N_2$ガスを処理室２０１

内へ供給し、排気管２３１から排気する。$N_2$ガスはパージガスとして作用し、これにより処理室２０１内が不活性ガスでパージされ、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内の雰囲気が不活性ガスに置換され（不活性ガス置換）、処理室２０１内の圧力が常圧に復帰される（大気圧復帰）。

[0059]（基板搬出工程Ｓ６００）

その後、ボートエレベータ１１５によりシールキャップ２１９が下降されて、インナチューブ２０４の下端が開口される。そして、処理済ウエハ２００がボート２１７に支持された状態でインナチューブ２０４の下端からインナチューブ２０４の外部に搬出（ボートアンロード）される。その後、処理済のウエハ２００は、ボート２１７より取り出される（ウエハディスチャージ）。

[0060] この様にして、基板処理工程が行われる。なお、この基板処理工程の内、少なくとも、可燃性ガスである$H_2$ガスを供給している間、次の排ガス処理工程Ｓ７００が行われる。

[0061]（排ガス処理工程Ｓ７００）

基板処理装置１０から排気された可燃性ガスとしての$H_2$ガスを含む排気ガスは、排気管６０３を通り、排ガス処理室６０１に供給される。排ガス処理室６０１では、処理部６０１ａにより、無害化される。

[0062]（無害化処理）

排ガス処理室６０１では、無害化処理が行われる。ここで無害化処理とは、燃焼、プラズマによる分解、加熱処理（加熱による熱分解）、他の元素との結合による安定化、希釈化、トラップ（吸着処理）、等の少なくともいずれかを意味する。燃焼処理や、プラズマが行われる際には、処理部６０１ａから、対象のガスにエネルギーが与えられる。他の元素との結合をさせる際には、活性なガスが排ガス処理室６０１に供給される。希釈処理の際には、ガス供給管６０８ａから、第１の不活性ガスが供給される。これらの処理によって無害化された排気ガスは、排ガス処理室６０１から、排気管６１１を

介して、半導体装置の製造工場の排気設備に排気される。

[0063] ここで、処理部６０１ａは、無害化処理の内容によって、構成が異なる。例えば、燃焼処理の場合は、着火源となる。プラズマによる分解処理の場合は、プラズマを発生させる電極で構成される。加熱による熱分解の場合は、発熱体（ヒータ）で構成される。

[0064] 本開示では、無害化処理として、$H_2$ガスを燃焼（酸素Ｏと反応）させて、水（$H_2O$）を生成して無害化させる処理について説明している。ここで、酸素は、添加ガスとして供給される。

[0065]（添加ガスの供給）

添加ガスの供給は、少なくとも上述の可燃性ガスが、反応管内であるインナチューブ２０４内に供給されている間継続される。ここでは、添加ガスとして、プロパン（$C_3H_8$）ガスが供給される。プロパンガスは、ＭＦＣ６１０ｂで流量調整され、バルブ６１０ｃを介して、排ガス処理室６０１に供給される。なお、プロパンガスの流量は、事前に設定された流量に調整しても良いし、上述の基板処理工程で、インナチューブ２０４内に供給される$H_2$ガスの流量に基づいて、燃焼に必要なプロパンガスの流量をＭＦＣ６１０ｂを用いて自動設定しても良い。また、更に、燃焼を促進させるために、酸素（$O_2$）ガスを添加しても良い。$O_2$ガスの流量は、例えば、水素と酸素の比率が、２：１となる様に、$O_2$ガスの流量を設定する。この設定は、コントローラ１２１のＣＰＵ１２１ａで演算され、コントローラ１２１から、ＭＦＣ６１０ｂに流量の設定データを送信可能に構成しても良い。また、コントローラ１２１から、排ガスコントローラ６０１ｃを介して、ＭＦＣ６１０ｂに流量の設定データを送信するように構成しても良い。なお、排ガス処理室６０１での処理において、添加ガスが用いられない場合は、添加ガスは供給されない。

