

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4976002号
(P4976002)

(45) 発行日 平成24年7月18日(2012.7.18)

(24) 登録日 平成24年4月20日(2012.4.20)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/302 (2006.01)

H O 1 L 21/302 2 O 1 A

請求項の数 13 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2005-323329 (P2005-323329)
 (22) 出願日 平成17年11月8日(2005.11.8)
 (65) 公開番号 特開2007-134379 (P2007-134379A)
 (43) 公開日 平成19年5月31日(2007.5.31)
 審査請求日 平成20年10月27日(2008.10.27)

(73) 特許権者 000219967
 東京エレクトロン株式会社
 東京都港区赤坂五丁目3番1号
 (74) 代理人 100101557
 弁理士 萩原 康司
 (74) 代理人 100096389
 弁理士 金本 哲男
 (74) 代理人 100095957
 弁理士 亀谷 美明
 (72) 発明者 村木 雄介
 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 戸澤 茂樹
 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】 基板処理装置、基板処理方法及び記録媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板を処理する装置であって、

基板を収納する処理室、前記処理室にガスを供給する供給機構、及び、前記処理室を排
 気する排気機構を備え、

前記処理室に、基板を載置させる載置台を備え、

前記載置台の上面に、基板の下面に当接させられる当接部材を備え、

前記載置台は、基板の温度を調節する際および基板に所定の処理が施される際の両方
 において、前記当接部材によって基板の下面を支持し、該基板の下面と前記載置台の上面と
 の間に隙間を形成した状態で、前記基板を載置させる構成とし、

前記載置台の温度を調節することにより前記当接部材に支持された基板の温度を調節す
 る温度調節器を備え、

前記供給機構によるガスの供給、前記排気機構による排気、及び、前記温度調節器を制
 御する制御コンピュータを備え、

前記制御コンピュータは、前記処理室を所定の圧力にした状態で、前記載置台に載置さ
 れた基板の温度を調節する制御と、前記処理室を前記所定の圧力より低い圧力、かつ、前
 記基板に前記所定の処理が施される処理雰囲気にする制御と、を行い、

前記処理雰囲気は、フッ化水素ガス及びアンモニアガスを含み、前記基板の表面に存在
 する二酸化シリコンを、加熱により気化させることが可能な反応生成物に変質させるもの
 であることを特徴とする、基板処理装置。

10

20

【請求項 2】

前記制御コンピュータは、前記処理室を所定の圧力にする際、前記処理室に不活性ガス及びアンモニアガスを供給させ、

前記アンモニアガスが供給された処理室にフッ化水素ガスを供給させることにより、前記処理室を前記処理雰囲気にする制御を行うことを特徴とする、請求項 1 に記載の基板処理装置。

【請求項 3】

前記制御コンピュータは、前記基板の温度を調節した後、前記処理室を前記所定の圧力より低い圧力にしてから、前記処理室を処理雰囲気にする制御を行うことを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の基板処理装置。

10

【請求項 4】

前記所定の圧力は、0.5 Torr 以上であることを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の基板処理装置。

【請求項 5】

前記所定の圧力より低い圧力は、0.1 Torr 以下であることを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の基板処理装置。

【請求項 6】

前記基板の温度を調節する処理時間は、15 秒間以上であることを特徴とする、請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の基板処理装置。

【請求項 7】

20

基板を処理する方法であって、
基板を処理室に搬入し、
載置台の上面に設けられた当接部材に基板の下面を当接させ、前記基板の下面と前記載置台の上面との間に隙間を形成した状態で、前記当接部材に基板を支持させ、
前記処理室を所定の圧力にした状態で、前記載置台の温度を調節することにより、前記基板の温度を調節し、
その後、前記処理室を前記所定の圧力より低い圧力の処理雰囲気にして、前記基板に所定の処理を施し、
前記処理雰囲気は、フッ化水素ガス及びアンモニアガスを含み、
前記所定の処理は、前記基板の表面に存在する二酸化シリコンを前記処理雰囲気と反応させることにより反応生成物に変質させる処理であって、
前記所定の処理を施した後、前記反応生成物を加熱により気化させる処理を行うことを特徴とする、基板処理方法。

30

【請求項 8】

前記処理室に不活性ガス及びアンモニアガスを供給することにより、前記処理室を所定の圧力にし、

その後、前記アンモニアガスが供給された処理室にフッ化水素ガスを供給することにより、前記処理室を前記処理雰囲気にすることを特徴とする、請求項 7 に記載の基板処理方法。

【請求項 9】

40

前記基板の温度を調節した後、前記処理室を前記所定の圧力より低い圧力にしてから、前記処理室を処理雰囲気にすることを特徴とする、請求項 7 又は 8 に記載の基板処理方法。

【請求項 10】

前記所定の圧力は、0.5 Torr 以上であることを特徴とする、請求項 7 ~ 9 のいずれかに記載の基板処理方法。

【請求項 11】

前記所定の圧力より低い圧力は、0.1 Torr 以下であることを特徴とする、請求項 7 ~ 10 のいずれかに記載の基板処理方法。

【請求項 12】

50

前記基板の温度を調節する処理時間は、15秒間以上であることを特徴とする、請求項7～11のいずれかに記載の基板処理方法。

【請求項13】

基板処理装置の制御コンピュータによって実行することが可能なプログラムが記録された記録媒体であって、

前記プログラムは、前記制御コンピュータによって実行されることにより、前記基板処理装置に、請求項7～12のいずれかに記載の基板処理方法を行わせるものであることを特徴とする、記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、基板処理装置、基板処理方法及び記録媒体に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば半導体デバイスの製造プロセスにおいては、半導体ウェハ（以下、「ウェハ」という。）を収納した処理室を真空状態に近い低圧状態にして行われる様々な処理工程が行われている。このような低圧状態を利用する処理の一例として、例えば、ウェハの表面に存在する酸化膜（二酸化シリコン（ SiO_2 ））を除去する処理が知られている（特許文献1，2参照）。かかる処理は、低圧状態において、ウェハを所定温度に温調しながら、フッ化水素ガス（ HF ）とアンモニアガス（ NH_3 ）との混合ガスを供給して、酸化膜を反応生成物に変質させた後、該反応生成物を加熱して気化（昇華）させることにより、ウェハから除去するものである。

20

【0003】

一般に、上記のような低圧状態にされる処理室においてウェハを保持する手段としては、静電気力によってウェハを吸着保持する載置台（静電チャック）が用いられている。ウェハは下面全体を載置台の上面に密着させた状態で略水平に載置され、静電気力によって載置台上面に吸着保持される。また、載置台の温度を調節する手段、例えば所定温度に調節した液体を循環させる管路が設けられており、かかる液体と熱交換させることにより載置台の温度を調節し、さらには、載置台の上面に接触させられているウェハの温度を調節するように構成されている。

