

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5103983号
(P5103983)

(45) 発行日 平成24年12月19日(2012.12.19)

(24) 登録日 平成24年10月12日(2012.10.12)

(51) Int.Cl. F I
C 2 3 C 16/455 (2006.01) C 2 3 C 16/455
H O 1 L 21/285 (2006.01) H O 1 L 21/285 C

請求項の数 9 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2007-85652 (P2007-85652)	(73) 特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社
(22) 出願日	平成19年3月28日 (2007.3.28)		東京都港区赤坂五丁目3番1号
(65) 公開番号	特開2008-240119 (P2008-240119A)	(74) 代理人	100091513 弁理士 井上 俊夫
(43) 公開日	平成20年10月9日 (2008.10.9)	(72) 発明者	原 正道 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
審査請求日	平成21年11月4日 (2009.11.4)	(72) 発明者	五味 淳 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
		(72) 発明者	横山 敦 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガス供給方法、ガス供給装置、半導体製造装置及び記憶媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

原料容器内の固体原料を加熱して気化させた原料ガスを消費区域に供給するガス供給方法において、

消費区域に連通する処理ガス供給路にキャリアガスを流通させると共に、当該処理ガス供給路内のガス圧力を測定する工程(a)と、

前記原料容器内の固体原料を加熱して、原料ガスを発生させる工程(b)と、

前記工程(a)と同じ流量のキャリアガスを前記原料容器内に供給して、このキャリアガスと共に前記原料ガスを前記処理ガス供給路に流通させながら当該処理ガス供給路内のガス圧力を測定する工程(c)と、

前記工程(a)で取得した圧力測定値と、前記工程(c)で取得した圧力測定値と、キャリアガスの流量と、に基づいて、前記原料ガスの流量を演算する工程(d)と、を含むことを特徴とするガス供給方法。

【請求項2】

前記演算する工程(d)の後に、当該工程(d)で得られた前記原料ガスの流量の演算値と、予め設定した前記原料ガスの流量設定値と、に基づいて、前記固体原料の加熱温度を制御して、前記原料ガスの流量を調整する工程を行うことを特徴とする請求項1に記載のガス供給方法。

【請求項3】

前記原料容器から前記消費区域までの処理ガス供給路の内径は、1.9cm(0.75

インチ)以上であることを特徴とする請求項1または2に記載のガス供給方法。

【請求項4】

前記消費区域は、処理容器内の基板に対して、真空雰囲気下で前記原料ガスを分解させて成膜処理を行うための処理モジュールであることを特徴とする請求項1ないし3のいずれか一つに記載のガス供給方法。

【請求項5】

原料容器内の固体原料を加熱手段により加熱して気化させた原料ガスを消費区域に供給するガス供給装置において、

固体原料を貯留するための原料容器と、

キャリアガス源と前記原料容器との間に設けられたキャリアガス導入路と、

前記原料容器と前記消費区域との間に設けられた処理ガス供給路と、

前記キャリアガス導入路と前記処理ガス供給路との間に介設されたバイパス路と、

前記処理ガス供給路における前記バイパス路との接続位置よりも下流側に設けられた圧力測定部と、

前記キャリアガスの流路を、前記キャリアガス導入路から前記バイパス路を介して前記処理ガス供給路に通流させる流路と、前記キャリアガス導入路から前記原料容器を介して前記処理ガス供給路に通流させる流路と、の間で切り替えるための流路切り替え手段と、

前記処理ガス供給路内を通流する前記原料ガスの流量を演算する制御部と、を備え、

前記制御部は、前記処理ガス供給路内に前記バイパス路を介して前記キャリアガスを通流させながら前記圧力測定部にて取得された圧力測定値とキャリアガス流量とからなる基準データを記憶し、次いでキャリアガスの流量を変えずに、前記処理ガス供給路内に前記原料容器を介してキャリアガスと原料ガスを通流させながら前記圧力測定部により圧力測定値を取得し、この時の圧力測定値と前記基準データとに基づいて、原料ガスの流量を演算するプログラムを備えたことを特徴とするガス供給装置。

【請求項6】

前記制御部は、前記原料ガスの流量の演算値と、予め設定した前記原料ガスの流量設定値と、に基づいて、前記加熱手段への供給電力を制御して、前記原料ガスの流量を調整するプログラムを更に備えたことを特徴とする請求項5に記載のガス供給装置。

【請求項7】

前記処理ガス供給路の内径は、1.9cm(0.75インチ)以上であることを特徴とする請求項5または6に記載のガス供給装置。

【請求項8】

請求項5ないし7のいずれか一つに記載のガス供給装置と、処理容器内の基板に対して、真空雰囲気下で前記原料ガスを分解させて成膜処理を行うための処理モジュールと、を備え、