[0066]（希釈ガス供給）

そして、排ガス処理室６０１内において無害化処理が行われている間であって、排気ガスを処理している間は、排ガス処理室６０１には、排気ガスを

希釈させる第１の不活性ガスが供給される。第１の不活性ガスは、第１不活性ガス供給源６０８から、ガス供給管６０８ａ、ＭＦＣ６０８ｂ、バルブ６０８ｃを介して排ガス処理室６０１に供給される。第１の不活性ガスは、ＭＦＣ６０８ｂによって、所定流量に調整されている。ここで、希釈ガスは、窒素（$N_2$）ガスや、アルゴン（Ａｒ）ガス、ヘリウム（Ｈｅ）ガス、ネオン（Ｎｅ）ガス、等の希ガス元素ガス、二酸化炭素（$CO_2$）ガス等の不燃性ガスが用いられる。なお、$N_2$ガスや希ガス等も不燃性ガスと言える。本開示では、主に$N_2$ガスを用いている例を記している。

[0067]（排ガス処理システムのエラー）

ところで、排ガス処理室６０１での無害化処理が、何らかの原因（エラー）により、停止する場合がある。これに備えて、エラー判定工程Ｓ７０１を実行可能に構成される。

[0068]（エラー判定工程Ｓ７０１）

エラー判定工程Ｓ７０１では、排ガスコントローラ６０１ｃと、コントローラ１２１のいずれか又は両方が、少なくとも排ガス処理室６０１での処理に異常が有るか否かを判定する。具体的には、排ガス処理室６０１に設けられた検出部６０１ｂが、排ガス処理室６０１内の燃焼が停止しているか否かを検出し、検出したデータ（電流値、電圧値、等）に基づき、排ガスコントローラ６０１ｃとコントローラ１２１のいずれか又は両方が、無害化処理が停止しているか否かを判定する。無害化処理が停止していない場合は、Ｎ（Ｎｏ）判定として、一定周期で、エラー判定工程Ｓ７０１を繰り返し実行させる。無害化処理が停止している場合、即ち、Ｙ（Ｙｅｓ）判定された後は、次の、排気ルート切替工程Ｓ７０２が行われる。

[0069]（排気ルート切替工程Ｓ７０２）

排気ルート切替工程Ｓ７０２では、基板処理装置１０から排出される排気ガスが排ガス処理室６０１に供給されない様に排気ルートの切替が行われる。具体的には、排ガスコントローラ６０１ｃまたはコントローラ１２１が、第１のバルブとしてのバルブ６０４を閉じ、第２のバルブとしてのバルブ６

０６を開き、基板処理装置１０からの排気ガスは、バイパス排気管６０５に排気される様にルート変更する。バイパス排気管６０５から先は、半導体装置の工場の排気設備に排気される。この様に排気ルートを切り替えることで、排ガス処理室６０１に新たな排気ガスが入り込むことを抑制し、排ガス処理室６０１内での排ガスの濃度上昇を抑制することが可能となる。

[0070] 排気ルート切替工程Ｓ７０２の後、排ガス処理室６０１内の排ガスの濃度を下げる（希釈化）ため、不活性ガスの供給が行われる。この際、第１不活性ガス供給部であるガス供給管６０８ａから大量の第１の不活性ガスが供給された場合、第１不活性ガス供給源６０８の圧力が低下する場合がある。

[0071] 第１の不活性ガスを供給する第１不活性ガス供給源６０８は、図３に示す様に、排ガス処理室６０１だけでなく、基板処理装置１０のインナチューブ２０４内にも不活性ガスを供給可能に構成されている。例えば、上述の、ガス供給管５１０，５２０，５３０等の不活性ガス供給源として接続されている場合がある。また、一台の基板処理装置１０だけで無く、複数台の基板処理装置１０に接続されている場合がある。このような場合には、第１不活性ガス供給源６０８の圧力が一時的に低下し、基板処理装置１０の処理に影響を与える可能性がある。この場合、基板処理装置１０での所定の処理が停止する課題が生じる。ここで、第１不活性ガス供給源６０８が、純窒素のラインであれば、基板処理装置１０で行われる基板への加熱処理や成膜処理に影響を与える可能性がある。第１不活性ガス供給源６０８が、工業用窒素のラインであれば、他の基板処理装置１０のインナチューブ２０４内のパージや、基板処理装置１０に設けられたウエハ２００の搬送空間（不図示）内のパージ等に影響を与える可能性がある。また、他の基板処理装置１０に接続された排ガス処理システム６００での希釈処理に影響を与える可能性がある。そのため、本開示では、コントローラ１２１又は排ガスコントローラ６０１ｃは、排ガス処理室６０１で排気ガスを処理している間は、第１不活性ガス供給部から排ガス処理室６０１に第１の不活性ガスを供給し、排ガス処理室６０１における処理が停止した時は、第２不活性ガス供給部から排ガス処理