30

【0004】

【特許文献1】米国特許出願公開第2004/0182417号明細書

【特許文献2】米国特許出願公開第2004/0184792号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、従来の基板処理装置にあつては、載置台によって保持されたウェハの下面に、載置台からパーティクルが転写しやすく、処理後にウェハの洗浄を行う必要があつた。また、ウェハの下面が損傷されやすい問題があつた。このような問題を解決するため、載置台の上面に複数の支持ピンを設け、ウェハの下面を複数の支持ピンによって支持する構成とし、ウェハと載置台との接触面積を少なくすることも考えられるが、その場合、ウェハを効率的に温調できなくなる問題があつた。特に、処理室を低圧状態にすると、ウェハと載置台との間の隙間に存在するガスが希薄になり、ガスを媒介する伝熱効果も得られなくなるため、ウェハの温度を制御することが難しかった。

40

【0006】

本発明は、上記の点に鑑みてなされたものであり、ウェハを低圧状態で処理する場合であっても、ウェハに対するパーティクルの付着や損傷の発生を防止しながら、ウェハの温度を効率的に調節できる基板処理装置及び基板処理方法を提供することを目的とする。また、かかる基板処理装置及び基板処理方法に用いられる記録媒体を提供することを目的とする。

50

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するため、本発明によれば、基板を処理する装置であって、基板を収納する処理室、前記処理室にガスを供給する供給機構、及び、前記処理室を排気する排気機構を備え、前記処理室に、基板を載置させる載置台を備え、前記載置台の上面に、基板の下面に当接させられる当接部材を備え、前記載置台は、基板の温度を調節する際および基板に所定の処理が施される際の両方において、前記当接部材によって基板の下面を支持し、該基板の下面と前記載置台の上面との間に隙間を形成した状態で、前記基板を載置させる構成とし、前記載置台の温度を調節することにより前記当接部材に支持された基板の温度を調節する温度調節器を備え、前記供給機構によるガスの供給、前記排気機構による排気、及び、前記温度調節器を制御する制御コンピュータを備え、前記制御コンピュータは、前記処理室を所定の圧力にした状態で、前記載置台に載置された基板の温度を調節する制御と、前記処理室を前記所定の圧力より低い圧力、かつ、前記基板に前記所定の処理が施される処理雰囲気にする制御と、を行い、前記処理雰囲気は、フッ化水素ガス及びアンモニアガスを含み、前記基板の表面に存在する二酸化シリコンを、加熱により気化させることが可能な反応生成物に変質させるものであることを特徴とする、基板処理装置が提供される。

10

【0009】

ここで、基板の表面に存在する二酸化シリコンを反応生成物に変質させる処理とは、例えばCOR (Chemikal Oxide Removal) 処理 (化学的酸化物除去処理) である。COR処理は、ハロゲン元素を含むガスと塩基性ガスを処理ガスとして基板に供給することで、基板上の酸化膜と処理ガスのガス分子とを化学反応させ、反応生成物を生成させるものである。ハロゲン元素を含むガスとは例えばフッ化水素蒸気 (HF) であり、塩基性ガスとは例えばアンモニア蒸気 (NH₃) であり、この場合、主にフルオロケイ酸アンモニウム ((NH₄)₂SiF₆) を含む反応生成物が生成される。

20

【0010】

また、前記制御コンピュータは、前記処理室を所定の圧力にする際、前記処理室に不活性ガス及びアンモニアガスを供給させ、前記アンモニアガスが供給された処理室にフッ化水素ガスを供給させることにより、前記処理室を前記処理雰囲気にする制御を行うとしても良い。

30

【0011】

前記制御コンピュータは、前記基板の温度を調節した後、前記処理室を前記所定の圧力より低い圧力にしてから、前記処理室を処理雰囲気にする制御を行うとしても良い。前記所定の圧力は、0.5 Torr 以上、前記所定の圧力より低い圧力は、0.1 Torr 以下であっても良い。前記基板の温度を調節する処理時間は、15秒間以上であっても良い。

【0012】

また、本発明によれば、基板を処理する方法であって、基板を処理室に搬入し、載置台の上面に設けられた当接部材に基板の下面を当接させ、前記基板の下面と前記載置台の上面との間に隙間を形成した状態で、前記当接部材に基板を支持させ、前記処理室を所定の圧力にした状態で、前記載置台の温度を調節することにより、前記基板の温度を調節し、その後、前記処理室を前記所定の圧力より低い圧力の処理雰囲気にして、前記基板に所定の処理を施し、前記処理雰囲気は、フッ化水素ガス及びアンモニアガスを含み、前記所定の処理は、前記基板の表面に存在する二酸化シリコンを前記処理雰囲気と反応させることにより反応生成物に変質させる処理であって、前記所定の処理を施した後、前記反応生成物を加熱により気化させる処理を行うことを特徴とする、基板処理方法が提供される。

40

【0014】

また、前記処理室に不活性ガス及びアンモニアガスを供給することにより、前記処理室を所定の圧力にし、その後、前記アンモニアガスが供給された処理室にフッ化水素ガスを供給することにより、前記処理室を前記処理雰囲気にするとしても良い。また、前記基板

50

の温度を調節した後，前記処理室を前記所定の圧力より低い圧力にしてから，前記処理室を処理雰囲気にするとしても良い。

【0015】

前記所定の圧力は，0.5 Torr 以上であっても良い。前記所定の圧力より低い圧力は，0.1 Torr 以下であっても良い。前記基板の温度を調節する処理時間は，15秒間以上であっても良い。

【0016】

また，本発明によれば，基板処理装置の制御コンピュータによって実行することが可能なプログラムが記録された記録媒体であって，前記プログラムは，前記制御コンピュータによって実行されることにより，前記基板処理装置に，請求項7～12のいずれかに記載の基板処理方法を行わせるものであることを特徴とする，記録媒体が提供される。

10

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば，基板の下面と載置台の上面との間に隙間が設けられる構成としたことにより，載置台から基板にパーティクルが転写したり，基板に損傷が与えられたりすることを防止できる。基板の温度を調節する際，処理室を所定の圧力にすることにより，基板の下面とチャック本体との間の隙間にガスを供給でき，かかるガスを介して，基板と載置台との間で熱交換を行わせることができる。従って，基板の温度を効率的に調節できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

20

以下，本発明の好適な実施形態を説明する。先ず，本実施の形態にかかる処理方法によって処理される基板であるウェハの構造について説明する。図1は，エッチング処理前のウェハWの概略断面図であり，ウェハWの表面（デバイス形成面）の一部を示している。ウェハWは，例えば略円盤形に形成された薄板状をなすシリコンウェハであり，その表面には，ウェハWの基材であるSi（シリコン）層，層間絶縁層として用いられる酸化層（二酸化シリコン： SiO_2 ），ゲート電極として用いられるPoly-Si（多結晶シリコン）層，及び，絶縁体からなる側壁部（サイドウォール）として例えばTEOS（テトラエチルオルソシリケート： $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ ）層からなる構造が形成されている。Si層の表面（上面）は略平坦面となっており，酸化層は，Si層の表面を覆うように積層されている。また，この酸化層は，例えば拡散炉によって熱CVD反応により成膜される。Poly-Si層は，酸化層の表面上に形成されており，また，所定のパターン形状に沿ってエッチングされている。従って，酸化層は一部分がPoly-Si層によって覆われ，他の一部分は露出させられた状態になっている。TEOS層は，Poly-Si層の側面を覆うように形成されている。図示の例では，Poly-Si層は，略角柱状の断面形状を有し，図1において手前側から奥側に向かう方向に延設された細長い板状に形成されており，TEOS層は，Poly-Si層の左右両側面において，それぞれ手前側から奥側に向かう方向に沿って，また，Poly-Si層の下縁から上縁まで覆うように設けられている。そして，Poly-Si層とTEOS層の左右両側において，酸化層の表面が露出させられた状態になっている。

