

明 細 書

発明の名称：

温度測定アセンブリ、基板処理装置、基板処理方法、半導体装置の製造方法及びプログラム

技術分野

[0001] 本開示は、温度測定アセンブリ、基板処理装置、基板処理方法、半導体装置の製造方法及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 半導体装置の製造方法に於いて、基板（以下、ウエハと称す）に酸化膜等を形成したりアニールしたりする為の装置として、縦型基板処理装置を使用する場合がある。ウエハにこれらの処理をする際には、処理室内に処理ガスを供給しつつ、処理室内を所定の温度まで加熱する。処理室内を所定の温度に維持する為、処理室内には温度を検出する為の温度センサ、例えば熱電対が設けられることがある。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2009-117798号公報

特許文献2：特開2013-036977号公報

特許文献3：特開2014-067766号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 高温環境下での、熱電対が挿入された金属保護管や封止の劣化は、金属保護管内が不活性雰囲気完全に満たされた状態の破壊を招き、熱電対の起電力が低下したり、熱電対が断線したりして、正しく温度を測定できなくなる。

[0005] 本開示は、高温環境下で長期間安定して温度測定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、(a)温度センサの2本の導線がそれぞれ挿通される2つの貫通孔を有する絶縁管と、(b)内側に第1の端から前記絶縁管が挿通される第1保護管と、(c)前記第1保護管の前記第1の端と気密に接続されるとともに、取付けポートに炉外側から気密に取り付けられる筒状のスリーブと、(d)前記取付けポートに炉内側から装着され、前記炉内側の第1保護管全体を覆う第2保護管と、を備える技術が提供される。

発明の効果

[0007] 本開示によれば、高温環境下で長期間安定して温度測定が可能となる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は本開示の一態様に係る処理炉の縦断面図である。

[図2]図2は一態様に係る取付けられた温度測定アセンブリの中心軸上の断面図である。

[図3]図3は一態様に係る温度測定アセンブリの処理炉2内における水平断面の底面図である。

[図4]図4は一態様に係る第1絶縁管の底面図である。

[図5]図5は一態様に係る温度測定アセンブリのT継手付近の垂直断面を左下から見上げた斜視図である。

[図6]図6は一態様に係る基板処理方法を説明するフローチャートである。

[図7]図7(a)は本開示の変形例に係る温度測定アセンブリの中心軸上の断面図であり、図7(b)は図7(a)の温度測定アセンブリのスリーブの底面図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本開示の一態様について、主に図1～図5を参照しつつ説明する。尚、以下の説明に於いて用いられる図面は、何れも模式的なものであり、図面に示される各要素の寸法の関係、各要素の比率等は、現実のものとは必ず

しも一致していない。又、複数の図面の相互間に於いても、各要素の寸法の関係、各要素の比率等は必ずしも一致していない。また、図 1 及び図 2 で説明した要素と実質的に同一の要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。さらに、明細書中に特段の断りが無い限り、各要素は一つに限定されず、複数存在してもよい。

[0010] 図 1 は、本実施例に係る基板処理装置 1 に於ける処理炉 2 の縦断面図を示している。基板処理装置 1 は、縦方向に整列された複数枚の炭化ケイ素（SiC）基板にアニール処理を行う、バッチ式縦型アニール装置として構成されている。バッチ式処理装置として構成することで、一度に多くの基板を処理できるようになり、生産性を向上できる。

[0011] 基板処理装置 1 は、例えば国際公開第 1 2 / 1 1 5 1 7 0 号の図 1 に示される装置と同様の構成となっている。基板処理装置 1 は処理炉 2 を有し、処理炉 2 には基板保持体としてのポート 3 が挿脱可能に構成されている。ポート 3 は、例えばカーボングラファイト又は SiC 等の耐熱材料で構成されている。ポート 3 は、複数枚の SiC 等から形成される基板としてのウエハ 4 を水平姿勢で、且つ互いに中心を揃えた状態で整列させて縦方向に積上げ、保持するように構成されている。

[0012] ポート 3 の下部には、例えば SiC 等の耐熱材料で構成された断熱部としての断熱部 5 が配置されている。断熱部 5 は、ポート 3 を下方から支持し、後述する発熱体 6 からの熱を処理炉 2 の下方側へ伝え難くするように構成されている。複数枚のウエハ 4 を装填したポート 3 を処理炉 2 内に搬入することで、熱処理が行われる。