室６０１に第２の不活性ガスを供給するように、第２不活性ガス供給工程Ｓ７０３を実行可能に構成している。

[0072]（第２不活性ガス供給工程Ｓ７０３）

第２不活性ガス供給工程Ｓ７０３について説明する。この工程では、バルブ６０９ｃが開き、第２不活性ガス供給源６０９から、ガス供給管６０９ａ、流量調整部６０９ｂ、バルブ６０９ｃを介して、排ガス処理室６０１に第２の不活性ガスが供給される。

[0073] 第２の不活性ガスは、少なくとも、排ガス処理室６０１内のガス濃度が所定の濃度よりも小さくなるまで供給される。好ましくは、第２不活性ガス供給源６０９からの排ガス処理室６０１への供給流量が、第２の不活性ガス供給流量が一度安定した後、変動するまで継続する。なお、第２不活性ガス供給源６０９内に貯留された第２の不活性ガスは使い切りで運用しても良い。

[0074] なお、第２の不活性ガスを供給している間は、第１の不活性ガスの供給は停止していても良い。また、第１の不活性ガスの流量を通常の無害化処理時の流量と同じ流量に維持して、第１の不活性ガスの供給に加えて第２の不活性ガスを供給するようにしても良い。また、第１の不活性ガスの流量を第２の不活性ガスの流量よりも小さくなるように流量変更しても良い。

[0075] この様にして第２不活性ガス供給工程Ｓ７０３が行われる。

[0076]（第２の不活性ガス流量設定）

ここで、流量調整部６０９ｂの流量設定（第２の不活性ガスの流量データ）は、事前に所定流量に設定されていても良いし、上述の成膜工程で用いられる$H_2$ガス流量を基に、第２の不活性ガスの流量データを算出して設定しても良い。また、上述の$H_2$ガス流量とガスの特性データに基づいて第２の不活性ガスの流量データを算出して設定しても良い。ここでガスの特性データとは、爆発濃度、分子量、ガス種類、等、の少なくともいずれかを含む。希釈対象のガスが、可燃性ガスや爆発性のガスである場合、爆発濃度よりも小さい濃度となる様に、不活性ガスの流量が算出される。例えば、「濃度Ｘ＝可燃性ガス流量／（可燃性ガス流量＋不活性ガス流量）」の式から、必要な不

活性ガス流量を算出することができる。ここで、式中の不活性ガス流量とは、第２の不活性ガスの流量、第１の不活性ガスの流量と第２の不活性ガスの流量の合計値のいずれかとなる。例えば、$H_2$ガスを５０ｓｌｍ供給している場合には、不活性ガス流量の下限は、１２００ｓｌｍとなる。$H_2$ガスを８０ｓｌｍ供給している場合には、不活性ガス流量の下限は、１９２０ｓｌｍとなる。ここで$H_2$ガスの爆発濃度は、４％としている。なお、爆発濃度、分子量、等のガスの特性データは、ガスの安全データシート（ＳＤＳ：Ｓａｆｅｔｙ　Ｄａｔａ　Ｓｈｅｅｔ）データから読み取り可能に構成されている。即ち、これらのデータは記憶装置１２１ｃに記録可能に構成されている。

[0077] 第２の不活性ガスの流量を調整する流量調整部６０９ｂは、マスフローコントローラ（ＭＦＣ）で構成されている場合には、上述の式で算出された第２の不活性ガスの流量データが、流量調整部６０９ｂの下限値として設定される。即ち、算出された不活性ガス流量のよりも小さい流量を設定することが不可に設定される。この設定は、コントローラ１２１のＣＰＵ１２１ａが実行する。また、算出された第２の不活性ガスの流量データを、流量調整部６０９ｂの下限値として設定すること無く、算出された第２の不活性ガスの流量データを入出力装置１２２に出力（報知）する様に構成しても良い。

[0078] また、流量調整部６０９ｂが、ニードルバルブやオリフィス、等で構成される場合、コントローラ１２１は、入出力装置１２２に、ニードルバルブの流量設定の変更や、算出された流量よりも大きい流量のオリフィスへの交換を促す様に、メッセージを報知可能に構成しても良い。この様に構成することで、流量調整部６０９ｂの流量設定作業が容易となる。