30

【0019】

40

図2は，エッチング処理後のウェハWの状態を示している。ウェハWは，図1に示したようにSi層上に酸化層，Poly-Si層，TEOS層等が形成された後，例えばドライエッチングが施される。これにより，図2に示すように，ウェハWの表面では，露出させられていた酸化層，及び，その酸化層によって覆われていたSi層の一部が除去される。即ち，Poly-Si層とTEOS層の左右両側に，エッチングにより生じた凹部がそれぞれ形成される。凹部は，酸化層の表面の高さからSi層中まで陥没するように形成され，凹部の内面においては，Si層が露出した状態になる。Si層は酸化されやすいので，このように凹部において露出させられたSiの表面に大気中の酸素が付着すると，凹部の内面に自然酸化膜（二酸化シリコン： SiO_2 ）が形成される。

【0020】

50

次に、エッチング後のウェハWに対してC O R処理、P H T (P o s t H e a t T r e a t m e n t) 処理、S i G e層成膜処理を行う処理システムについて説明する。なお、C O R処理は、ハロゲン元素を含むガスと塩基性ガスを処理ガスとしてウェハに供給することで、ウェハ上に付着した自然酸化膜と処理ガスのガス分子とを化学反応させ、反応生成物を生成させるものである。ハロゲン元素を含むガスとは例えばフッ化水素ガスであり、塩基性ガスとは例えばアンモニアガスであり、この場合、主にフルオロケイ酸アンモニウムを含む反応生成物が生成される。P H T処理は、C O R処理が施された後のウェハを加熱して、C O R処理による反応生成物を気化させる処理である。

【 0 0 2 1 】

図3に示す処理システム1は、ウェハWを処理システム1に対して搬入出させる搬入出部2、略多角形状（例えば六角形状）に形成された共通搬送室3、ウェハWに対してC O R処理を行う本実施形態にかかる基板処理装置（真空処理装置）としてのC O R処理装置5、ウェハWに対してP H T処理を行う基板処理装置としてのP H T処理装置6、S i G e層の成膜処理を行う基板処理装置としての複数台、例えば2台のエピタキシャル成長装置7 A、7 B、処理システム1の各部に制御命令を与える制御コンピュータ8を備えている。

【 0 0 2 2 】

搬入出部2は、例えば略円盤形状をなすウェハWを搬送する第一のウェハ搬送機構11が内部に設けられた搬送室12を有している。ウェハ搬送機構11は、ウェハWを略水平に保持する2つの搬送アーム11 a、11 bを有している。搬送室12の側方には、ウェハWを複数枚並べて収容可能なキャリアCを載置する載置台13が、例えば3つ備えられている。また、ウェハWを回転させて偏心量を光学的に求めて位置合わせを行うオリエンタ14が設置されている。

【 0 0 2 3 】

搬送室12と共通搬送室3は、真空引き可能な2つのロードロック室20 A、20 Bを介して互いに連結させられている。各ロードロック室20 A、20 Bと搬送室12との間、及び、各ロードロック室20 A、20 Bと共通搬送室3との間には、開閉可能なゲートバルブ21がそれぞれ備えられている。なお、これら2つのロードロック室20 A、20 Bは、いずれか一方（例えばロードロック室20 A）が、ウェハWを搬送室12から搬出して共通搬送室3に搬入する際に用いられ、他方（例えばロードロック室20 B）は、ウェハWを共通搬送室3から搬出して搬送室12に搬入する際に用いられるとしても良い。

【 0 0 2 4 】

かかる搬入出部2において、ウェハWは、搬送アーム11 a、11 bによって保持され、ウェハ搬送装置11の駆動により略水平面内で回転及び直進移動、また昇降させられることにより、所望の位置に搬送させられる。そして、載置台10上のキャリアC、オリエンタ14、ロードロック室20 A、20 Bに対してそれぞれ搬送アーム11 a、11 bが進退させられることにより、搬入出させられるようになっている。

【 0 0 2 5 】

共通搬送室3には、ウェハWを搬送する第二のウェハ搬送機構31が設けられている。ウェハ搬送機構31は、ウェハWを略水平に保持する2つの搬送アーム31 a、31 bを有している。

【 0 0 2 6 】

共通搬送室3の外側には、C O R処理装置5、P H T処理装置6、エピタキシャル成長装置7 A、エピタキシャル成長装置7 B、ロードロック室20 B、ロードロック室20 Aが、共通搬送室3の周囲を囲むように、例えば上方からみて時計回転方向においてこの順に並ぶように配置されている。共通搬送室3とC O R処理装置5内の処理室32との間、共通搬送室3とP H T処理装置6内の処理室33との間、共通搬送室3と各エピタキシャル成長装置7 A、7 B内の処理室34との間には、それぞれ開閉可能なゲートバルブ35が設けられている。

【 0 0 2 7 】

かかる共通搬送室 3 において、ウェハ W は、搬送アーム 3 1 a , 3 1 b によって保持され、ウェハ搬送機構 3 1 の駆動により略水平面内で回転及び直進移動、また昇降させられることにより、所望の位置に搬送させられる。そして、各ロードロック室 2 0 A , 2 0 B , C O R 処理装置 5 内の処理室 3 2 , P H T 処理装置 6 内の処理室 3 3 , 各エピタキシャル成長装置 7 A , 7 B 内の処理室 3 4 に対して、それぞれ搬送アーム 3 1 a , 3 1 b が進退させられることにより、各処理室に対して搬入出させられるようになっている。

【 0 0 2 8 】

図 4 に示すように、C O R 処理装置 5 は、筐体 5 a を備えており、筐体 5 a の内部は、ウェハ W を収納する密閉構造の処理室（処理空間）3 2 になっている。筐体 5 a の一側面には、ウェハ W を処理室 3 2 内に搬入出させるための搬入出口 3 6 が設けられており、この搬入出口 3 6 に、前述したゲートバルブ 3 5 が設けられている。

10

【 0 0 2 9 】

処理室 3 2 内には、ウェハ W を略水平にした状態で載置させる載置台 4 0 が設けられている。図 5 及び図 6 に示すように、載置台 4 0 は、平面視において略円形をなすチャック本体 4 1 を備えており、チャック本体 4 1 の略平坦な上面 4 1 a が略水平になるように配置されている。かかる上面 4 1 a には、ウェハ W の下面に当接させられる当接部材としての当接ピン 4 2 が、複数個、上方に向かって突出するように設けられている。図 5 に示す例では、当接ピン 4 2 は 3 個設けられており、上面 4 1 a の中央部を囲むように、上面 4 1 a の周縁部に設けられている。かかる構成において、ウェハ W は、下面周縁部の 3 箇所を当接ピン 4 2 の上端部にそれぞれ載せた状態で、チャック本体 4 1 の上方において略水平に支持される。このように当接ピン 4 2 によって支持されたウェハ W の下面とチャック本体 4 1 の上面 4 1 a との間には、高さ方向において所定の幅 H を有する隙間 G が形成される。