[0013] 図 1 に示されるように、処理炉 2 は、石英又は SiC 等の耐熱材料で構成され、上端が閉塞し、下端が開口した円筒形状に形成された反応管 7 を備えている。反応管 7 の筒中空部には、処理室としての反応室 8 が形成されている。反応室 8 内には、SiC 等で形成された基板としてのウエハ 4 を保持した上述のポート 3 が収納されるように構成されている。

[0014] 反応管 7 の下方には、反応管 7 と同心円状にマニホールド 1 1 が配設され

ている。マニホールド 11 は、例えば金属製であり、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 11 は、反応管 7 を下方から支持するように設けられている。マニホールド 11 と反応管 7 との間には、シール部材としてのＯリング（図示せず）が設けられている。反応管 7 とマニホールド 11 とにより、反応容器が形成される。

[0015] 処理炉 2 は、誘導加熱により加熱される被加熱体としての発熱体 6 と、誘導加熱部、即ち磁場発生部としての誘導コイル 12 と、を備えている。発熱体 6 は、例えばカーボン等の導電性耐熱材料で筒状に形成されており、反応室 8 内に收容されたボート 3 を囲うように、即ちウエハ 4 の收容領域を囲うように設けられている。発熱体 6 は、上下端が開口した円筒形状、又は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。誘導コイル 12 は、絶縁耐熱材料により構成されたコイル支持体 12a により支持され、反応管 7 の外周を囲うように設けられている。誘導コイル 12 には、交流電源 13 から、例えば 10～450kHz、10～200kW の交流電力が供給される。誘導コイル 12 に交流電流を流すことで発生する交流磁場により、発熱体 6 に誘導電流が流れ、ジュール熱により発熱体 6 が発熱する。発熱体 6 が発熱することで、発熱体 6 から発せられる輻射熱により、ボート 3 に保持されたウエハ 4 が、所定の処理温度、例えば 1500℃～2000℃の温度に加熱される。このとき、熱ダメージを防ぐ為、処理炉 2 下方の構成部材の温度は、例えば 200℃以下の温度に維持することが好ましい。

[0016] 反応管 7 と発熱体 6 との間には、断熱体 14 が設けられている。断熱体 14 は、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。

[0017] 又、ウエハ 4 を保持した上述のボート 3 と発熱体 6 の間には、処理温度を検出する為の温度測定アセンブリ 15 が設けられている。温度測定アセンブリ 15 は、マニホールド 11 を貫通し、ボート 3 の上端付近まで垂直に延出している。温度測定アセンブリ 15 は、図示しない温度制御部に電氣的に接続されている。温度制御部は、温度測定アセンブリ 15 により検出された温度情報に基づき交流電源 13 から誘導コイル 12 への供給電力を調節するこ

とで、ウエハ４の処理温度が所望の温度となるよう制御する。主に、発熱体６、誘導コイル１２、交流電源１３、温度測定アセンブリ１５により、本実施形態に係る加熱部が構成されている。

[0018] 又、誘導コイル１２の外側には、反応室８内の熱が外側に伝達するのを抑制する、例えば水冷構造の外側断熱壁１６が、反応室８を囲むように設けられている。更に、外側断熱壁１６の外側には、誘導コイル１２により発生させた磁場が外側に漏れるのを防止する磁気シールド１７が設けられている。

[0019] 処理炉２には、上端に第１のガス供給口１８aを有する第１ガスノズル１８等が配設されている。第１ガスノズル１８は、発熱体６の内側であって、ウエハ４の収容領域と発熱体６との間に鉛直方向に配設されている。第１ガスノズル１８は、マニホールド１１を貫通するように設けられた第１のガス供給管１９に接続されている。第１のガス供給管１９の上流端には、ガス供給ユニット２１が接続されている。

[0020] 発熱体６の外側であって、断熱体１４と反応管７との間には、第２のガス供給管２２が鉛直方向に配設されている。第２のガス供給管２２の下流端には、第２のガス供給口２３が設けられている。第２のガス供給管２２はマニホールド１１を貫通するように設けられている。第２のガス供給管２２の上流端には、ガス供給ユニット２１が接続されている。

[0021] 断熱部５、即ちウエハ４の収容領域の下方の側方であって、第１のガス供給口１８aと対向するマニホールド１１の側壁には、第１の排気口２４が開設されている。又、断熱体１４と反応管７との間であって、反応管７が載置されたマニホールド１１の構成壁には、第２の排気口２５が開設されている。第１の排気口２４及び第２の排気口２５には、排気管２６の分岐した上流端がそれぞれ接続されている。排気管２６には、上流側から順に、圧力検出器としての圧力センサ２７、圧力調整器としてのＡＰＣ（Auto Pressure Controller）バルブ２８、真空排気装置としての真空ポンプ２９が設けられている。圧力センサ２７、ＡＰＣバルブ２８、及び真空ポンプ２９は、圧力制御部（図示せず）に電氣的に接続されている。圧