前記制御部は、前記処理モジュールで行われる複数の成膜レシピ毎に、前記基準データを備えていることを特徴とする半導体製造装置。

【請求項9】

処理容器内に固体原料を気化させたガスを供給するガス供給装置に用いられ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1ないし4のいずれか一つに記載のガス供給方法を実施するようにステップが組まれていることを特徴とする記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、処理容器内に固体原料を気化させた原料ガスを供給する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

基板上に例えば金属膜などを成膜するための装置として、例えばCVD装置が用いられている。このCVD装置において、基板が載置された処理容器内に供給する処理ガスの流

10

20

30

40

50

量を調整するにあたり、マスフローコントローラー（MFC）あるいはマスフローメーター（MFM）などの流量測定器により、処理ガスの流量が測定されている。この流量測定器では、例えばMFCでは主たるガス流路から分岐するバイパスラインを設けて、このラインにおいて処理ガスを加熱して、例えば2点間における処理ガスの温度差を測定することで、処理ガスの流量を測定するように構成されている。

【0003】

一方、成膜後の結晶の緻密度を高めると共に、基板に取り込まれる不純物の量を減らすために、固体の原料を用いて成膜する方法が検討されている。このような方法で成膜するための装置としては、例えば図5に示す成膜装置100が挙げられる。この成膜装置100は、キャリアガス源101、原料容器102及び処理容器103を備えており、キャリアガス源101から例えば窒素ガスが原料容器102内に供給されると、この原料容器102内においてヒーター112により固体原料例えばルテニウムカルボニル（ $Ru_3(CO)_{12}$ ）が気化した原料ガスがキャリアガスと共に処理容器103内に供給され、処理容器103内でこの原料ガスが分解されて、基板104上において例えばルテニウム膜が成膜される構成となっている。

10

【0004】

このような成膜装置100では、原料容器102内にキャリアガスを供給する前に、キャリアガスの流量をMFC115において測定し、更に処理容器103にキャリアガスと原料ガスとを供給する前に、処理ガス供給路106に介設されたMFC116において、キャリアガス及び原料ガスの流量を測定して、この流量からMFC115において測定したキャリアガスの流量を差し引くことで、原料ガスの流量を演算する。

20

【0005】

しかし、このような固体原料は、蒸気圧が低い非常に気化しにくく、流量を増やせないという問題がある。そこで、固体原料の気化を促進するために、原料容器102内の圧力をできるだけ下げて、更に処理ガス供給路106の管径を例えば5cm（2インチ）程度に太くして、原料ガスの供給量を稼ぐ必要がある。ところが、上記の流量測定器を設置できる管径は、市販されているMFCの制約から例えば0.95cm（0.375インチ）程度とかなり小さく、結果として原料ガスの供給量が少なくなり、プロセスによっては、スループットの低下が顕著になり、実際の成膜装置に適用し難いという問題がある。また、流量測定器を用いる場合には、管径の問題に加えて、その一次側の圧力が高くなり、この点からも不利である。

30

【発明の開示】

【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の下になされたものであり、その目的は、例えば基板を真空雰囲気下で処理する処理モジュールなどの消費区域に固体原料を気化させた原料ガスを供給するにあたり、簡便に原料ガスの流量を取得でき、しかも大きな原料ガスの流量を確保することのできる技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明のガス供給方法は、
原料容器内の固体原料を加熱して気化させた原料ガスを消費区域に供給するガス供給方法において、

40

消費区域に連通する処理ガス供給路にキャリアガスを通流させると共に、当該処理ガス供給路内のガス圧力を測定する工程（a）と、

前記原料容器内の固体原料を加熱して、原料ガスを発生させる工程（b）と、

前記工程（a）と同じ流量のキャリアガスを前記原料容器内に供給して、このキャリアガスと共に前記原料ガスを前記処理ガス供給路に通流させながら当該処理ガス供給路内のガス圧力を測定する工程（c）と、

前記工程（a）で取得した圧力測定値と、前記工程（c）で取得した圧力測定値と、キ

50

キャリアガスの流量と、に基づいて、前記原料ガスの流量を演算する工程(d)と、を含むことを特徴とする。

【0008】

前記演算する工程(d)の後に、当該工程(d)で得られた前記原料ガスの流量の演算値と、予め設定した前記原料ガスの流量設定値と、に基づいて、前記固体原料の加熱温度を制御して、前記原料ガスの流量を調整する工程を行うことが好ましい。

