

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6170219号
(P6170219)

(45) 発行日 平成29年7月26日 (2017.7.26)

(24) 登録日 平成29年7月7日 (2017.7.7)

(51) Int. Cl.		F I			
GO 1 J	5/00	(2006.01)	GO 1 J	5/00	A
C 2 3 C	16/52	(2006.01)	GO 1 J	5/00	I O 1 C
HO 1 L	21/205	(2006.01)	C 2 3 C	16/52	
			HO 1 L	21/205	

請求項の数 16 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2016-161984 (P2016-161984)	(73) 特許権者	504225666
(22) 出願日	平成28年8月22日 (2016.8.22)		ビーコ・インストゥルメンツ・インコーポ
(62) 分割の表示	特願2013-547575 (P2013-547575)		レイテッド
原出願日	平成23年12月22日 (2011.12.22)		アメリカ合衆国ニューヨーク州11803
(65) 公開番号	特開2017-21036 (P2017-21036A)	(74) 代理人	100099623
(43) 公開日	平成29年1月26日 (2017.1.26)		弁理士 奥山 尚一
審査請求日	平成28年9月21日 (2016.9.21)	(74) 代理人	100096769
(31) 優先権主張番号	61/428,494		弁理士 有原 幸一
(32) 優先日	平成22年12月30日 (2010.12.30)	(74) 代理人	100107319
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 松島 鉄男
(31) 優先権主張番号	13/331,112	(74) 代理人	100114591
(32) 優先日	平成23年12月20日 (2011.12.20)		弁理士 河村 英文
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100125380
			弁理士 中村 綾子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 その場パイロメーター較正のための方法およびシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ウェハ処理反応装置用のその場パイロメーター較正の方法であって、

(a) 較正パイロメーターを、該較正パイロメーターがウェハ支持要素の回転軸から第1の半径距離において前記ウェハ支持要素の第1の部分からの放射を受けるように、第1の較正位置に位置決めするステップと、

(b) 前記反応装置がパイロメーター較正温度に達するまで、前記反応装置を加熱するステップと、

(c) 前記回転軸を中心として前記支持要素を回転させるステップと、

(d) 前記回転軸を中心として前記支持要素が回転している間に、第1の作動位置に設置された第1の作動パイロメーターから第1の作動温度測定値を得るステップであって、前記第1の作動パイロメーターは、前記ウェハ支持要素の前記回転軸から前記第1の半径距離において前記ウェハ支持要素の前記第1の部分からの放射を受けている、ステップと

(e) 前記回転軸を中心として前記支持要素が回転している間に、前記較正パイロメーターから第1の較正温度測定値を得るステップと、

(f) 前記第1の作動温度測定値および前記第1の較正温度測定値を用いて、第1の作動パイロメーターの較正を行うステップと、

(g) 前記較正パイロメーターが前記ウェハ支持要素の前記回転軸から第2の半径距離において前記支持要素の第2の部分から放射を受けるように、前記較正パイロメーターを

10

20

第2の校正位置に移動させるステップと、

(h) 前記回転軸を中心として前記支持要素が回転している間に、第2の作動位置に設置された第2の作動パイロメーターから第2の作動温度測定値を得るステップであって、前記第2の作動パイロメーターは、前記ウェハ支持要素の前記回転軸から前記第2の半径距離において前記ウェハ支持要素の前記第2の部分からの放射を受けている、ステップと

(i) 前記回転軸を中心として前記支持要素が回転している間に、前記校正パイロメーターから第2の校正温度測定値を得るステップと
を含んでなり、

前記第1および第2の作動パイロメーターは、前記反応装置の第1および第2の作動用光学的ビューポート内にそれぞれ係合されており、

前記位置決めステップは、前記校正パイロメーターが前記反応装置の第1の校正用光学的ビューポート内に係合されるように行われるものであり、

前記移動ステップは、前記校正パイロメーターが前記反応装置の第2の校正用光学的ビューポート内に係合されるように行われるものであり、前記移動ステップは、前記第1の校正用光学的ビューポートから前記校正パイロメーターを取り外して、前記第2の校正用光学的ビューポートに前記校正パイロメーターを設置することを含み、