[0079] この流量設定は、少なくとも、第２不活性ガス供給工程Ｓ７０３の前に実行する。流量調整部６０９ｂがニードルバルブやオリフィス等の流量調整が容易に行うことができない構成の場合には、基板処理装置１０や排ガス処理システム６００の組み立て時に、ニードルバルブの調整や、対応する流量のオリフィスの取り付けが行われる。

[0080] なお、ここでは、第２不活性ガス供給工程Ｓ７０３で供給する不活性ガス

流量を制御する例について説明したが、流量制御せずに、不活性ガスを排ガス処理室６０１に供給しても良い。流量制御せずに、不活性ガスを供給することで、排ガス処理室６０１内のガス濃度を小さくする時間を短縮することが可能となる。但し、排ガス処理室６０１の後段に接続された半導体製造工場の排気設備（不図示）の負荷が増大する可能性や、排ガス処理システム６００の耐圧構造化が必要になる可能性がある。それ故、好ましくは、上述の様に流量調整して不活性ガスを排ガス処理室６０１に供給する。

[0081] また、ここでは、排ガス処理室６０１に第１不活性ガス供給部の一部であるバルブ６０８ｃと、第２不活性ガス供給部の一部であるバルブ６０９ｃと、それぞれ制御する例について説明したが、バルブ６０８ｃ，６０９ｃの代わりに排ガス処理室６０１と第１不活性ガス供給部と第２不活性ガス供給部とを接続する三方弁を設けてもよい。この場合、コントローラ１２１又は排ガスコントローラ６０１ｃは、排ガス処理室６０１の処理が停止したと判定したときに三方弁を制御可能に構成される。

[0082] （３）本実施形態による効果

本実施形態によれば、以下に示す１つまたは複数の効果を得ることができる。

（ａ）排ガス処理室内の可燃性ガスの濃度を減少させることができる。

（ｂ）排ガス処理室での無害化処理が停止した場合も、可燃性ガスの濃度を減少させることができる。

（ｃ）第２不活性ガス供給源を用いることにより、第１不活性ガス供給源の圧力低下を抑制することが可能となる。

（ｄ）成膜処理で用いるガス流量に基づいて、第２の不活性ガスの流量を算出することで、基板処理装置の作業者（オペレーター）や排ガス処理システムの作業者の作業ミスを低減することがでできる。

（ｅ）成膜処理で用いるガス流量とガスの特性データに基づいて、第２の不活性ガスの流量を算出することで、基板処理装置の作業者（オペレーター）や排ガス処理システムの作業者の作業ミスを低減することがでできる。

（ｆ）算出した第２の不活性ガス流量を下限値として設定することで、基板処理装置の作業者（オペレーター）や排ガス処理システムの作業者の作業ミスを低減することがでできる。

（ｇ）算出した第２の不活性ガス流量を報知することで、基板処理装置の作業者（オペレーター）や排ガス処理システムの作業者の作業ミスを低減することがでできる。

[0083] 以上、本開示の実施形態を具体的に説明した。しかしながら、本開示は、上述の実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。

[0084] 例えば、上述では、W膜を形成する工程で、還元性ガス（可燃性ガス）として、$H_2$ガスを用いた例を示したが、本開示は、これに限定されるものでは無く、モノシラン（$SiH_4$）ガス、ジシラン（$Si_2H_6$）ガス、等のシラン系ガスを用いても良い。これらのガスも可燃性であるため、上述の様な無害化処理が必要となる。$SiH_4$ガスを２ｓｌｍ供給している場合、第２の不活性ガス流量は、１４４ｓｌｍが下限となる。$Si_2H_6$ガスを２ｓｌｍ供給している場合、第２の不活性ガス流量は、３９８ｓｌｍが下限となる。爆発濃度の下限は、それぞれ、$SiH_4$ガスが１．３７％、$Si_2H_6$ガスが０．５％である。

[0085] また、上述では、W膜を形成する工程を記したが、本開示は、これに限定されるものでは無く、窒化チタン（ＴｉＮ）膜を形成する工程でも良い。ＴｉＮ膜を形成する工程において、$TiCl_4$ガスと$SiH_4$ガスと、$NH_3$ガスを用いることがある。これらのガスの少なくとも$SiH_4$ガスの供給時に、上述の無害化処理が行われても良い。