力制御部は、圧力センサ 27 で測定された圧力情報に基づき A P C バルブ 28 の開度をフィードバック制御することで、反応室 8 内の圧力が所定の圧力となるよう制御する。

[0022] 又、第 2 の排気口 25 を上述のように設けることで、第 2 のガス供給口 23 から反応室 8 内に供給された窒素等の不活性ガスであるパージガスは、反応管 7 と断熱体 14 との間をパージして、第 2 の排気口 25 から排気される。

[0023] 更に、ポート 3 は、図示しない昇降機構により、反応室 8 内に搬入、即ちポートロード及び搬出、即ちポートアンロードが可能となっている。ポート 3 を反応室 8 内に搬入することで、処理炉 2 の開口部、即ち炉口が O リング等のシール部材を介してシールキャップ 31 により気密に閉塞される様に構成されている。また、断熱部 5 は、シールキャップ 31 に設けられたポート支持機構 30 によって回転可能に支持されうる。

[0024] コントローラ 50 は、基板処理装置 1 の各部を制御するものであり、中央処理装置 (C P U) 51 と、主記憶装置 52 と、補助記憶装置 53 とを有する。補助記憶装置 53 は、基板処理装置 1 にアニール処理等を行わせるための一連の動作を定めたレシピ情報と、レシピ情報に基づいて実際に基板処理装置 1 を制御するように C P U 51 に実行されるプログラムが格納されている。補助記憶装置 53 は、光ディスク等の記録媒体を含みうる。

[0025] 次に、図 2 ～図 4 を参照して、温度測定アセンブリ 15 の詳細について説明する。温度測定アセンブリ 15 は、熱電対 32 と、第 1 保護管 33 と、第 2 保護管 34 と、スリーブ 35 と、第 1 絶縁管 37 と、第 2 絶縁管 38 と、を有する。温度測定アセンブリ 15 に封止部 36 とパージガス供給部としての T 継手 39 とを含めても良い。なお、熱電対 32、第 1 保護管 33 と、スリーブ 35、封止部 36 と、第 1 絶縁管 37、第 2 絶縁管 38 を有する組物を、温度測定アセンブリ 15 と区別して熱電対ユニットと呼ぶ。

[0026] 熱電対 32 は、温度を測定する温度センサであり、例えばタングステン・レニウム熱電対又はイリジウム・ロジウム熱電対が用いられる。酸化劣化を

防ぐため、このような熱電対は、高温で使用する際、真空中、不活性雰囲気、水素雰囲気とすることが好ましい。熱電対は、温度測定アセンブリ 15 の中心軸に沿って伸びる、+線と-線の一对の素線を有する。図 2 では、作図の都合上、一方の素線のみ示している。熱電対 32 の先端の接合部（言い換えると、測温点）の付近では、接合部を機械荷重から保護するため、一对の素線は互いに縊り合されうる。熱電対 32 の一对の素線は、十分低温であるような処理炉 2 外において、対応する一对の補償導線 32 a に接続されうる。素線と補償導線を総称して導線と呼ぶ。

[0027] 第 1 保護管 33 は、上端が閉塞され下端がそれ自体で開放された円筒形状に形成され、熱電対 32 の少なくとも処理炉 2 内に挿入される部分を覆う。換言すれば、第 1 保護管 33 は、内側に下端（第 1 の端）から前記絶縁管が挿通される。第 1 保護管 33 は、例えば、タンタル（Ta）、モリブデン（Mo）、イリジウム（Ir）等の高融点の金属によって作られうる。そのような金属は高温では酸化されうるため、真空または不活性雰囲気で使用されることが好ましい。第 1 保護管 33 の上端（第 2 の端）は、筒部と同じまたは筒部と溶接可能な高融点金属の蓋を、筒部に溶接することによって閉塞されうる。第 1 保護管 33 は、その上端と熱電対 32 の先端との間の高さにおいて、内外を連通させる 1 または複数の第 1 放出孔 33 a を備える。