20

【 0 0 3 0 】

また、図 6 に示すように、チャック本体 4 1 は、筐体 5 a の底部に固定されている基部 4 1 b と、上面 4 1 a を有し当接ピン 4 2 が取り付けられている上層部 4 1 c とを備えており、基部 4 1 b と上層部 4 1 c との間に、断熱材 4 1 d が設けられた構造になっている。

【 0 0 3 1 】

また、C O R 処理装置 5 には、載置台 4 0 （上層部 4 1 c ）の温度を所定の温度に調節することによりウェハ W の温度を調節するための温度調節器 4 6 が設けられている。温度調節器 4 6 は、温調用の液体（例えば水など）が通過させられる管路 4 7 , ポンプ 4 8 , 温調用の液体の温度を調節する液温調節部 4 9 を備えている。管路 4 7 は、例えば筐体 5 a の底部から載置台 4 0 の周縁部に導入されており、上層部 4 1 c の内部において、上層部 4 1 c の周縁部から所定の回転方向に沿って上層部 4 1 c の中心部に向かう渦巻状に配設されており、載置台 4 0 の中心部において、筐体 5 a の底部から外側に導出されている。管路 4 7 の上流端は、筐体 5 a の外部に設けられたポンプ 4 8 に接続されている。液温調節部 4 9 は、筐体 5 a の外部において管路 4 7 に介設されている。かかる構成において、温調用の液体は、ポンプ 4 8 の作動により、管路 4 7 内を流れ、液温調節部 4 9 において温調された後、載置台 4 0 の上層部 4 1 c 内に供給され、載置台 4 0 の中心部において、筐体 5 a から導出される。こうして上層部 4 1 c 内を液体が通過する間に、上層部 4 1 c と液体との間で熱交換が行われることにより、上層部 4 1 c の温度が調節されるように構成されている。なお、上層部 4 1 c と基部 4 1 b との間には、断熱材 4 1 d が設けられているので、この断熱材 4 1 d により、上層部 4 1 c の熱が筐体 5 a の外部に逃げることを防止できるようになっている。

30

40

【 0 0 3 2 】

また、図 4 に示すように、C O R 処理装置 5 には、処理室 3 2 にガスを供給する供給機構 5 0 が設けられている。供給機構 5 0 は、処理室 3 2 にハロゲン元素を含む処理ガスとしてフッ化水素ガス（H F ）を供給する供給路 5 1 , 処理室 3 2 に塩基性ガスとしてアンモニアガス（N H ₃ ）を供給する供給路 5 2 , 処理室 3 2 に不活性ガスとしてアルゴンガ

50

ス(Ar)を供給する供給路53, 処理室32に不活性ガスとして窒素ガス(N₂)を供給する供給路54, 及び, シャワーヘッド55を備えている。供給路51はフッ化水素ガスの供給源61に接続されている。また, 供給路51には, 供給路51の開閉動作及びフッ化水素ガスの供給流量の調節が可能な流量調整弁62が介設されている。供給路52はアンモニアガスの供給源63に接続されている。また, 供給路52には, 供給路52の開閉動作及びアンモニアガスの供給流量の調節が可能な流量調整弁64が介設されている。供給路53はアルゴンガスの供給源65に接続されている。また, 供給路53には, 供給路53の開閉動作及びアルゴンガスの供給流量の調節が可能な流量調整弁66が介設されている。供給路54は窒素ガスの供給源67に接続されている。また, 供給路54には, 供給路54の開閉動作及び窒素ガスの供給流量の調節が可能な流量調整弁68が介設されている。これら供給路51, 52, 53, 54は, 処理室32の天井部に設けられたシャワーヘッド55に接続されており, シャワーヘッド55から処理室32内に, フッ化水素ガス, アンモニアガス, アルゴンガス, 窒素ガスが拡散されるように吐出される。

【0033】

さらに, COR処理装置5には, 処理室32からガスを排気するための排気機構71が設けられている。排気機構71は, 開閉弁72, 強制排気を行うための排気ポンプ73が介設された排気路75を備えている。

【0034】

なお, 図4及び図6に示すように, COR処理装置5のゲートバルブ35, ポンプ48, 液温調節部49, 流量調整弁62, 64, 66, 68, 開閉弁72, 排気ポンプ73等の各部の動作は, 制御コンピュータ8の制御命令によってそれぞれ制御されるようになっている。即ち, 供給機構50によるフッ化水素ガス, アンモニアガス, アルゴンガス, 窒素ガスの供給, 排気機構71による排気, 温度調節器46による温度調節などは, 制御コンピュータ8によって制御される。

【0035】

COR処理装置5の載置台40, 筐体5a, シャワーヘッド55等の構成部品は, 例えばアルマイト処理等の表面処理が施されたアルミニウム(Al)又はアルミニウム合金等の金属で構成される。ただし, このような構成部品の表面にアルマイト処理を施した場合, 表面から硫酸アルミニウム(Al₂(SO₄)₃)等の金属パーティクルが発生しやすくなり, ウェハWが汚染されるおそれがある。かかる金属パーティクルの発生を低減するためには, 表面処理が施されていない無垢のアルミニウム, または, 窒化アルミニウム(AIN)等を用いた構成にしても良い。また, 例えば載置台40やシャワーヘッド55等の部品においては, アルミニウムの表面を石英(SiO₂)等で被覆したものを用いても良い。この場合も, 金属パーティクルの発生を効果的に低減できる。

【0036】

図7に示すように, PHT処理装置6は, ウェハWを収納する密閉構造の処理室(処理空間)33を備えており, 処理室33内には, ウェハWを略水平にして載置させる載置台80が設けられている。また, 図示はしないが, ウェハWを処理室33内に搬入出させるための搬入出口が設けられており, この搬入出口に, 前述したゲートバルブ35が設けられている。

【0037】

PHT処理装置6の載置台80等の構成部品は, 例えばアルマイト処理が施されたアルミニウム(Al), 又は, 表面処理が施されていない無垢のアルミニウム等によって構成しても良い。ただし, 表面から発生した硫酸アルミニウム等の金属パーティクルが熱泳動によりウェハWの下面に転写することがある。一般に, 載置台80の温度が高温(例えば160℃以上)に昇温させられるほど, 処理室33におけるPHT処理の反応は促進されやすくなるが, 熱泳動によるパーティクルの転写も生じやすくなる。そのため, 載置台80の温度は高温にさせすぎず, 例えば150℃以下程度, 望ましくは, 100℃~135℃程度にすると良い。そうすれば, 反応を良好に促進させながら, ウェハWへのパーティクルの付着も低減することができる。

【 0 0 3 8 】

さらに、P H T 処理装置 6 には、処理室 3 3 に例えば窒素ガス (N_2) などの不活性ガスを加熱して供給する供給路 8 1 を備えた供給機構 8 2、処理室 3 3 を排気する排気路 8 3 を備えた排気機構 8 4 が備えられている。供給路 8 1 は窒素ガスの供給源 8 5 に接続されている。また、供給路 8 1 には、供給路 8 1 の開閉動作及び窒素ガスの供給流量の調節が可能な流量調整弁 8 6 が介設されている。排気路 8 3 には、開閉弁 8 7、強制排気を行うための排気ポンプ 8 8 が介設されている。