前記ステップ(d)および前記ステップ(e)は、化学蒸着を含む、ウェハを処理するための前記反応装置の稼働中に行われるものであり、

前記第1の校正温度測定値および第2の校正温度測定値のうちの少なくとも1つは、ウェハ温度データと支持要素温度データとを含み、前記第1の作動パイロメーターおよび前記第2の作動パイロメーターのうちの少なくとも1つの校正パラメータを調整することは、前記ウェハと前記支持要素との間の反射率または温度の差を用いて、前記支持要素の温度データから前記ウェハの温度データを分離することを含み、方法。

【請求項2】

前記ステップ(d)および(e)の間に、前記第1の作動パイロメーターおよび前記校正パイロメーターは、前記支持要素上の第1の同一位置から移動する放射を受けるように向けられており、前記ステップ(h)および(i)の間に、前記第2の作動パイロメーターおよび前記校正パイロメーターは、前記支持要素上の第2の同一位置から移動する放射を受けるように向けられている、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記第1の作動的光学的ビューポートおよび前記第1の校正用光学的ビューポートは第1の同一ビューポートにあり、前記第2の作動的光学的ビューポートおよび前記第2の校正用光学的ビューポートは第2の同一ビューポートにある、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記ステップ(d)および前記ステップ(e)は同時に行われるものである請求項1に記載の方法。

【請求項5】

前記ステップ(a)～(e)は、前記第1の作動パイロメーターを前記反応装置から取り外すことなく行われるものである請求項1に記載の方法。

【請求項6】

校正を行う前記ステップは、前記第1の作動パイロメーターおよび前記校正パイロメーターから得られた温度測定値に基づいて、前記第1の作動パイロメーターの校正パラメータを調整することを含み請求項1に記載の方法。

【請求項7】

校正を行う前記ステップは、前記ウェハ処理反応装置のメモリーに参照テーブルを記憶することを含んでおり、前記参照テーブルは、前記第1の作動温度測定値の少なくともいくつかと共に前記第1の校正温度測定値の対応するもののマッピングを含んでいる請求項1に記載の方法。

【請求項8】

10

20

30

40

50

較正を行う前記ステップは、
前記ステップ（h）の前に、前記第1の作動温度測定値および前記第1の較正温度測定値に基づいて、前記第1の作動パイロメーターの較正パラメータを調整することと、
前記ステップ（i）の後、前記第2の作動温度測定値および前記第2の較正温度測定値に基づいて、前記第2の作動パイロメーターの較正パラメータを調整することと
を含む請求項1に記載の方法。

【請求項9】

較正を行う前記ステップは、前記ステップ（i）の後、前記作動パイロメーターおよび前記較正パイロメーターから得られた前記温度測定値に基づいて、前記第1および第2の作動パイロメーターの較正パラメータを調整することを含む請求項1に記載の方法。

10

【請求項10】

前記加熱ステップは、前記ウェハ支持要素用の多区域加熱システムによって行われるものである請求項1に記載の方法。

【請求項11】

前記較正パイロメーターを他の反応装置内に位置決めし、前記他の反応装置内の作動パイロメーターの較正を行うために、前記較正パイロメーターを用いることをさらに含む請求項1に記載の方法。

【請求項12】

ウェハ処理反応装置用のその場パイロメーター較正システムであって、

（a）回転軸を有するウェハ支持要素と、

20

（b）前記ウェハ支持要素用の加熱要素と、

（c）第1の作動位置に設置された第1の作動パイロメーターであって、前記ウェハ支持要素の前記回転軸から第1の半径距離において前記ウェハ支持要素の第1の部分からの放射を受けている、第1の作動パイロメーターと、

（d）第1の較正位置に位置決めされた較正パイロメーターであって、前記ウェハ支持要素の前記回転軸から前記第1の半径距離において前記ウェハ支持要素の前記第1の部分および1以上のウェハからの放射を受けている、較正パイロメーターと、