[0028] 第 2 保護管 34 は、上端が閉塞され下端がそれ自体で開放された円筒形状に形成され、取付けポートに炉内側から装着され、第 1 保護管 33 の少なくとも処理炉 2 内に挿入される部分を覆う。第 2 保護管 34 の材料は、例えば黒鉛、炭化タンタル（TaC）、炭化チタン（TiC）、SiC 等の炭化物、窒化ホウ素（BN）や窒化アルミニウム（AlN）等の窒化物、酸化アルミニウム（Al₂O₃）や酸化マグネシウム（MgO）等の酸化物等、処理温度等の条件に応じて各種高温用セラミックスや金属素材の中から適宜選択される。第 2 保護管 34 は、処理炉 2 内の低い位置において、内外を連通させる 1 または複数の第 2 放出孔 34 a を備える。第 2 保護管 34 は、後述する取付けポート 41 に挿入される部分の外径を、それ以外の部分の外径よりも

小さくされうる。

[0029] スリーブ35は、金属によって円筒形状に形成され、上端において第1保護管33の下端と気密に接続するとともに、取付けポート41に炉外側から気密に取り付けられている。具体的にはスリーブ35は、内径が階段状に変化する中心孔を有し、第1保護管33が中心孔の大径側に挿入された後、スリーブ35の上端と第1保護管33の側面とが溶接またはろう付けにより接続される。一方、中心孔の小径側、つまり第1保護管33が接続される側と反対側は、熱電対32の素線または補償導線32aを引き出しつつ、封止部36によって封止される。封止部36には、例えばガラス、セメント、耐熱接着剤あるいは合成樹脂等のガス透過性が低い電気絶縁素材が用いられる。本例では、熱電対32の素線と補償導線32aは封止部36内で接続される。スリーブ35はまた、外径が階段状に変化する側面と、側面において内外を連通させる第2流路としての孔35aを有する。スリーブ35の側面の少なくとも一部は、後述するＯリングとの間のシール性を高めるため、鏡面研磨されうる。

[0030] 第1絶縁管37は、温度測定アセンブリの中心軸に沿って並んだ2つの貫通孔37aを有する細長い丸棒状に形成され、主に処理炉2外の部分に配置される。2つの貫通孔37aには、熱電対32の1対の素線がそれぞれ挿通される。第1絶縁管37は、例えば Al_2O_3 、酸化ジルコニウム(ZrO_2)、石英、その他のセラミックス等の耐熱絶縁素材により作られ、熱電対32の素線を互いに及び第1保護管33との間で電氣的に絶縁するとともに、熱電対32の直立姿勢を維持する。第1絶縁管37の下端は、封止部36に支えられている。第1絶縁管37は3以上の貫通孔37aを有してもよく、そのうちの2つが貫通孔37aとして用いられる。

[0031] 図4に示されるように、第1絶縁管37の下端は、中心軸に垂直な方向に2つの貫通孔37aを貫いて伸びる、溝37bが形成される。溝37bは、後述のパージガスを2つの貫通孔37aに導く第3流路として機能する。

[0032] 図3に示されるように、第2絶縁管38は、温度測定アセンブリの中心軸

に沿って並んだ2つの貫通孔38aを有する丸棒状に形成され、熱電対32の主に処理炉2内の部分に配置される。第2絶縁管38は、例えばMgOやハフニア(HfO₂)等の耐熱絶縁素材により作られた複数の絶縁管ビーズによって構成されうる。絶縁管ビーズは、長さを短くした絶縁管で、1つの長さは例えば3～5mm程度であり、第1絶縁管37の上に多段に積載される。

[0033] 貫通孔38aには熱電対32の1対の素線がそれぞれ挿通される。なお第1絶縁管37も同様に熱電対32の素線が挿通される。このような構造の熱電対ユニットは、「絶縁管タイプ」と呼ばれる。第1絶縁管37や第2絶縁管38が第1保護管33内に容易に挿入でき、また熱膨張差を逃がすことができるように、それらの間には隙間が設けられる。

[0034] 図2に示されるように、熱電対ユニットは、シールキャップ31を鉛直方向に貫通して設けた取付けポート41に装着される。取付けポート41は、金属によって鉛直下向きに伸びる筒状に形成され、処理炉2の外側である下端からスリーブ35が隙間嵌めで挿入される。取付けポート41は更に、Oリング41aと、Oリング41aをスリーブ35と取付けポート41に押し付けるナット（不図示）とを有する。ナットを締め付けることで、熱電対ユニットは固定されるとともに真空シールが達成される。なおナットとOリング41aとの間にフェルール（不図示）を介在させてもよい。

[0035] 第2保護管34は、取付けポート41の処理炉2内側である上端から、隙間嵌めで装着される。第2保護管34は、熱電対ユニットから分離しており、熱電対ユニットとは独立に交換されうる。通常、第2保護管34は、処理炉2を組み立てる際に、反応室8内に設置させる。つまり第2保護管34は、取付けポート41に装着される下端部分（アダプタ）34bとそれ以外の筒部分と別個に形成後、それらを結合することにより提供されてもよい。その場合、アダプタ34bは、筒部分との接続の強度を得るために、径拡大部を有してもよく、径拡大部は、断熱部5や発熱体6との干渉を避けるために一部が切り欠かれてもよい。