【 0 0 3 9 】

なお、P H T 処理装置 6 のゲートバルブ 3 5、流量調整弁 8 6、排気ポンプ 8 8 等の各部の動作は、制御コンピュータ 8 の制御命令によってそれぞれ制御されるようになっている。

10

【 0 0 4 0 】

処理システム 1 の各機能要素は、処理システム 1 全体の動作を自動制御する制御コンピュータ 8 に、信号ラインを介して接続されている。ここで、機能要素とは、例えば前述した C O R 処理装置 5 のゲートバルブ 3 5、ポンプ 4 8、液温調節部 4 9、流量調整弁 6 2、6 4、6 6、6 8、開閉弁 7 2、排気ポンプ 7 3、P H T 処理装置 6 のゲートバルブ 3 5、流量調整弁 8 6、排気ポンプ 8 8 等の、所定のプロセス条件を実現するために動作する総ての要素を意味している。制御コンピュータ 8 は、典型的には、実行するソフトウェアに依存して任意の機能を実現することができる汎用コンピュータである。

【 0 0 4 1 】

20

図 3 に示すように、制御コンピュータ 8 は、C P U (中央演算装置) を備えた演算部 8 a と、演算部 8 a に接続された入出力部 8 b と、入出力部 8 b に挿着され制御ソフトウェアを格納した記録媒体 8 c と、を有する。この記録媒体 8 c には、制御コンピュータ 8 によって実行されることにより処理システム 1 に後述する所定の基板処理方法を行わせる制御ソフトウェア (プログラム) が記録されている。制御コンピュータ 8 は、該制御ソフトウェアを実行することにより、処理システム 1 の各機能要素を、所定のプロセスレシビにより定義された様々なプロセス条件 (例えば、処理室 3 2 の圧力等) が実現されるように制御する。例えば、C O R 処理装置 5 に対しては、後に詳細に説明するように、処理室 3 2 を所定の圧力 P 2 にした状態でウェハ W の温度を調節する制御 (ステップ S 2 を実現する制御)、処理室 3 2 を圧力 P 3 の処理雰囲気にする制御 (ステップ S 4 を実現する制御) など、ステップ S 1 ~ S 5 が順番に行われるように制御命令を与える。

30

【 0 0 4 2 】

記録媒体 8 c は、制御コンピュータ 8 に固定的に設けられるもの、あるいは、制御コンピュータ 8 に設けられた図示しない読み取り装置に着脱自在に装着されて該読み取り装置により読み取り可能なものであっても良い。最も典型的な実施形態においては、記録媒体 8 c は、処理システム 1 のメーカーのサービスマンによって制御ソフトウェアがインストールされたハードディスクドライブである。他の実施形態においては、記録媒体 8 c は、制御ソフトウェアが書き込まれた C D - R O M 又は D V D - R O M のような、リムーバブルディスクである。このようなリムーバブルディスクは、制御コンピュータ 8 に設けられた図示しない光学的読取装置により読み取られる。また、記録媒体 8 c は、R A M (r a n d o m a c c e s s m e m o r y) 又は R O M (r e a d o n l y m e m o r y) のいずれの形式のものであっても良い。さらに、記録媒体 8 c は、カセット式の R O M のようなものであっても良い。要するに、コンピュータの技術分野において知られている任意のものを記録媒体 8 c として用いることが可能である。なお、複数の処理システム 1 が配置される工場においては、各処理システム 1 の制御コンピュータ 8 を統括的に制御する管理コンピュータに、制御ソフトウェアが格納されていても良い。この場合、各処理システム 1 は、通信回線を介して管理コンピュータにより操作され、所定のプロセスを実行する。

40

【 0 0 4 3 】

次に、以上のように構成された処理システム 1 が使用されるウェハ W の処理方法につい

50

て説明する。まず、図 1 に示したように Si 層，酸化層，Poly-Si 層，TEOS 層を有するウェハ W が，ドライエッチング装置等によりエッチング処理され，図 2 に示したように，Si が露出した凹部が形成される。かかるドライエッチング処理後のウェハ W が，キャリア C 内に収納され，処理システム 1 に搬送される。

【0044】

処理システム 1 においては，図 3 に示すように，複数枚のウェハ W が収納されたキャリア C が載置台 13 上に載置され，ウェハ搬送機構 11 によってキャリア C から一枚のウェハ W が取り出され，ロードロック室 20A に搬入される。ロードロック室 20A にウェハ W が搬入されると，ロードロック室 20A が密閉され，減圧される。その後，ロードロッ

10

【0045】

共通搬送室 3 に搬入されたウェハ W は，先ず COR 処理装置 5 の処理室 32 に搬入される。ウェハ W は，表面（デバイス形成面）を上面とした状態で，ウェハ搬送機構 31 から載置台 40 に受け渡される。ウェハ W が搬入されると搬入出口 36 が閉じられ，COR 処理を含む一連の工程が開始される。この COR 処理装置 5 において行われる工程については，後に詳細に説明する。COR 処理によって，ウェハ W の凹部の自然酸化膜は反応生成物に変質させられる（図 8 参照）。

【0046】

20

COR 処理装置 5 における工程が終了すると，搬入出口 36 が開かれ，ウェハ W はウェハ搬送機構 31 によって処理室 32 から搬出され，PHT 処理装置 6 の処理室 33 に搬入される。

【0047】

PHT 処理装置 6 において，ウェハ W は表面を上面とした状態で処理室 33 内に載置される。ウェハ W が搬入されると処理室 33 が密閉され，PHT 処理が開始される。PHT 処理では，処理室 33 内が排気路 83 によって排気されながら，供給路 81 によって高温の加熱ガスが処理室 33 内に供給され，加熱ガスにより処理室 33 内が昇温される。これにより，上記 COR 処理によって生じた反応生成物が加熱されて気化し，凹部の内面から除去され，Si 層の表面が露出させられる（図 9 参照）。処理室 33 内の温度及び圧力は，反応生成物が気化する条件に制御され，例えば約 100 以上の温度に加熱される。このように，COR 処理の後，PHT 処理を行うことにより，ウェハ W をドライ洗浄でき，自然酸化膜をドライエッチングするようにして，Si 層から除去することができる。

30

【0048】

PHT 処理が終了すると，加熱ガスの供給が停止され，PHT 処理装置 6 の搬入出口が開かれる。その後，ウェハ W はウェハ搬送機構 31 によって処理室 33 から搬出され，エピタキシャル成長装置 7A 又は 7B の処理室 34 に搬入される。

【0049】

処理室 34 にウェハ W が搬入されると，処理室 34 が密閉され，SiGe の成膜処理が開始される。成膜処理においては，処理室 34 内に供給される反応ガスとウェハ W の凹部において露出した Si 層とが化学反応することにより，凹部に SiGe がエピタキシャル成長する（図 10 参照）。ここで，前述した COR 処理と PHT 処理により，凹部において露出させられている Si 層の表面からは，自然酸化膜が除去されているので，SiGe は Si 層の表面をベースとして，好適に成長させられる。