[0086] また、本開示はこれらの膜を形成する工程に限定されず、例えば、Ｍｏ膜を形成する工程にも適用することができる。Ｍｏ膜の形成工程では、$MoO_2Cl_2$、$MoOCl_4$、等のいずれかのＭｏ含有ガスと、$H_2$、$SiH_4$、$Si_2H_6$等のいずれかの還元ガスが用いられる。

[0087] また、本開示は、これらの様な遷移金属膜を形成する工程に限定されず、

たとえば、Ｓｉ膜を形成する工程にも適用することができる。Ｓｉ膜の形成は、上述のシラン系ガスを用いて行われる。

[0088] この様に、W膜を形成する処理に限らず、可燃性ガスを用いる処理に適用することが可能である。

[0089] また、可燃性ガスを用いる処理や、使用したガス濃度を下げて排出する必要のある処理にも適用することが可能である。

[0090] また、本開示は、アウタチューブ２０３とインナチューブ２０４により構成される二重の反応管に適用した場合について説明したが、これに限らず、一重の反応管にも適用することが可能である。

[0091] 以上、本開示の種々の典型的な実施形態を説明してきたが、本開示はそれらの実施形態に限定されず、適宜組み合わせて用いることもできる。

## 符号の説明

[0092] １０・・・基板処理装置、１２１・・・コントローラ、２００・・・ウエハ（基板）、２０１・・・処理室

# 請求の範囲

[請求項1] 基板を収容する反応管と、

前記反応管内に処理ガスを供給する処理ガス供給部と、

前記反応管内の前記処理ガスを排気する排気部と、

前記排気部に接続され、前記排気された処理ガスを処理する排ガス処理室と、

前記反応管内に第１の不活性ガスを供給する不活性ガス供給源に接続され、前記排ガス処理室に前記第１の不活性ガスを供給する第１不活性ガス供給部と、

前記排ガス処理室に第２の不活性ガスを供給する第２不活性ガス供給部と、

前記排ガス処理室内のガスを排気する排気管と、

前記排ガス処理室で前記処理ガスを処理している間は、前記第１不活性ガス供給部から前記排ガス処理室に前記第１の不活性ガスを供給し、

前記排ガス処理室の処理が停止した時は前記第２不活性ガス供給部から前記排ガス処理室に前記第２の不活性ガスを供給する様に前記第１不活性ガス供給部と前記第２不活性ガス供給部とを制御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] 前記排ガス処理室には、前記排ガス処理室での処理状態を検出する検出部が設けられ、

前記制御部は、前記検出部が出力したデータに基づいて、前記処理が停止しているか否かを判定可能に構成される

請求項１に記載の基板処理装置。

[請求項3] 前記制御部は、

前記排ガス処理室の処理が停止していると判定した後、前記第１の不活性ガスの供給に加えて前記第２の不活性ガスを供給するように前

記第１不活性ガス供給部と前記第２不活性ガス供給部とを制御可能に構成される

請求項２に記載の基板処理装置。

[請求項4] 前記制御部は、前記排ガス処理室の処理が停止していると判定した後、

前記第２不活性ガス供給部から前記排ガス処理室に前記第２の不活性ガスを供給する際に、前記第２の不活性ガスの流量を前記第１の不活性ガスの流量よりも多くなるように前記第１不活性ガス供給部と前記第２不活性ガス供給部とを制御可能に構成される