[0036] T継手39は、スリーブ35の外周に着脱可能な金属製の筒部を有し、スリーブ35の下端側から装着される。筒部は、スリーブ35の外形の変化に対応して内径が階段状に変化する内周面を有する。隙間嵌めされたスリーブ35は、この段差がスリーブ35の外周面の段差の進入を規制することで、その装着位置が決定される。T継手39は、第1シールであるリング39a、第2シールであるリング39bと、リング39a、39bをスリーブ35とT継手39にそれぞれ押し付ける2つのナットとを有する。この構造は、取付けポート41と同様とすることができる。T継手39は更に、リング39aと39bの間の気密区間には、スリーブ35の側面の孔35aに連通する孔が設けられ、孔にはパージガス導入管39cが接続されている。連通孔及びパージガス導入管39cの少なくとも一方が第1流路を構成する。

[0037] 図5に拡大して示されるように、T継手39の第1流路は、スリーブ35の孔35a（すなわち、第2流路）に対面するように開口することが望ましい。また孔35aは、第1絶縁管37の溝37bに対面するように、溝37bの延長線上に、言い換えれば2つの貫通孔37aの並びの方向と同じ方向に、開口することが望ましい。また溝37bの深さは、溝37bの上端が、孔35aの上端と一致するように設定されることが望ましい。また第1絶縁管37の下端は、孔35aの下と一致するかより下方となるように設定されることが望ましい。

[0038] 以下、温度測定アセンブリ15内の不活性ガスを用いたパージについて説明する。

[0039] パージガス導入管39cには、パージガスとしてArやN₂等の不活性ガスを供給する図示しないパージガス供給源が接続される。パージガス供給源は、少なくとも処理炉2が高温になっている間、一定量のパージガスをパージガス導入管39cに供給し続ける。パージガス導入管39cから入ったパージガスは、T継手39の第1流路を通してT継手39の内部に流れ込み、スリーブ35の孔35aを通して、スリーブ35の中に流れ込む。

[0040] 前述したように第1絶縁管37には溝（すなわち、切り込み）37bが設けられおり、この溝37bにパージガスが入る。この第1絶縁管37の下方であってスリーブ35の下部は封止部36で封止されているので、スリーブ35内に流れ込んだパージガスは、スリーブ35又は第1保護管33と第1絶縁管37の隙間と、貫通孔37aと素線の隙間を通過して、上方に向かって流れていく。これにより、パージガス導入管39c（すなわち、第1流路）から供給されたパージガスが、2本の素線と2つの貫通孔の間の第1空間60と、第1絶縁管37と第1保護管33との間の第2空間61の両方をパージすることができる。

[0041] 第1絶縁管37から第2絶縁管38に切り替わる箇所では、貫通孔37aと貫通孔38aが連続しているため、パージガスは貫通孔38a内を流れることができる。複数の絶縁管ビーズのつなぎ目からガスが漏れたとしても、一部のパージガスは貫通孔38a内を、第2絶縁管38の上端まで流れ、第2絶縁管38の外側と第1保護管33の間を流れてきたパージガスと合流して熱電対32の先端を通過する。このときパージガスが低温であった場合、熱電対32の温度が低く検出されることが懸念されるが、本実施形態では、パージガスは第1絶縁管37および第2絶縁管38の部分を上昇する間に、第1保護管33や第1絶縁管37および第2絶縁管38からの熱伝達により反応室8内の温度に近い温度まで加熱されうる。尚、1500℃以上になる様な反応室8内に於ける熱移動は、熱伝導や熱伝達よりも熱放射が支配的となるので、第1保護管33が第2保護管34に接触していなくても十分な熱応答性が得られる。

[0042] 上述したように、第1保護管33の先端付近に第1放出孔33aが開いており、熱電対32下部から流れてきた不活性ガスが抜けるようになっている。なお、本実施形態では第1保護管33の先端は封じられ、第1保護管33の側面に第1放出孔33aが開いているものとして説明した。第1保護管33の先端の封止部が開いている、または封止部に穴が開いていて、パージガスが抜けるようになっていても良い。