40

【0050】

このようにして，両側の凹部に SiGe 層がそれぞれ形成されると，Si 層では，SiGe 層によって挟まれた部分が両側から圧縮応力を受ける。即ち，Poly-Si 層及び酸化層の下方において，SiGe 層によって挟まれた部分に，圧縮歪を有する歪 Si 層が形成される。

【0051】

50

こうしてS i G e層が形成され、成膜処理が終了すると、ウェハWはウェハ搬送機構31によって処理室34から搬出され、ロードロック室20Bに搬入される。ロードロック室20BにウェハWが搬入されると、ロードロック室20Bが密閉された後、ロードロック室20Bと搬送室12とが連通させられる。そして、ウェハ搬送機構11によって、ウェハWがロードロック室20Bから搬出され、載置台13上のキャリアCに戻される。以上のようにして、処理システム1における一連の工程が終了する。

【0052】

次に、C O R処理装置5にて行われる工程について詳細に説明する。処理室32への搬入時、ウェハ搬送機構31から載置台40に受け渡されたウェハWは、複数の当接ピン42にウェハWの下面周縁部を当接させた状態で、略水平に載置される。このように当接ピン42によって下面が支持された状態では、ウェハWは載置台40の上面41aに対して上方に離隔させられ、ウェハWの下面と上面41aとの間に隙間Gが形成される。なお、ウェハWを処理室32へ搬入する際は、処理室32の圧力は、大気圧 P_0 より減圧された真空状態に近い圧力 P_1 になっている。

【0053】

ウェハWが処理室32に搬入され載置台40に受け渡されたら、処理室32を密閉した後、各供給路52、53、54から処理室32にそれぞれアンモニアガス、アルゴンガス、窒素ガスを供給する。これにより、処理室32内は、ウェハW搬入時の最初の圧力 P_1 から所定の圧力 P_2 （例えば約2 Torr（約 2.67×10^2 Pa）程度、 $P_1 < P_2 < P_0$ ）に加圧される（図11及び図12においてステップS1）。

【0054】

処理室32内が所定の圧力 P_2 になったら、アンモニアガス、窒素ガス、アルゴンガスの供給を停止させ、次に、温度調節器46によってウェハWの温度を所定の目標値（例えば約25 程度）に調節する（ステップS2）。ウェハWを温調する際には、管路47に液体が通過させられ、載置台40の上層部41cの温度が所定の温度に調節される。ここで、ウェハWの下面は上面41aに対して近接させられているものの、隙間Gを空けて離隔させられているが、処理室32には予めアンモニアガス、アルゴンガス、窒素ガスが導入されており、これらの混合ガスが隙間Gに侵入した状態になっている。従って、ウェハWが上面41aに直接的に接触していなくても、隙間G内の混合ガスを介して、ウェハWと上面41aとの間で熱交換が行われるので、ウェハWの温度を上面41aの温度に効率的に近づけることができる。従って、処理室32を圧力 P_2 にした状態で、上層部41cの温度を調節することにより、上層部41cの熱（冷熱）を混合ガスを介してウェハWに伝熱させ、ウェハWの温度を確実に調節することができる。

【0055】

ウェハWの温調が終了したら、次に、処理室32内を強制排気して、処理室32を圧力 P_2 より低い圧力 P_3 （例えば約0.1 Torr（約13.3 Pa）以下程度、 $P_1 < P_3 < P_2$ ）に減圧させる（ステップS3）。処理室32の圧力が安定し、圧力 P_3 になったら、供給路51から処理室32にフッ化水素ガスを供給する。ここで処理室32には、予めアンモニアガスが供給されているので、フッ化水素ガスを供給することにより、処理室32の雰囲気はフッ化水素ガスとアンモニアガスとを含む処理雰囲気にされ、ウェハWに対してC O R処理（ステップS4）が開始される。かかる低圧状態の処理雰囲気によって、ウェハWの表面に存在する自然酸化膜が、フッ化水素ガスの分子及びアンモニアガスの分子と化学反応して、反応生成物に変質させられる。C O R処理中は、処理室32の雰囲気が一定の圧力 P_3 に維持されるようにする。

【0056】

なお、このようにフッ化水素ガスを供給する前に、処理室32の圧力を減圧して圧力 P_3 に安定させるようにすると、処理雰囲気の圧力を安定させやすく、また、処理雰囲気中のフッ化水素ガスやアンモニアガスの濃度の均一性を良好にすることができる。従って、ウェハWの処理むらを防止できる。また、フッ化水素ガスは液化しやすい、筐体5aの内壁に付着しやすいといった性質があるが、C O R処理の直前に供給することにより、その

ような問題が発生することを抑制できる。

【 0 0 5 7 】

C O R 処理が終了したら、再び処理室 3 2 を強制排気して、圧力 P 1 に減圧する（ステップ S 5）。これにより、フッ化水素ガスやアンモニアガスが処理室 3 2 から排出される。その後、搬入出口 3 6 を開口させて、ウェハ W を搬出させ、次の未処理のウェハ W を処理室 3 2 に搬入させる。

【 0 0 5 8 】

かかる C O R 処理装置 5 によれば、ウェハ W の下面と載置台 4 0 の上面 4 1 a との間に隙間 G が形成される構成としたことにより、載置台 4 0 からウェハ W にパーティクルが転写することを防止できる。また、ウェハ W の下面が載置台 4 0 の上面やパーティクルと擦れ合うことによるウェハ W の損傷を防止できる。ウェハ W の温度を調節する際は、処理室 3 2 内を所定の圧力 P 2 に加圧することにより、ウェハ W の下面と上面 4 1 a との間の隙間 G に混合ガスを供給して、この混合ガスを媒体として、ウェハ W と載置台 4 0 との間で熱を効率的に伝達させることができる。従って、ウェハ W の温度を効率的に調節できる。

【 0 0 5 9 】

以上、本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明はかかる例に限定されない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到しうることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【 0 0 6 0 】

以上の実施形態では、低圧状態で基板を処理する基板処理装置及び基板処理方法として、C O R 処理装置 5 及び C O R 処理装置 5 を用いた処理方法を例示したが、本発明は、かかる装置及び方法に限定されず、他の基板処理装置及び基板処理方法、例えば、基板に対して例えばエッチング処理、C V D 処理等を行う基板処理装置及び基板処理方法に適用することもできる。また、基板は半導体ウェハに限定されず、例えば L C D 基板用ガラス、C D 基板、プリント基板、セラミック基板などであっても良い。

【 0 0 6 1 】

本実施形態では、処理室 3 2 に供給される不活性ガスとして、アルゴンガス及び窒素ガスを例示したが、かかるものには限定されず、例えばアルゴンガスのみであっても良い。また、かかる不活性ガスは、その他の不活性ガス、例えば、ヘリウムガス（H e）、キセノンガス（X e）のいずれかであっても良く、または、アルゴンガス、窒素ガス、ヘリウムガス、キセノンガスのうち 2 種類以上のガスを混合したものであっても良い。