（e）前記回転軸を中心として前記ウェハ支持要素を回転させるように構成された回転駆動装置と、

（f）化学蒸着を含む、前記1以上のウェハを処理する前記反応装置の稼働中に、前記第1の作動パイロメーターおよび前記較正パイロメーターから受信した温度測定値に基づいて、較正の計算を行うための制御システムと、

30

（g）第2の作動位置に設置された第2の作動パイロメーターであって、前記ウェハ支持要素の前記回転軸から第2の半径距離において前記ウェハ支持要素の第2の部分から放射を受けており、前記較正パイロメーターは、第2の較正位置に位置決めされ、該第2の較正位置における前記較正パイロメーターは、前記ウェハ支持要素の前記回転軸から前記第2の半径距離において前記ウェハ支持要素の前記第2の部分からの放射を受けている、第2の作動パイロメーターと、

（h）第1および第2の作動用光学的ビューポートであって、前記第1および第2の作動パイロメーターは、前記第1および第2の作動用光学的ビューポート内にそれぞれ係合されている、第1および第2の作動用光学的ビューポートと、

40

（i）第1および第2の較正用光学的ビューポートであって、前記較正パイロメーターは、前記較正パイロメーターが前記第1の較正位置に位置決めされたとき、前記第1の較正用光学的ビューポート内に係合されるものであり、前記較正パイロメーターは、前記較正パイロメーターが前記第2の較正位置に位置決めされたとき、前記反応装置の前記第2の較正用光学的ビューポート内に係合されるものである、第1および第2の較正用光学的ビューポートと

を備えてなり、

前記制御システムは、前記1以上のウェハと前記支持要素との間の反射率または温度の差を用いて、前記支持要素の温度データから前記1以上のウェハの温度データを分離する

50

ことによって、前記第1の作動パイロメーターおよび前記第2の作動パイロメーターのうちの少なくとも1つの前記較正パラメータを調整するシステム。

【請求項13】

前記第1の作動パイロメーターおよび前記較正パイロメーターは、前記ウェハ支持要素の前記回転軸から前記第1の半径距離において前記ウェハ支持要素の前記第1の部分から温度測定値を同時に得るものである請求項12に記載のシステム。

【請求項14】

前記加熱要素は、多区域加熱システムである請求項12に記載のシステム。

【請求項15】

前記較正パイロメーターは、前記反応装置から取外し可能になっている請求項12に記載のシステム。

10

【請求項16】

前記ウェハ支持要素は、ウェハを支持していない空の支持要素である請求項12に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[関連出願の相互参照]

本願は、2011年12月20日に出願された米国特許出願第13/331,112号の継続出願であって、本願は、2010年12月30日に出願された米国仮特許出願第61/428,494号の出願日の利益を主張するものであり、これらの開示内容は、引用することにより本明細書の一部をなすものとする。

20

【0002】

[発明の分野]

本発明は、ウェハ処理装置、このような処理装置に用いられるパイロメーター較正システム、およびその場パイロメーター較正の方法に関する。

【背景技術】

【0003】

多くの半導体素子は、基板上で行われるプロセスによって形成される。基板は、典型的には、「ウェハ」と一般的に呼ばれる結晶質材料の平板である。典型的には、ウェハは、大きな結晶を成長させ、該結晶をディスクの形状に薄切りすることによって形成される。このようなウェハ上で行われる一般的なプロセスの1つとして、エピタキシャル成長が挙げられる。

30

【0004】

例えば、III-V半導体のような化合物半導体から形成される素子は、典型的には、有機金属化学蒸着(MOCVD)を用いて、化合物半導体の連続層を成長させることによって形成される。このプロセスでは、ウェハはガスの組合せに晒される。これらのガスは、典型的には、有機金属化合物をIII族金属の源として含むと共に、V族元素の源も含んでいる。これらのガスは、ウェハが高温に維持されている間、ウェハの表面上に流されることになる。典型的には、有機金属化合物およびV族源は、感知できるほどには反応に関与しないキャリアガス、例えば、窒素と組み合わせられている。III-V族半導体の一例として、適切な結晶格子面間隔を有する基板、例えば、サファイアウェハ上での有機ガリウム化合物とアンモニアとの反応によって形成される窒化ガリウムが挙げられる。典型的には、ウェハは、窒化ガリウムおよび関連する化合物の堆積中、約500 ~ 約1100の温度に維持されている。