前記原料容器から前記消費区域までの処理ガス供給路の内径は、1.9cm(0.75インチ)以上であることが好ましい。

前記消費区域は、処理容器内の基板に対して、真空雰囲気下で前記原料ガスを分解させて成膜処理を行うための処理モジュールであることが好ましい。

10

【0009】

本発明のガス供給装置は、

原料容器内の固体原料を加熱手段により加熱して気化させた原料ガスを消費区域に供給するガス供給装置において、

固体原料を貯留するための原料容器と、

キャリアガス源と前記原料容器との間に設けられたキャリアガス導入路と、

前記原料容器と前記消費区域との間に設けられた処理ガス供給路と、

前記キャリアガス導入路と前記処理ガス供給路との間に介設されたバイパス路と、

前記処理ガス供給路における前記バイパス路との接続位置よりも下流側に設けられた圧力測定部と、

20

前記キャリアガスの流路を、前記キャリアガス導入路から前記バイパス路を介して前記処理ガス供給路に通流させる流路と、前記キャリアガス導入路から前記原料容器を介して前記処理ガス供給路に通流させる流路と、の間で切り替えるための流路切り替え手段と、

前記処理ガス供給路内を通流する前記原料ガスの流量を演算する制御部と、を備え、

前記制御部は、前記処理ガス供給路内に前記バイパス路を介して前記キャリアガスを通流させながら前記圧力測定部にて取得された圧力測定値とキャリアガス流量とからなる基準データを記憶し、次いでキャリアガスの流量を変えずに、前記処理ガス供給路内に前記原料容器を介してキャリアガスと原料ガスとを通流させながら前記圧力測定部により圧力測定値を取得し、この時の圧力測定値と前記基準データとに基づいて、原料ガスの流量を演算するプログラムを備えたことを特徴とする。

30

【0010】

前記制御部は、前記原料ガスの流量の演算値と、予め設定した前記原料ガスの流量設定値と、に基づいて、前記加熱手段への供給電力を制御して、前記原料ガスの流量を調整するプログラムを更に備えていることが好ましい。

【0011】

本発明の半導体製造装置は、

上記ガス供給装置と、処理容器内の基板に対して、真空雰囲気下で前記原料ガスを分解させて成膜処理を行うための処理モジュールと、を備え、

前記制御部は、前記処理モジュールで行われる複数の成膜レシピ毎に、前記基準データを備えていることを特徴とする。

40

【0012】

本発明の記憶媒体は、

処理容器内に固体原料を気化させたガスを供給するガス供給装置に用いられ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、上記ガス供給方法を実施するようにステップが組み込まれていることを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

本発明は、原料容器内の固体原料を加熱して気化させた原料ガスを消費区域に供給するにあたり、先ず消費区域に連通する処理ガス供給路内にキャリアガスだけを通流させ、そ

50

の時の処理ガス供給路内のガス圧力を測定し、次いでキャリアガスの流量を変えずに、このキャリアガスと共に原料ガスを処理ガス供給路内に流通させて、処理ガス供給路内のガス圧力を測定し、双方のガス圧力と、キャリアガスだけを供給した時のキャリアガスの流量と、に基づいて、原料ガスの流量を演算しているため、原料容器内の圧力を低くして、簡便に原料ガスの流量を算出できる。そして、マスフローコントローラー等の流量測定器を用いる場合のような配管の管径の制限がないので、原料ガスについて大きな流量を確保することができ、例えば固体原料を用いた成膜装置の実現化に極めて有効である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

本発明のガス供給装置を適用した半導体製造装置の一例について、図1を参照して説明する。図1の半導体製造装置10は、例えば粒状の固体の原料例えばルテニウムカルボニル($Ru_3(CO)_{12}$ 、以下「固体原料」20という)が貯留された原料容器40と、例えば基板である半導体ウェハ(以下、「ウェハW」という)上において上記固体原料20を気化させた原料ガスを熱分解して、例えばルテニウム膜を成膜するための処理モジュール50と、を備えている。

10

【0015】

原料容器40には、内部の固体原料20を加熱して、気化(昇華)させて原料ガスを得るための例えばヒーターなどの加熱手段41が設けられており、この加熱手段41には電源41aが接続されている。また、原料容器40内には、原料容器40内にキャリアガスを導入するためのキャリアガス導入路42と、原料ガスを処理容器60へ供給するための処理ガス供給路43と、の各一端側が開口している。キャリアガス導入路42の上流側には、バルブV1とマスフローコントローラー(MFC)44とを介して例えば窒素ガスなどのキャリアガスが貯留されたキャリアガス源45が接続されている。

20

【0016】

処理ガス供給路43の下流側(処理容器60側)は、バルブV3、V4を介して消費区域である処理容器60に接続されている。この処理ガス供給路43は、固体原料20が低蒸気圧であることから、原料容器40内の到達圧力を低下させて原料ガスの気化を促進するために、1.9cm(0.75インチ)以上例えば5cm(2インチ)もの大口径の配管が用いられている。既述のキャリアガス導入路42と処理ガス供給路43との間には、バルブV1の上流側(キャリアガス源45側)とバルブV3の下流側(処理容器60側)との間を接続するように、バイパス路46が介設されており、このバイパス路46には、バルブV2が設けられている。これらのバルブV1、V2、V3は、流路切り替え手段をなす。尚、処理ガス供給路43には、原料ガスの析出(凝固)を抑えるために、内部を流通するガスを加熱するためのテープヒーターなどが貼設されているがここでは省略する。