【 0 0 6 2 】

また、以上の実施形態では、処理室 3 2 に供給路 5 2、5 3、5 4 からガス供給を行うことにより、ウェハ W と載置台 4 0 との隙間 G に対して、ガスを周囲から侵入させるようにして供給する構成としたが、隙間 G にガスを直接供給する供給口を設けても良い。例えば、載置台 4 0 の上面 4 1 a に、ヘリウム（H e）又は窒素ガスなどの不活性ガスを吐出する供給口を設け、この供給口から載置台 4 0 に載置されたウェハ W の下面に対して不活性ガスを供給できる構成としても良い。

【 0 0 6 3 】

温度調節器 4 6 は、載置台 4 0 内に温調用の液体を流すことで温度調節を行う構成としたが、かかる構成には限定されず、例えば抵抗熱によって載置台 4 0 を加熱する電気ヒータ、又は、輻射熱によって載置台 4 0 を加熱するハロゲンランプヒータ等を備えた構成であっても良い。この場合も、電気ヒータやハロゲンランプヒータによって載置台 4 0 を加熱することにより、ウェハ W を加熱できる。

【実施例】

【 0 0 6 4 】

本発明者らは、C O R 処理装置 5 における処理工程の各種条件について検討した。ステップ S 2 におけるウェハ W の温度の目標値は、例えば約 1 0 以上、6 0 以下程度としても良い。ステップ S 2 でウェハの温調を行う処理時間は、約 1 5 秒間以上、約 3 0 0 秒

10

20

30

40

50

間以下としても良い。なお、温調の処理時間は長いほど、ウェハの温度を目標値に近づけることはできるが、処理システム1全体のスループットや生産性を考慮すると短いほうが望ましく、例えば約30秒以下程度にすると良い。処理室32の圧力P2は、約0.5 Torr (約66.7 Pa) 以上、約100 Torr (13.3×10^3 Pa) 以下の値としても良い。なお、圧力P2は高いほどウェハを効率的に温調できるが、COR処理装置5の構造上の制約等を考慮すると、例えば約4 Torr (約5.33 $\times 10^2$ Pa) 以下程度にすることが望ましいであろう。また、ステップS1~S4において、各種ガスの供給を行う際、フッ化水素ガスの供給流量は約500 sccm (約8.45 $\times 10^{-1}$ m³/s) 以下、アンモニアガスの供給流量は約500 sccm以下、アルゴンガスの供給流量は約2000 sccm (約3.38 m³/s) 以下、窒素ガスの供給流量は約2000 sccm以下としても良い。

10

【0065】

また、本発明者らは、ステップS2でのウェハの温度調節における圧力依存性を調べた。図13は、ステップS2においてウェハを温調した処理時間を一定値(30秒間)としたときの、処理室32の圧力P2とウェハの温度との関係を示している。載置台40の上面41aの温度は25とし、温調前のウェハの温度は35とした。図13に示すように、圧力P2が0.9 Torr (約1.20 $\times 10^2$ Pa)、2 Torr、4 Torr (約5.33 $\times 10^2$ Pa) のとき、ウェハの温度はそれぞれ約29.48、約27.91、約27.32 になるという結果が得られた。従って、圧力P2が高いほど、ウェハを効率的に温調できることが実証された。

20

【0066】

また、本発明者らは、ステップS2でのウェハの温度調節における時間依存性を調べた。図14は、ステップS2において圧力P2を一定値(2 Torr)としたときの、ウェハを温調した処理時間とウェハの温度との関係を示している。載置台40の上面41aの温度は25とし、温調前のウェハの温度は35とした。図14に示すように、処理時間が15秒、30秒、60秒のとき、ウェハの温度はそれぞれ約29.13、約27.91、約26.90 に冷却されるという結果が得られた。従って、処理時間が長いほど、ウェハの温度が目標値(25)に近づくことが実証された。

【産業上の利用可能性】

【0067】

本発明は、低圧状態で基板の処理を行う基板処理装置、基板処理方法、及び、かかる基板処理装置に備えられる記録媒体に適用できる。

【図面の簡単な説明】

【0068】

【図1】Si層をエッチング処理する前のウェハの表面の構造を示した概略縦断面図である。

【図2】Si層をエッチング処理した後のウェハの表面の構造を示した概略縦断面図である。

【図3】処理システムの概略平面図である。

【図4】COR処理装置の構成を示した概略縦断面図である。

40

【図5】載置台の平面図である。

【図6】載置台の概略縦断面図である。

【図7】PHT処理装置の構成を示した概略縦断面図である。

【図8】COR処理後のウェハの表面の状態を示した概略縦断面図である。

【図9】PHT処理後のウェハの表面の状態を示した概略縦断面図である。

【図10】SiGe層成膜処理後のウェハの表面の状態を示した概略縦断面図である。

【図11】COR処理装置における工程の手順を示したフロー図である。

【図12】COR処理装置において処理が行われる間の処理室の圧力変化を示したグラフである。

【図13】ウェハを温調した処理時間を30秒間としたときの、処理室の圧力とウェハの

50

温度との関係を示したグラフである。

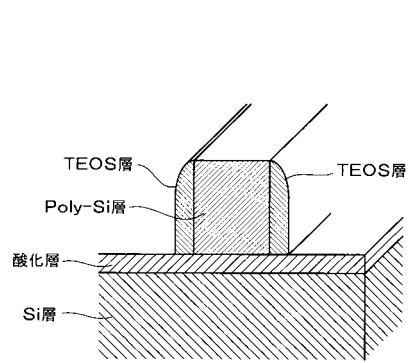
【図 1 4】ステップ S 2 において圧力を 2 T o r r としたときの，ウェハを温調した処理時間とウェハの温度との関係を示したグラフである。

【符号の説明】

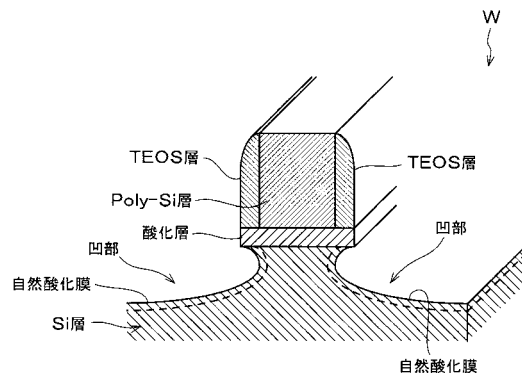
【 0 0 6 9 】

W	ウェハ	
1	処理システム	
5	C O R 処理装置	
6	P H T 処理装置	
8	制御コンピュータ	10
8 a	演算部	
8 c	記録媒体	
3 2	処理室	
3 3	処理室	
4 0	載置台	
4 1	チャック本体	
4 1 a	上面	
4 2	当接ピン	
4 6	温度調節器	
4 7	管路	20
5 0	供給機構	
5 1	フッ化水素ガスの供給路	
5 2	アンモニアガスの供給路	
5 3	アルゴンガスの供給路	
5 4	窒素ガスの供給路	
7 1	排気機構	
7 5	排気路	