- [0043] 第1保護管33の外側に抜けたパージガスは、第1保護管33と第2保護管34の間を下方に向かって流れていく。第2保護管34の下部には第2放出孔34aが開いており、パージガスが反応室8内へ放出される。第2放出孔34aは、ウエハ4よりも第1の排気口24に近く、また反応室8内を流れる処理ガスの下流側で開口するため、パージガスがウエハ4に与える影響は限定的である。また、ポート3の装填及び取出し中に第2放出孔34aの近くを通過するウエハ4の温度は、ウエハ4を熱処理する温度よりも十分低い。
- [0044] 本実施形態様によれば、以下に示す1つ又は複数の効果が得られる。
- [0045] T継手から不活性ガスを導入できるようにし、スリーブの孔から第1保護管の中に不活性ガスを流れるようにし、さらに絶縁管の切り込み（溝）により、熱電対素線が通っている貫通孔にも不活性ガスが流れるようにすることができる。さらに第1保護管の上端まで流れた不活性ガスは、第1保護管と第2保護管の間をながれ、第2保護管の放出孔から炉内へ放出される。
- [0046] このような非封止構造にすることで、高温時に第1保護管の内側の圧力は上昇することなく、その結果封止部に応力がかからないことから封止の劣化が抑えられる。
- [0047] 高温環境下で使用可能な熱電対として、金属製のシース管内に熱電対と絶縁体を挿入し、更にシース管内を不活性ガスで満たし、シール端部を封止することで、熱電対を酸化雰囲気から遮断する構造のシース熱電対がある。このシース熱電対の構造では、特にシース管を保護管で覆った場合、保護管に含まれる不純物が高温により放出され、この放出ガスは逃げ場が無いので保護管内に滞留する。この放出ガスに、長期にわたってシース管が暴露されシース管を劣化させる可能性がある。又シース管自体の蒸発やガス放出も、熱電対や保護管の劣化及び処理室の汚染を発生させる可能性がある。特に酸素成分があると材料の酸化が進行し、金属成分は熱電対素線の起電力を変化させる要因である。
- [0048] 本実施形態では、第1保護管の中に不活性ガスを流し続ける構造にするこ

とで、熱電対素線や保護管の劣化の原因となる酸素や不純物を押し出すことができる。熱電対素線が通っている貫通孔を強制的にパージするので、熱電対素線の表面に触れる雰囲気常を常にフレッシュな不活性雰囲気に維持し、熱電対の劣化を効果的に抑制することができる。

[0049] また、第2保護管から不純物が析出・蒸発しても、不活性ガスで押し流されるため、熱電対や第1保護管の劣化を抑えられる。また、仮に封止が破れた場合にも、流入した大気は不活性ガスで希釈され、第1保護管内の熱電対の劣化の進行を抑制することができる。

[0050] 本実施形態では、熱電対ユニットは、保護管ではなく強固なスリーブを用いて取付けポートに装着されるので、パージガス導入管等から強い力がかかっても保護管に力がかからず、破損が防止できる。また、黒鉛等の耐熱材ではなく金属製のスリーブと取付けポートの間でシールするので、容易に高い気密性を得ることができる。

[0051] また、第2保護管を分離型にしているので、熱電対が断線した場合、熱電対ユニットだけを交換でき、経済的である。また、パージガス供給部を、長尺な熱電対ユニットと分離できるようにしたので、熱電対ユニットを交換する際の作業性が良い。

[0052] 次に、図6のフローチャートを参照して、上述の基板処理装置1を用いた基板処理について説明する。この処理では、半導体装置の製造における一工程として、アルゴン（Ar）雰囲気の反応室8内でSiC製のウエハ4をアニールする。尚、本明細書に於ける処理温度とはウエハ4の温度又は反応室8の温度のことを意味し、処理圧力とは反応室8内の圧力のことを意味する。又、以下の説明に於いて、基板処理装置1を構成する各部の動作はコントローラ50により制御される。

[0053] 最初に、複数枚のウエハ4を、反応室8の外に降下された状態のポート3に搬入（つまり、チャージ）する。（STEP：01）。

[0054] 次に、ポート3を上昇させ、反応室8内へ装填してウエハ4を搬入（用意）する。また反応管7の下部開口をシールキャップ31によって閉塞（つま

り、シール)する。そして反応室8を、真空ポンプ29によって一旦真空排気した後、ガス供給ユニット21からArガスを供給するとともにAPCバルブ28によって所定の圧力に調整する。このとき、パージガス導入管39cを介して熱電対ユニット内にN₂ガスを供給する。そして、熱電対32が検出した温度情報に基づき、ウエハ4が所定の処理温度となる様に、誘導コイル12に印加する交流電力を調整することによって、所定の温度へ所定の昇温レートで昇温する。(STEP: 02)。