30

また、バルブV3とバルブV4との間には、圧力測定部である圧力計47が設けられている。この圧力計47は、処理ガス供給路43内のガス圧力を高い精度で測定するためのものであり、通常の高真空領域を測定するための圧力計の圧力測定範囲をプラス側にシフトさせたものである。

【0017】

図2(a)に示すように、例えば金属薄膜の変形量から金属薄膜間の静電容量の変化を測定することで、圧力を測定するように構成されたキャパシタンスマノメータのような圧力計(真空度計)では、圧力測定範囲の下限が零点からとなっており、図2(a)のBのような低真空領域の圧力を測定できる圧力計(以下、B圧力計と記す場合もある)は、図2(a)のAの圧力計(以下、A圧力計と記す場合もある)よりも圧力測定範囲が広がっている。一方、これらの圧力計から出力される電圧については、どの圧力計においても、例えば最大値が10Vに規格化されているので、低真空領域の圧力を測定しようとすると、圧力測定範囲の広い圧力計を用いなければならず、分解能が低下してしまう。高真空領域を測定できる圧力計では、高い分解能が得られるものの、その測定範囲の上限が例えばA圧力計においては13.3Pa(100mTorr)となっている。ところが、上記の処理ガス供給路43内のガス圧力は、例えば概ね17.3Pa(130mTorr)と

40

50

なっており、上記のA圧力計を用いることができず、B圧力計を用いることになる。

【0018】

ここで固体原料を気化させてこの原料ガスをキャリアガスと共に処理容器60に供給する際上記固体原料は蒸気圧が低いため、キャリアガスと混合した原料ガスの分圧は小さく(例えば数mTorr)、B圧力計では、このような微少な圧力変動を正確に測定する高い分解能を持っていない。

しかし、図2(b)に示すように、A圧力計の測定範囲をプラス側にシフトさせて、例えば100mTorrから200mTorrの圧力範囲にシフトさせて、処理ガス供給路43内の圧力範囲を精度高く測定できるように、圧力計47を調整している。このためA圧力計は、本来の上限定格である100mTorrにおいて10Vではなく、0Vを出力するようオフセット調整されている。

尚、上記のように、測定圧力範囲をプラス側にシフトさせるにあたり、出力電圧と圧力(真空度)との直線性(リニアリティ)が得られるように、圧力計47のゲインは調整されている。この実施の形態では、キャリアガス源45、MFC44、バルブV1~V3、原料容器40、キャリアガス導入路42、バイパス路46、処理ガス供給路43及び圧力計47は、本発明のガス供給装置11に相当する。

【0019】

次に、処理モジュール50について、図3を参照して説明する。処理容器60は、上側の大径円筒部60aとその下側の小径円筒部60bとが連設されたいわばキノコ形状に形成されている。処理容器60内には、ウェハWを水平に載置するための載置部であるステージ61が設けられており、このステージ61は小径円筒部60bの底部に支持部材62を介して支持されている。

ステージ61内には、ガス分解手段をなすヒータ61aと、ウェハWを吸着するための図示しない静電チャックと、が設けられている。更にステージ61には、ウェハWを昇降させて、図示しない搬送手段との間でウェハWの受け渡しを行うための例えば3本の昇降ピン63(便宜上2本のみ図示)がステージ61の表面に対して突没自在に設けられている。この昇降ピン63は、支持部材64を介して処理容器60の外部の昇降機構65に接続されている。処理容器60の底部には排気管66の一端側が接続され、この排気管66の他端側には真空排気手段である真空ポンプ67がバタフライバルブ80を介して接続されている。また処理容器60の大径円筒部60aの側壁には、ゲートバルブGにより開閉される搬送口68が形成されている。

【0020】

処理容器60の天壁部の中央部には、ステージ61に対向するようにガスシャワーヘッド69が設けられている。ガスシャワーヘッド69の下面には、ウェハWに対してガスシャワーヘッド69内を通流するガスを供給するためのガス供給口69aが多数開口している。また、ガスシャワーヘッド69の上面には、既述の処理ガス供給路43が接続されている。また、処理容器60の側面には、既述の圧力計47と同じように圧力測定範囲をプラス側にシフトさせた圧力計70が設けられており、処理容器60内の圧力を精度高く測定できるように構成されているが、ここでは通常の圧力計(例えば200mTorr計)が用いられても良い。

【0021】

この半導体製造装置10には、図1に示すように、例えばコンピュータからなる制御部2Aが設けられており、この制御部2Aは、CPU3、プログラム4、メモリ5及びテーブル6を記憶する領域を備えている。

前記プログラム4には、基準データ D_A を取得するための基準データ取得プログラム4a、原料ガスの流量を演算するための流量演算プログラム4b及び固体原料20の温度を調整するための温度制御プログラム4cなどが含まれる。