請求項２又は３に記載の基板処理装置。

[請求項5] 前記排ガス処理室と前記第１不活性ガス供給部と前記第２不活性ガス供給部とは、三方弁で接続され、

前記制御部は、前記排ガス処理室の処理が停止したと判定したときに前記三方弁を制御可能に構成される

請求項２乃至４のいずれか一項に記載の基板処理装置。

[請求項6] 前記制御部は、

前記処理ガス供給部が供給する前記処理ガスの流量に基づいて、前記第２の不活性ガスの流量データを算出可能に構成される

請求項１乃至５のいずれか一項に記載の基板処理装置。

[請求項7] 前記制御部は、

前記処理ガス供給部が供給する前記処理ガスの流量と前記処理ガスの特性データに基づいて、前記第２の不活性ガスの流量データを算出可能に構成される

請求項１乃至５のいずれか一項に記載の基板処理装置。

[請求項8] 前記制御部は、

前記第２の不活性ガスの流量データを基に、前記第２の不活性ガスの流量を調整する流量調整部の流量を設定可能に構成される

請求項６又は７に記載の基板処理装置。

[請求項9] データを入出力する入出力装置を有し、

前記制御部は、

前記第２の不活性ガスの流量データに対応するメッセージを前記入出力装置に送信可能に構成される

請求項６又は７に記載の基板処理装置。

[請求項10] 前記第２不活性ガス供給部には、前記第２の不活性ガスを事前に設定された流量に調整する流量調整部が、設けられる

請求項１乃至３のいずれか一項に記載の基板処理装置。

[請求項11] 前記排気部の前記排ガス処理室の上流側には、排気設備に接続されるバイパス排気管が接続され、

前記排気部の前記バイパス排気管との接続位置より下流側であって前記排ガス処理室の上流側に設けられた第１のバルブと、

前記バイパス排気管に設けられた第２のバルブと、を有し、

前記制御部は、前記排ガス処理室の処理が停止したことを判定した後、前記第１のバルブを閉じ、前記第２のバルブを開ける様に前記第１のバルブと前記第２のバルブを制御可能に構成される

請求項２乃至５のいずれか一項に記載の基板処理装置。

[請求項12] （ａ）基板を反応管内に収容する工程と、

（ｂ）前記反応管内に処理ガスを供給する工程と、

（ｃ）前記反応管内の前記処理ガスを排気する工程と、

（ｄ）前記排気された前記処理ガスを排ガス処理室に供給する工程と、

（ｅ）前記排ガス処理室で前記処理ガスを処理する工程と、

（ｆ）少なくとも前記（ｅ）工程の間、前記反応管内と前記排ガス処理室に第１の不活性ガスを供給する工程と、

（ｇ）前記（ｅ）工程が停止した後に前記排ガス処理室に第２の不活性ガスを供給する工程と、

を有する半導体装置の製造方法。

[請求項13] （ａ）基板を反応管内に収容させる手順と、

（ｂ）前記反応管内に処理ガスを供給させる手順と、

（ｃ）前記反応管内の前記処理ガスを排気させる手順と、

（ｄ）前記排気された前記処理ガスを排ガス処理室に供給させる手順と、

（ｅ）前記排ガス処理室で前記処理ガスを処理させる手順と、

（ｆ）少なくとも前記（ｅ）手順の間、前記反応管内と前記排ガス処理室に第１の不活性ガスを供給させる手順と、

（ｇ）前記（ｅ）手順が停止した後に前記排ガス処理室に第２の不活性ガスを供給させる手順と、

をコンピュータが基板処理装置に実行させるプログラム。

[請求項14] （ａ）基板を反応管内に収容させる手順と、

（ｂ）前記反応管内に処理ガスを供給させる手順と、

（ｃ）前記反応管内の前記処理ガスを排気させる手順と、

（ｄ）前記排気された前記処理ガスを排ガス処理室に供給させる手順と、

（ｅ）前記排ガス処理室で前記処理ガスを処理させる手順と、

（ｆ）少なくとも前記（ｅ）手順の間、前記反応管内と前記排ガス処理室に第１の不活性ガスを供給させる手順と、

（ｇ）前記（ｅ）手順が停止した後に前記排ガス処理室に第２の不活性ガスを供給させる手順と、

をコンピュータが基板処理装置に実行させるプログラムが記録されたコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

[請求項15] 基板を処理する基板処理装置から排気された処理ガスを処理する排ガス処理室と、

前記基板処理装置に第１の不活性ガスを供給する不活性ガス供給源に接続され、前記排ガス処理室に前記第１の不活性ガスを供給する第１不活性ガス供給部と、

前記排ガス処理室に第２の不活性ガスを供給する第２不活性ガス供給部と、

前記排ガス処理室内のガスを排気する排気管と、

前記排ガス処理室で前記処理ガスを処理している間は、前記第１不活性ガス供給部から前記排ガス処理室に前記第１の不活性ガスを供給し、

前記排ガス処理室の処理が停止した時は前記第２不活性ガス供給部から前記排ガス処理室に前記第２の不活性ガスを供給する様に前記第１不活性ガス供給部と前記第２不活性ガス供給部とを制御可能に構成された制御部と、を有する排ガス処理システム。