[0055] 次に、所定の温度及び圧力のAr雰囲気、ウエハ4を所定時間暴露する。これによりイオン注入した不純物が活性化され、或いは表面の酸素が除去され、アニールウエハが生成される(STEP: 03)。

[0056] ウエハ4を活性化アニールする際の処理条件としては、例えば下記が例示される。処理温度(ウエハ温度): 1500℃~1900℃、処理圧力(処理室内圧力): 1Pa~常圧、Arガス: 1sccm~5SLM、N₂ガス: 1sccm~5SLM、それぞれの処理条件を、それぞれの範囲内の値に設定することで、成膜処理を適正に進行させることができる。尚、上述した「1500℃~1900℃」の様な数値範囲の表記は、下限値及び上限値がその範囲に含まれることを意味する。例えば、「1500℃~1900℃」とは「1500℃以上1900℃以下」を意味する。他の数値範囲についても同様である。

[0057] 次に、誘導コイル12への供給電力を調整し、ウエハ4の温度を所定の温度まで降下させ、またAPCバルブ28を閉じて、反応室8内の圧力を大気圧まで戻す。その後、シールキャップ31が降下され、ボート3が反応管7から取出(つまり、アンロード)される。(STEP: 04)。

[0058] 次に、ボート3の取出し後、ウエハ4が搬送可能な温度になるまで、ウエハ4が更に冷却される(STEP: 05)。

[0059] 最後に、図示しない移載機により処理済みのウエハ4がボート3からカセットへ収納される(STEP: 06)。

[0060] 図7(a)および図7(b)を用いて変形例に係る温度測定アセンブリに

ついて説明する。この変形例は、先の様態と比べて、取付けポート４１とＴ継手３９を一体化した点と、アダプタ３４ｂを廃止した点などで異なる。本例の取付けポート１４１は、内径が２段階に変化する筒状に形成され、大径側がシールキャップ３１に接続され、小径側にはＯリング４１ａと、Ｏリング４１ａをスリーブ１３５と取付けポート１４１に押し付けるナット（不図示）とが設けられる。大径側の内径は第２保護管３４に対応し、小径側の内径はスリーブ１３５の外径に対応する。小径側の内側側面には、スリーブ１３５の側面の孔１３５ａに連通する孔が設けられ、孔にはパージガス導入管３９ｃに対応するパージガス導入管１４１ｃが接続されている。

[0061] スリーブ１３５はシールキャップ３１の外径よりも小さな外径の管状に形成され、下端部に段差突起１３５ｂがある。取付けポート１４１の小径側の端隙間嵌めされたスリーブ１３５は、この段差突起部を取付けポート１４１のナット端面に当てることで、その装着位置が決定される。そのためスリーブ１３５は外径が変化する段差は不要である。そのほかはスリーブ３５と同様である。段差突起１３５ｂは、スリーブ１３５の中心軸から見て、孔１３５ａと同じ方向に設けられており、孔１３５ａとパージガス導入管１４１ｃを位置合わせするのに役立つ。

[0062] 上述の態様では、一度に複数枚の基板を処理するバッチ式の基板処理装置を用いて膜を形成する例について説明した。本開示は上述の態様に限定されず、例えば、一度に１枚または数枚の基板を処理する枚葉式の基板処理装置を用いて膜を形成する場合にも、好適に適用することができる。また、上述の態様では、ホットウォール型の処理炉を有する基板処理装置を用いて膜を形成する例について説明した。本開示は上述の態様に限定されず、コールドウォール型の処理炉を有する基板処理装置を用いて膜を形成する場合にも、好適に適用することができる。

[0063] これらの基板処理装置を用いる場合においても、上述の態様や変形例と同様な処理手順、処理条件にて各処理を行うことができ、上述の態様や変形例と同様の効果が得られる。

符号の説明

[0064]	3 2 . . . 熱電対
	3 3 . . . 第 1 保護管
	3 4 . . . 第 2 保護管
	3 5 . . . スリーブ
	3 7 . . . 第 1 絶縁管
	4 1 . . . 取付けポート