40

【0005】

複合素子は、半導体の結晶構造およびバンドギャップを変化させるために、他のIII族元素またはV族元素を添加するなど、反応条件をいくらか異ならせて、多数の層を連続的にウェハの表面上に堆積させることによって、製造可能である。例えば、窒化ガリウム基半導体では、組成比を変化させて半導体のバンドギャップを変化させるために、インジ

50

ウム、アルミニウムまたはそれらの両方が用いられている。また、各層の導電率を制御するために、p - 型トーチメントまたはn - 型トーチメントが添加されてもよい。半導体層の全てが形成された後、典型的には、適切な電気接点が施された後、ウェハは、個々の素子に切断される。このようにして、発光ダイオード（LED）、レーザ、および他の電子素子および光電素子のような素子を製造することができる。

【0006】

典型的な化学蒸着プロセスでは、多くのウェハが、ウェハキャリアと一般的に呼ばれる構成要素上に、各ウェハの上面をウェハキャリアの上面に露出させて、保持されるようになっている。そして、ウェハキャリアは、反応チャンバ内に配置され、所望の温度に維持され、ガス混合物がウェハキャリアの表面上に流されることになる。プロセス中、キャリア上の種々のウェハの上面のあらゆる点において均一な条件を維持することが、重要である。反応ガスの組成およびウェハ表面の温度のわずかな変動によって、得られる半導体素子の特性の望ましくない変動が生じる。

10

【0007】

例えば、もし窒化ガリウムインジウム層が堆積される場合、ウェハの表面温度または反応ガスの濃度の変動によって、堆積層の組成およびバンドギャップの変動が生じる。インジウムは、比較的高い蒸気圧を有するので、堆積層は、表面温度が高いウェハの領域では、低比率のインジウムおよび大きいバンドギャップを有することになる。もし堆積層がLED構造の能動発光層であるなら、このウェハから形成されたLEDの発光波長も変動することになる。このような理由から、当技術分野において、均一な条件を維持することに

20

【0008】

業界において広く受け入れられているCVD装置の一形式では、各々が1つのウェハを保持するように適合された多数のウェハ保持領域を有する大径ディスクの形態にあるウェハキャリアが用いられている。ウェハキャリアは、反応チャンバ内において、ウェハの露出面を有するウェハキャリアの上面をガス分配要素に向かって上向きにして、スピンドル上に支持されるようになっている。スピンドルが回転される一方、ガスがウェハキャリアの上面に向かって下方に導かれ、該上面を横切って、ウェハキャリアの周辺に向かって流される。使用済みのガスは、排気ポートを通して反応チャンバから排気されるようになっている。多数の排気ポートが、ウェハキャリアの下方において、スピンドルの軸の周りに

30

【0009】

ウェハキャリアは、加熱要素、典型的には、ウェハキャリアの底面の下方に配置された電気抵抗加熱要素によって、所望の高温に維持されるようになっている。これらの加熱要素は、ウェハ表面の所望温度を超える温度に維持される一方、ガス分配要素は、典型的には、ガスの時期尚早の反応を防ぐために、所望の反応温度よりもかなり低い温度に維持されることになる。従って、熱は、加熱要素からウェハキャリアの底面に伝達され、ウェハキャリア内を通して、個々のウェハに向かって上方に流れることになる。

【0010】

化学蒸着プロセスのような従来のウェハ処理プロセス、またはエッチングのような他の目的に回転ディスク式反応装置を用いる他の処理において、反応チャンバ内のプロセス温度は、処理中のウェハキャリアおよび/またはウェハの温度を測定するように適合された1つ以上の非接触式パイロメーターによって測定可能になっている。このような温度測定値は、ウェハの処理中に加熱要素の制御を決定するのに役立つ入力値として用いられることになる。

40

【0011】

製造設備内の種々のCVD反応装置間におけるパイロメーター温度測定値の再現性を有することが重要である。種々のCVD反応装置間の高いパイロメーター再現性によって、多数の反応装置に対して単一のCVDプロセス手順を用いることが可能になり、これによって、もし個々の反応装置がそれらの間において一貫性のあるウェハ特性をもたらすため