【0022】

基準データ取得プログラム4aは、キャリアガス源45から処理容器60内にキャリアガスだけが通流するように、つまりバルブV1、V3を閉じて、バルブV2を開放し、バ

10

20

30

40

50

イパス路46を介してキャリアガスを処理容器60内に供給するように、各バルブV1～V3を制御するように構成されている。また、この基準データ取得プログラム4aは、流量基準値 Q_A でキャリアガスを処理ガス供給路43内に通流させた時の処理ガス供給路43内の圧力基準値 P_A を圧力計47によって圧力測定値として測定し、この圧力基準値 P_A とキャリアガスの流量基準値 Q_A とからなる基準データ D_A を記憶するように構成されている。

【0023】

流量演算プログラム4bは、基準データ D_A 取得時と同じ流量でキャリアガスを原料容器40に供給し、原料容器40から処理ガス供給路43内を通流するキャリアガスと原料ガスとからなる処理ガスの圧力 P_B を圧力計47によって圧力測定値として測定して、つまりバルブV2を閉じて、バルブV1、V3を開放した時の圧力 P_B を比較データとしてメモリ5に保存して、上記の基準データ取得プログラム4aによって得られた基準データ D_A とこの比較データ P_B とに基づいて、処理ガス供給路43内を通流する原料ガスの流量を演算するように構成されている。この演算式は、具体的には、以下のように求められる。

【0024】

まず、処理ガス供給路43内におけるガス流量、ガス圧力及び排気速度をそれぞれ Q ($P_a \cdot m^3 / sec$)、 P (P_a)及び S (m^3 / sec)として、圧力計47よりも上流のガス流路の容積を V (m^3)、単位時間あたりのガス流路内の圧力変化を dP / dt (P_a / sec)とすると、これらの関係式は、

$$V \cdot dP / dt = -P \cdot S + Q \quad \dots \dots \dots (1)$$

となる。基準データ D_A を取得する時のガス流量、ガス圧力及び排気速度をそれぞれ Q_A 、 P_A 及び S_A とすると、定常状態では圧力の変化はないので、 $dP / dt = 0$ となり、式(1)は、

$$Q_A = S_A \cdot P_A \quad \dots \dots \dots (2)$$

となる。また、比較データ P_B を取得する時についても、同様に流量、ガス圧力及び排気速度をそれぞれ Q_B 、 P_B 及び S_B とし、更に定常状態にある時を考えると、同様に $dP / dt = 0$ となるので、式(1)は、

$$Q_B = S_B \cdot P_B \quad \dots \dots \dots (3)$$

となる。基準データ D_A を取得する時と、比較データ P_B を取得する時と、では、キャリアガスの流量を変えていないので、比較データ P_B 取得時の原料ガスの流量を Q_C とすると、式(3)は、

$$Q_B = S_B \cdot P_B = Q_A + Q_C \quad \dots \dots \dots (4)$$

となる。この時、キャリアガスの流量基準値 Q_A に比べて原料ガスの流量 Q_C がはるかに小さい場合(1/100以下)には、 $S_A = S_B$ と仮定できるので、式(2)、(4)をまとめると、

$$Q_C = Q_A \cdot (P_B - P_A) / P_A \quad \dots \dots \dots (5)$$

となり、 $P = P_B - P_A$ とすると、式(5)は、

$$Q_C = Q_A \cdot P / P_A \quad \dots \dots \dots (6)$$

が成り立ち、基準データ D_A (P_A 及び Q_A)と比較データ P_B とに基づいて、原料ガスの流量 Q_C が得られる。尚、例えば流量 Q_A 、 Q_C ($P_a \cdot m^3 / sec$)を実際に用いられている流量 A 、 C (scm)に単位を置き換えると、式(6)から、

$$C = A \cdot P / P_A \quad \dots \dots \dots (7)$$

が求められる。尚、当然のことであるが基準データ D_A 取得時と比較データ P_B 取得時では、原料容器40の温度、処理容器60内の圧力は同じである。また前述のように、この原料ガスの流量 Q_C (C)の演算は、各レシピの変更、特に処理容器60の圧力、キャリアガスの流量の変更毎に行われるので、基準データ D_A をテーブル6内に記憶するように構成されてもよい。このテーブル6は、例えば処理モジュール50における複数の成膜条件(ウェハWの温度、処理容器60内の圧力、キャリアガスの流量など)のレシピごとに測定された基準データ D_{A1} 、 D_{A2} 、、、 D_{An} (n :自然数)が格納されるよう

10

20

30

40

50

に構成されており、流量演算プログラム 4 b によって原料ガスの流量が演算される時に、その時のレシピに適合した基準データ D_{A1} がメモリ 5 に読み出されることになる。