請求の範囲

- [請求項1] (a)温度センサの2本の導線がそれぞれ挿通される2つの貫通孔を有する絶縁管と、(b)内側に第1の端から前記絶縁管が挿通される第1保護管と、(c)前記第1保護管の前記第1の端と気密に接続されるとともに、取付けポートに炉外側から気密に取り付けられる筒状のスリーブと、(d)前記取付けポートに炉内側から装着され、前記炉内側の前記第1保護管全体を覆う第2保護管と、を備える温度測定アセンブリ。
- [請求項2] 前記スリーブの外周に装着され、前記スリーブの側部に連通する第1流路を提供する継手を更に備え、前記スリーブは、前記第1流路を前記スリーブの内側に連通させる第2流路を有し、前記絶縁管は、前記第2流路を前記2つの貫通孔に連通させる第3流路を有し、前記第1流路から供給されたパージガスが、前記2本の導線と前記2つの貫通孔の間の第1空間と、前記絶縁管と前記第1保護管の間の第2空間の両方をパージするように構成される請求項1記載の温度測定アセンブリ。
- [請求項3] 前記スリーブは、パージガスを前記スリーブの内側に連通させる流路を有し、前記第1保護管は、前記第1の端の反対側の第2の端に、前記第1保護管の内外を連通させる第1放出孔を有し、前記パージガスが、前記第1保護管内を前記第1の端側から前記第2の端側に向かって流れた後、前記第1保護管と前記第2保護管の隙間を前記第2の端側から前記第1の端側に流れる請求項1記載の温度測定アセンブリ。
- [請求項4] 前記第2保護管は、前記取付けポートの近傍の前記炉内側に、前記第2保護管の内外を連通させる第2放出孔を有し、前記パージガスは炉内に放出されるように構成される請求項2記載の温度測定アセンブリ。
- [請求項5] 前記スリーブは、前記第1保護管が接続される側と反対側の開口に

において、前記導線を引き出し、前記開口は封止部によって封止される請求項 1 記載の温度測定アセンブリ。

[請求項6] 前記第 3 流路は、前記第 2 流路と対面する側から、その反対側まで前記絶縁管を貫通して形成される請求項 2 記載の温度測定アセンブリ。

[請求項7] 前記絶縁管の一端は、前記スリーブの前記第 2 流路に対応する位置に配置され、前記第 3 流路は、前記絶縁管の前記一端において前記 2 つの貫通孔を貫く溝として形成され、前記溝は前記第 2 流路に対面する請求項 6 記載の温度測定アセンブリ。

[請求項8] 前記第 1 流路よりも前記第 1 保護管に近い位置において、前記スリーブの外周と前記継手に押圧され、それらの間をシールする第 1 シールと、前記第 1 流路よりも前記第 1 保護管から遠い位置において、前記スリーブの外周と前記継手とに押圧され、それらの間をシールする第 2 シールと、を備える請求項 2 記載の温度測定アセンブリ。

[請求項9] 前記スリーブは、中心軸が前記第 1 保護管の中心軸と同じになるように配置され、前記第 1 保護管に近い位置の外径が、前記第 1 保護管から遠い位置の外径よりも大きく形成され、前記継手は、前記スリーブの外径の変化に対応する内径の変化を有する請求項 2 記載の温度測定アセンブリ。

[請求項10] 前記スリーブは、前記第 1 保護管に近い位置の外径が、前記第 1 保護管から遠い位置の外径よりも大きく形成され、前記継手は、前記スリーブに対し着脱可能に装着され、前記スリーブの外径の変化に対応する内径の変化を有する請求項 2 記載の温度測定アセンブリ。

[請求項11] 前記絶縁管よりも前記第 2 の端側において、前記 2 本の導線が挿通される前記 2 つの貫通孔を有する複数の絶縁管ビーズを更に備える請求項 3 記載の温度測定アセンブリ。

[請求項12] 基板を熱処理する処理炉と、請求項 1 記載の温度測定アセンブリと、前記処理炉内の温度を測定する前記温度測定アセンブリを縦方向に

装着する前記取付けポートと、を備える基板処理装置。

[請求項13] 前記処理炉は、気密性の容器と、前記容器の内側で基板を取り囲むように配置され誘導加熱される筒状の発熱体と、前記容器と前記発熱体の間に配置される断熱材と、を備え、前記温度測定アセンブリは、前記発熱体と前記基板の間の空間を上下に伸びて配置される請求項12記載の基板処理装置。

[請求項14] 請求項1記載の温度測定アセンブリが前記第1の端の反対側の第2の端が上になるように縦方向に装着された処理炉内に、基板を用意する工程と、前記処理炉内の温度を測定しながら前記処理炉を昇温し、前記基板を熱処理する工程と、を備える基板処理方法。

[請求項15] 請求項14記載の基板処理方法を含む半導体装置の製造方法。

[請求項16] 請求項1記載の温度測定アセンブリが前記第1の端の反対側の第2の端が上になるように縦方向に装着された処理炉内に、基板を用意する手順と、前記処理炉内の温度を測定しながら前記処理炉を昇温し、前記基板を熱処理する手順とを、コンピュータによって基板処理装置に実行させるプログラム。