50

に広範囲に調整されねばならない場合に生じる生産停止時間を著しく低減させることができる。CVD反応装置のピロメーター再現性が必要とされる重要な1つの例は、CVDプロセスにおいて用いられる温度に対してCVD反応装置内において作製される素子の特性が著しく敏感であることに起因する、多数の反応装置間の温度整合性である。例えば、反応装置内において作製される素子が多量子井戸(MQW)を含むレーザまたはLEDである場合、MQWによって発光される波長は、CVDプロセスに用いられる温度に対して極めて敏感である。その結果、多数の反応装置に用いられるそれぞれのピロメーターは、これらの反応装置を制御し、同一のプロセス温度に維持する必要がある。

【0012】

しかし、通常、多数のピロメーター間に測定温度の大きな変動が見られる。典型的には、これらのピロメーターは、処理装置から周期的に取り外され、NIST追跡可能な黒体炉に対して較正されるが、このピロメーターの取外しは、製造環境に対して破壊的な影響を及ぼす可能性がある。較正の後でも、ピロメーターは、これらの黒体炉の較正の変動および黒体炉の経時的な不安定性およびドリフトによって、 $+/-3$ のバラツキを有することがあり、その結果、ウェハキャリアおよび処理中のウェハの実際の温度が、不正確になる場合がある。ピロメーター測定温度の変動のさらなる原因として、反応装置へのピロメーター設置の不確かさが挙げられる。これは、時間と共に、ピロメーター温度の読取りおよびピロメーター温度の読取出力のドリフトに悪影響をもたらす場合がある。このような測定温度の変動によって、多数のMOCVD反応装置に対して普遍的な温度制御手順を用いることが困難になり、その結果、温度制御の不確か性によって、多数の反応装置に同一の温度制御挙動をもたらすように調整する個々の反応装置システムが必要になる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

このようなシステムを最適化するために、当技術分野においてこれまで著しい努力が払われてきているが、さらに一層の改良が望まれている。特に、破壊的でない温度測定システムをもたらすことが望まれている。

【課題を解決するための手段】

【0014】

ウェハ処理反応装置用のその場ピロメーター較正の方法、およびウェハ処理反応装置用のその場ピロメーター較正システムが提供されている。本発明の一態様は、化学蒸着反応装置のようなウェハ処理反応装置用のその場ピロメーター較正の方法を提供している。本方法は、望ましくは、較正ピロメーターを第1の較正位置に位置決めするステップと、反応装置がピロメーター較正温度に達するまで、反応装置を加熱するステップとを含んでいる。本方法は、望ましくは、回転軸を中心として支持要素を回転させるステップと、回転軸を中心として支持要素が回転している間に、第1の作動位置に設置された第1の作動ピロメーターから第1の作動温度測定値を得て、較正ピロメーターから第1の較正温度測定値を得るステップとをさらに含んでいる。較正ピロメーターおよび第1の作動ピロメーターのいずれも、望ましくは、ウェハ支持要素の回転軸から第1の半径距離においてウェハ支持要素の第1の部分から放射を受けるように適合されている。

【0015】

特定の実施形態では、第1の作動温度測定値を得るステップおよび第1の較正温度測定値を得るステップは同時に行われるようになっている。一例では、本方法の全てのステップは、第1の作動ピロメーターを反応装置から取り外すことなく行われるようになっている。例示的な実施形態では、第1の作動温度測定値を得るステップおよび第1の較正温度測定値を得るステップは、ウェハを処理するための反応装置の稼働中に行われるようになっている。特定の実施形態では、ウェハ支持要素は、ウェハ保持ポケットを有していないかまたはウェハが載置されていないブランクウェハキャリアである。一例では、ウェハを処理するための反応装置の稼働は化学蒸着を含んでいる。特定の例では、本方法は、第