【0025】

温度制御プログラム 4 c は、処理ガス供給路 4 3 内を通流する原料ガスの流量を調整するためのものであり、上記の流量演算プログラム 4 b によって演算された原料ガスの流量 Q_C を調整するために行われる。具体的には、原料容器 4 0 の加熱手段 4 1 の電源 4 1 a の出力が調整される。この温度調整プログラム 4 c により、処理容器 6 0 内に供給される原料ガスの流量が予め設定された流量となるように厳密に調整されて、処理容器 6 0 内におけるウェハ W への成膜量が所定の膜厚になるように調整される。

【0026】

これらのプログラム 4 (処理パラメータの入力操作や表示に関するプログラムも含む) は、コンピュータ記憶媒体例えばフレキシブルディスク、コンパクトディスク、MO (光磁気ディスク)、ハードディスクなどの記憶部 2 B に格納されて制御部 2 A にインストールされる。

【0027】

次に、上述の半導体製造装置 1 0 を用いた本発明の半導体製造方法の作用について説明する。

(基準データ D_A 取得)

図 4 (a) に示すように、MFC 4 4 によってキャリアガスの流量 A を例えば 300 sccm に設定すると共に、バルブ V_2 を開放して、処理容器 6 0 内の圧力が所定の圧力 P' (例えば 17.3 Pa (130 Torr)) となるようにバタフライバルブ 8 0 の開度が制御される。そして、処理ガス供給路 4 3 を通流するキャリアガスの圧力基準値 P_A を圧力計 4 7 により測定して、圧力 P_A とキャリアガスの流量 A (Q_A) とが基準データ D_A として取得される。ここでキャリアガスの流量は、前記設定値でもよいし、MFC 4 4 で測定された値でもよい。尚、基本的にはこの基準データ D_A は、新たなレシピを行う時には取得されるが前述のように各レシピに対応する基準データ D_A をテーブル化して取得し保存しておくようにしてもよい。

【0028】

(比較データ P_B 取得)

図 4 (b) に示すように、MFC 4 4 によってキャリアガスの流量を上記の基準データ D_A 取得時と同じ流量 A に設定すると共に、バルブ V_2 を閉じて、バルブ V_1 、 V_3 を開放する。この操作により、キャリアガスが原料容器 4 0 内に通流して、予め所定の温度例えば 80 に加熱された原料容器から、原料ガスとキャリアガスが処理ガスとして処理ガス供給路 4 3 に通流する。そして、処理ガス供給路 4 3 を通流する処理ガスの圧力を圧力計 4 7 により測定して、比較データ P_B が取得される。

そして、既述のように、流量演算プログラム 4 b によって処理ガス供給路 4 3 内を通流する原料ガスの流量が演算される。

【0029】

(原料ガスの流量調整)

原料ガスの流量 C がレシピに応じた設定流量と異なる場合には、既述の温度制御プログラム 4 c によって、加熱手段 4 1 の電源 4 1 a の出力値を変更して、原料容器 4 0 内の温度を調整することで、原料ガスの流量が調整される。またここで設定された原料ガスの流量が得られない時には、キャリアガスの流量を増加するなどして再度基準データ D_A 取得、比較データ P_B 取得、原料ガスの流量調整を行う。このようにして所定の原料ガスの流量が得られた後、ステージ 6 1 上にウェハ W が載置されて、例えばルテニウムの成膜処理が行われる。その後、原料ガスの流量 C が一定になるようにして、所望の膜厚となるように所定の時間この状態を保つことにより、成膜が行われる。

【0030】

上述の実施の形態によれば、処理容器 6 0 内に固体原料 2 0 を気化させた原料ガスを供給するにあたり、先ずキャリアガスだけをバイパス路 4 6 を介して処理ガス供給路 4 3 か

10

20

30

40

50

ら処理容器60内に供給し、この時の圧力基準値 P_A と流量基準値 Q_A とからなる基準データ D_A を取得し、その後キャリアガスの流量を変えずに、原料容器40から原料ガスと共に処理容器60内に供給し、この時の圧力を比較データ P_B として取得し、比較データ P_B と基準データ D_A とに基づいて、原料ガスの流量 C を演算しているため、マスフローコントローラーやマスフローメーターといった流量計を用いなくとも原料ガスの流量 C を簡便に求めることができる。このため配管として細管を用いるという前記流量計の設置制限がなくなるので、処理ガス供給路43として口径の大きな配管を用いることができる。従って、処理ガス供給路43のコンダクタンスが大きく原料容器40内の圧力を低い状態に保つことができ、原料ガスの気化が促進され、原料の気化の促進と処理ガス供給路43のコンダクタンスが大きいことが相まって、原料ガスの量を多くすることができ、速い成膜レートを確保できる。

10

【0031】

また、例えば成膜の途中で固体原料20の量が少なくなり、固体原料20の気化量が低下した場合や、例えば固体原料20の気化により、固体原料20の表面積が増加して固体原料20の気化量が増加した場合においても、固体原料20の温度を調整することで、速やかに原料ガスの流量を所望の量に調整できるので、きめ細やかな流量調整を行うことができ、その結果ウェハW間において均一な膜厚が得られて、歩留まりの低下を抑えることができる。