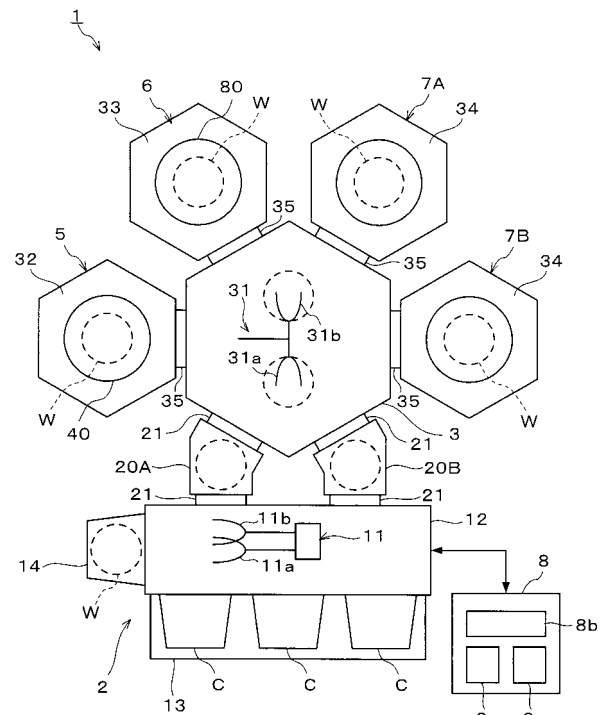
【図 1】



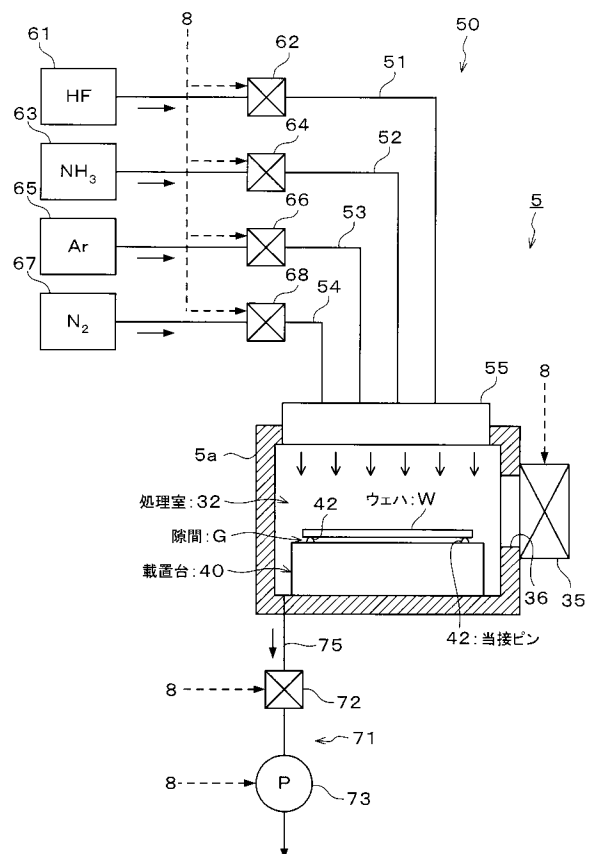
【図 2】



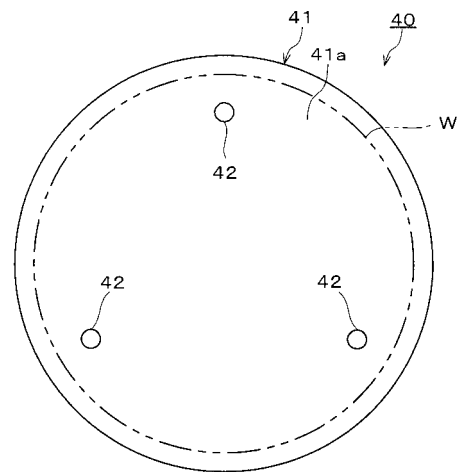
【図 3】



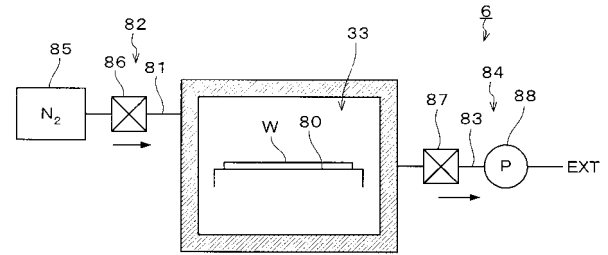
【図 4】



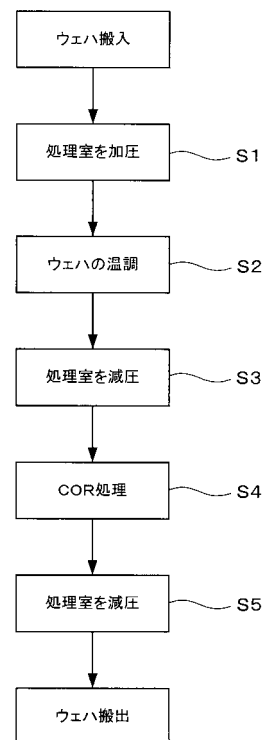
【図 5】



【 図 7 】



【 図 1 1 】



TEOS層

Poly-Si層

酸化層

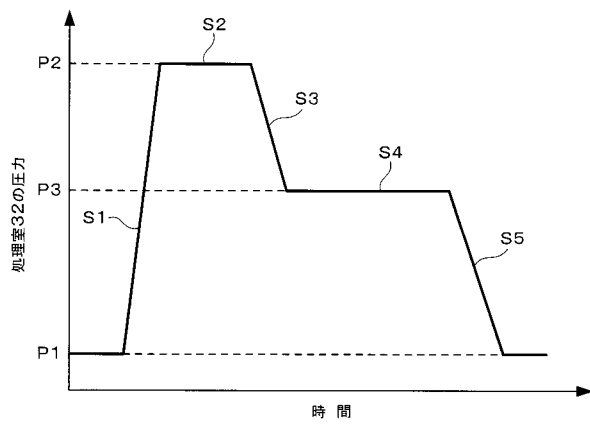
SiGe層

Si層

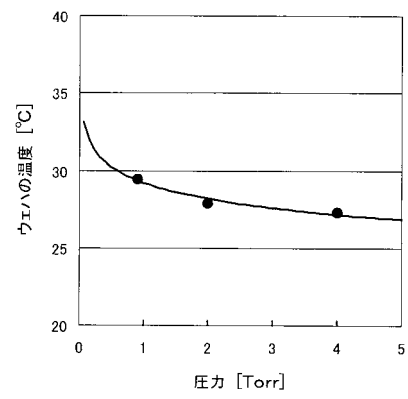
歪Si層

W

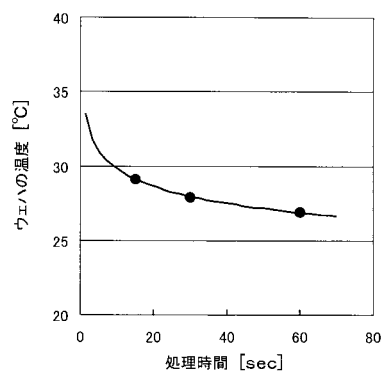
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

(72)発明者 折居 武彦

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 長谷部 智寿

(56)参考文献 特開2004-128019(JP,A)

特開2000-208498(JP,A)

特開2004-343094(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/302

H01L 21/3065