10

20

30

40

50

1の作動パイロメーターおよび較正パイロメーターから得られた温度測定値に基づいて、第1の作動パイロメーターの較正パラメータを調整するステップも含んでいる。

【0016】

例示的な実施形態では、本方法は、ウェハ処理反応装置のメモリーに参照テーブルを記憶するステップも含んでいる。参照テーブルは、第1の作動温度測定値の少なくともいくつかと共に第1の較正温度測定値の対応するもののマッピングを含みうる。一例では、パイロメーター較正温度は、第1のパイロメーター較正温度であり、本方法は、反応装置が第2のパイロメーター較正温度に達するまで、反応装置を加熱するステップと、回転軸を中心として支持要素が回転している間に、第1の作動パイロメーターから第2の作動温度測定値を得るステップと、回転軸を中心として支持要素が回転している間に、較正パイロメーターから第2の較正温度測定値を得るステップとを含んでいる。

10

【0017】

一例では、本方法は、較正パイロメーターがウェハ支持要素の回転軸から第2の半径距離においてウェハ支持要素の第2の部分からの放射を受けるように適合されるように、較正パイロメーターを第2の較正位置に移動させるステップも含んでいる。本方法は、回転軸を中心として支持要素が回転している間に、第2の作動位置に設置された第2の作動パイロメーターから第2の作動温度測定値を得るステップであって、第2の作動パイロメーターは、ウェハ支持要素の回転軸から第2の半径距離においてウェハ支持要素の第2の部分からの放射を受けるように適合されているステップを含みうる。本方法は、回転軸を中心として支持要素が回転している間に、較正パイロメーターから第2の較正温度測定値を得るステップを含みうる。

20

【0018】

特定の実施形態では、本方法は、第2の作動温度測定値を得るステップの前に、第1の作動温度測定値および第1の較正温度測定値に基づいて、第1の作動パイロメーターの較正パラメータを調整するステップを含んでいる。本方法は、第2の較正温度測定値を得るステップの後、第2の作動温度測定値および第2の較正温度測定値に基づいて、第2の作動パイロメーターの較正パラメータを調整するステップを含みうる。一例では、本方法は、第2の較正温度測定値を得るステップの後、作動パイロメーターおよび較正パイロメーターから得られた温度測定値に基づいて、第1および第2の作動パイロメーターの較正パラメータを調整するステップも含んでいる。

30

【0019】

例示的な実施形態では、第1および第2の作動パイロメーターは、反応装置の第1および第2の作動用光学的ビューポートにそれぞれ係合されている。特定の例では、位置決めステップは、較正パイロメーターが反応装置の第1の較正用光学的ビューポート内に係合されるように行われるようになっている。特定の実施形態では、移動ステップは、較正パイロメーターが反応装置の第2の較正用光学的ビューポート内に係合されるように行われるようになっている。例示的な実施形態では、位置決めステップは、較正パイロメーターが半径方向拡張較正用光学的ビューポート内に係合されるように行われるようになっており、移動ステップは、較正パイロメーターが半径方向拡張較正用光学的ビューポートに沿って第1の較正位置から第2の較正位置に移動されるように行われるようになっている。例示的な実施形態では、加熱ステップは、ウェハ支持要素用の多区域加熱システムによって、行われるようになっている。

40

【0020】

本発明の他の態様は、化学蒸着反応装置などのウェハ処理反応装置用のその場パイロメーター較正システムを提供している。本システムは、好ましくは、回転軸を有するウェハ支持要素と、ウェハ支持要素用の加熱要素と、第1の作動位置に設置された第1の作動パイロメーターと、第1の較正位置に位置決めされた較正パイロメーターとを含んでいる。第1の作動パイロメーターは、ウェハ支持要素の回転軸から第1の半径距離においてウェハ支持要素の第1の部分からの放射を受けるように適合されているとよい。較正パイロメーターは、ウェハ支持要素の回転軸から第1の半径距離においてウェハ支持要素の第1の