【0032】

この時の演算では、蒸気圧の非常に低い固体原料20を気化させた原料ガスの流量 C に対して、キャリアガスの流量 A をかなり多くしているため、基準データ D_A 取得時と比較データ P_B 取得時における排気流量 S_A と S_B とが等しいと近似できるので、上記のように簡便に原料ガスの流量 C を演算できる。また、このように原料ガスの流量 C を直接求めているので(MFCのようにガスの温度から流量を割り出していないので)、ガスの比熱、密度及び熱伝導率などの影響を補正するための換算が不要であり、その結果計算を簡略化でき、更にどのような種類のガスに対しても容易にこの計算方法を適用できる。

20

【0033】

また、通常の圧力計では、既述のように、このような低真空領域での微量なガス圧力の変化の測定は困難であるが、高真空領域に用いられる分解能の高い圧力計の測定範囲をプラス側にシフトさせた圧力計47を用いているため、圧力測定値の精度が高く、従って上記のように、流量測定器を用いなくとも原料ガスの流量 C を高い精度で取得できる。

30

【0034】

このように、原料ガスの流量 C を正確に演算できることから、固体原料20の消費量(残量)を知ることができ、固体原料20の補充時期や原料容器40の交換時期などを正確に把握することができるといった効果もある。また、本発明のガス供給装置11は、処理ガス供給路43として、既述のような大口径の配管を用いることに限定されるものではなく、流量計(MFC)等の機器を設置できる細い配管であっても、流量計等の一次側の圧力が高くなるという不具合を解消できる利点がある。

【0035】

尚、ステージ61のヒータ61aによりウェハWを加熱して成膜を行ったが、例えばガスシャワーヘッド69に図示しない高周波電源などを接続して、原料ガスをプラズマ化することによって成膜するようにしても良い。その場合には、この高周波電源が既述のガス分解手段となる。

40

上記の例においては、固体原料20として、ルテニウムカルボニルを用いたが、このような化合物に限られず、例えばタングステンカルボニルなど、固体を気化させて原料ガスとして用いることのできる化合物を同様に用いても良い。

【図面の簡単な説明】

【0036】

【図1】本発明の半導体製造装置の一例を示す縦断面図である。

【図2】上記の半導体製造装置に用いられる圧力計の測定可能圧力範囲を示す特性図であ

50

る。

【図3】上記の半導体製造装置において成膜が行われる処理容器の一例を示す縦断面図である。

【図4】上記の半導体製造装置において、原料ガスの流量を演算する時の様子を示す概念図である。

【図5】従来の成膜装置の一例を示す縦断面である。

【符号の説明】

【0037】

2A 制御部

4 プログラム

4a 基準データ取得プログラム

4b 流量演算プログラム

4c 温度調整プログラム

DA 基準データ

PB 比較データ

5 メモリ

6 テーブル

10 半導体製造装置

11 ガス供給装置

20 固体原料

40 原料容器

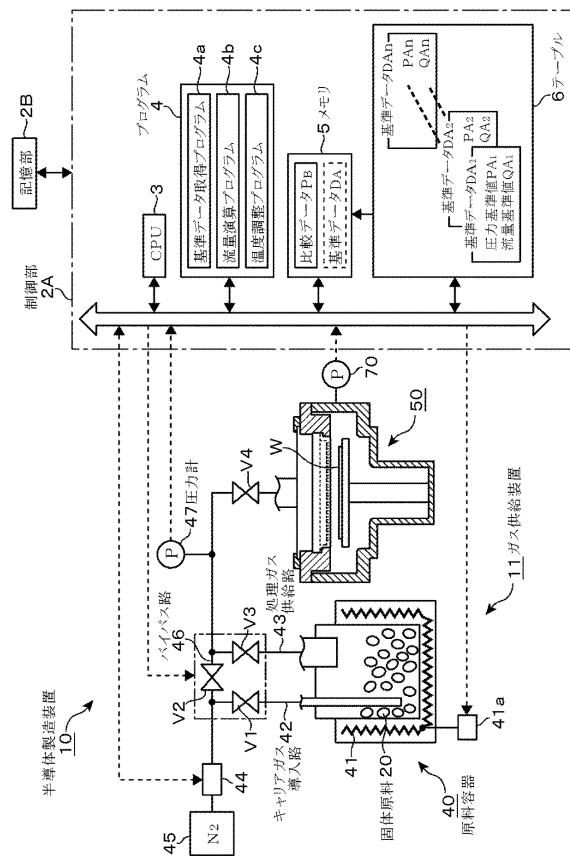
43 処理ガス供給路

50 処理モジュール

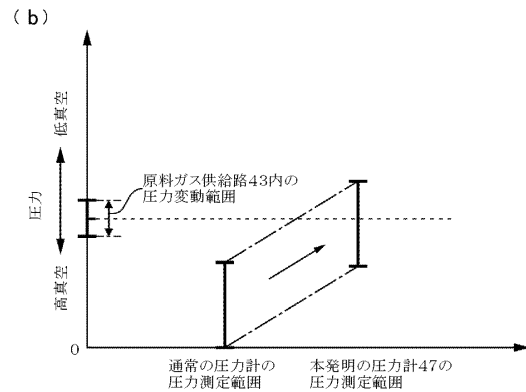
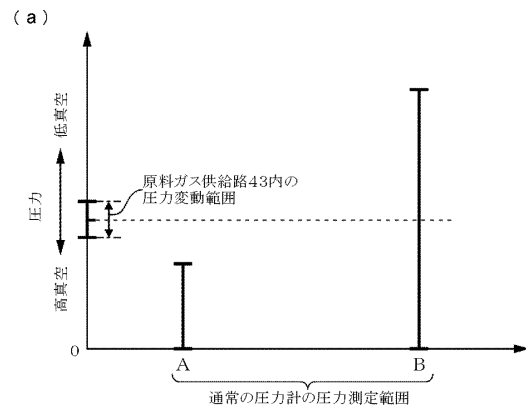
10

20

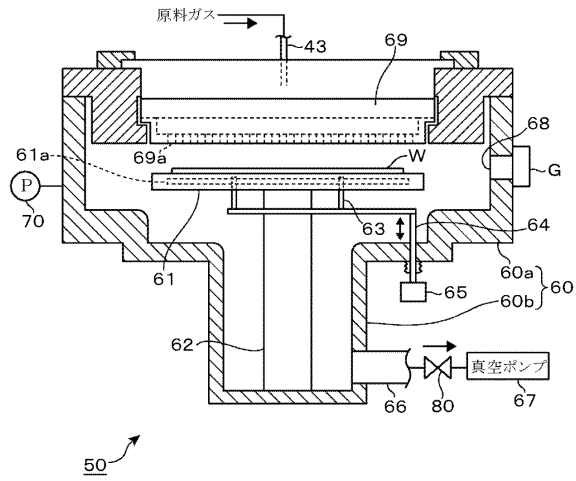
【図1】



【図2】

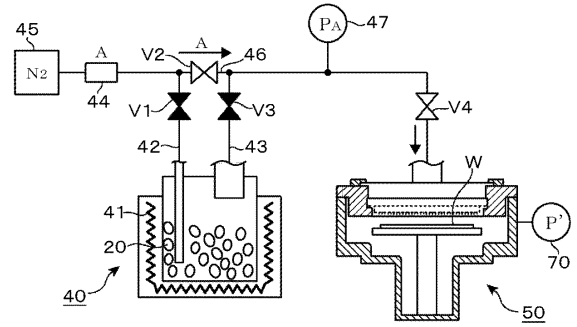


【図3】

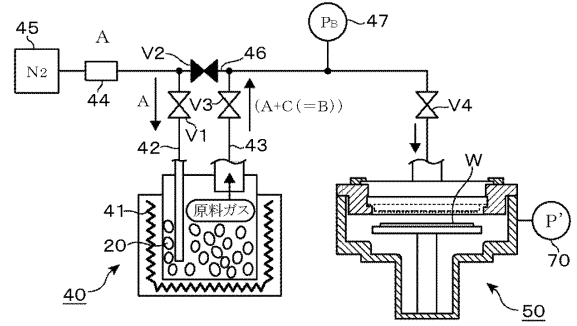


【図4】

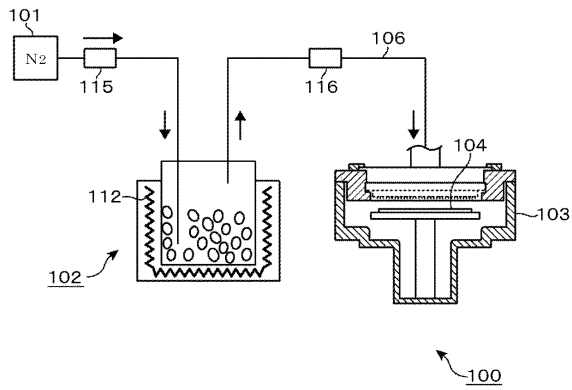
(a) 基準データD_A取得



(b) 比較データP_B取得



【図5】



フロントページの続き

- (72)発明者 田中 利昌
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
- (72)発明者 前川 伸次
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
- (72)発明者 多賀 敏
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

審査官 櫻木 伸一郎

- (56)参考文献 特開2006-241516(JP,A)
特開2004-91917(JP,A)
特開平3-4929(JP,A)
特開平3-47526(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 16/00 - 16/56
H01L 21/28 - 21/288, 21/44 - 21/445
H01L 29/40 - 29/49, 29/872