50

部分からの放射を受けるように適合されているとよい。

【0021】

特定の実施形態では、第1の作動パイロメーターおよび校正パイロメーターは、ウェハ支持要素の回転軸から第1の半径距離においてウェハ支持要素の第1の部分から温度測定値を同時に得るように適合されている。一例では、本システムは、第2の作動位置に設置された第2の作動パイロメーターであって、ウェハ支持要素の回転軸から第2の半径距離においてウェハ支持要素の第2の部分からの放射を受けるように適合されている、第2の作動パイロメーターをさらに備えている。校正パイロメーターは、第2の校正位置に位置決めされるように適合可能であり、第2の校正位置における校正パイロメーターは、ウェハ支持要素の回転軸から第2の半径距離においてウェハ支持要素の第2の部分から放射を受けるように適合可能になっている。

10

【0022】

例示的な実施形態では、本システムは、第1および第2の作動用光学的ビューポートを備えており、第1および第2の作動パイロメーターは、第1および第2の作動用光学的ビューポート内にそれぞれ係合されている。特定の例では、本システムは、第1および第2の校正用光学的ビューポートを備えており、校正パイロメーターは、校正パイロメーターが第1の校正位置に位置決めされたとき、第1の校正用光学的ビューポート内に係合されるように適合されており、校正パイロメーターが第2の校正位置に位置決めされたとき、反応装置の第2の校正用光学的ビューポート内に係合されるように適合されている。例示的な実施形態では、本システムは、半径方向拡張校正用光学的ビューポートも備えており、校正パイロメーターは、半径方向拡張校正用光学的ビューポート内において、第1および第2の校正位置間で摺動するように適合されている。特定の実施形態では、加熱要素は、多区域加熱システムである。

20

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の一実施形態による化学蒸着装置を示す断面図である。

【図2】図1に示されている化学蒸着装置用の代替的なビューポートの実施形態を示す部分断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

図1を参照すると、本発明の一実施形態による化学蒸着装置10は、反応チャンバ12を有している。反応チャンバ12は、該チャンバ12の一端に配置されたガス注入マニホールド14を有している。ガス注入マニホールド14を有するチャンバ12の端は、本明細書では、チャンバの「上」端と呼ばれている。チャンバのこの端は、典型的には、必ずしも必要ではないが、通常重力方向を基準とした座標系におけるチャンバの上端に対応している。本明細書に用いられる「下向き方向」は、ガス注入マニホールド14から離れる方向を指しており、「上向き方向」は、チャンバ内においてガス注入マニホールド14に向かう方向を指している。これは、これらの方向が重量による下向き方向および下向き方向と真っ直ぐに並んでいるかどうかとは無関係である。同様に、各要素の「上」面および「底」面は、本明細書では、チャンバ12およびマニホールド14の座標系に基づいて記載されている。

30

40

【0025】

チャンバ12は、円筒壁20を有している。円筒壁20は、チャンバの上端における上フランジ22とチャンバの底端におけるベースプレート24との間に延在している。壁20、フランジ22、およびベースプレート24は、ガス注入マニホールド14から放出されたガスを含むことができる気密封止された内部領域26をそれらの間に画定している。チャンバ12は、円筒形状として示されているが、他の実施形態は、他の形状、例えば、円錐または中心軸32を中心とする他の回転面、正方形、六角形、八角形、または任意の他の適切な形状を有するチャンバを備えていてもよい。

【0026】

50

ガス注入マニホールド14は、ウェハ処理プロセスに用いられるプロセスガス、例えば、キャリアガスおよび有機金属化合物およびV族金属の源のような反応ガスを供給するための供給源に接続されている。典型的な化学蒸着プロセスでは、キャリアガスは、窒素、水素、または窒素と水素の混合物とすることができる。従って、ウェハキャリアの上面におけるプロセスガスは、主に、ある量の反応ガス成分を含む窒素および/または水素から構成されている。ガス注入マニホールド14は、種々のガスを受容してプロセスガスの流れを略下向き方向に導くように構成されている。

【0027】

ガス注入マニホールド14は、冷媒システム(図示せず)に接続されていてもよい。冷媒システムは、操作中にガス分配要素の温度を所望の温度に維持するために、液体を該要素内に循環させるように構成されている。チャンバ12の壁を冷却するために、同様の冷媒装置(図示せず)が設けられていてもよい。

10

【0028】

チャンバ12は、前置チャンバ(図示せず)に通じる入口開口(図示せず)、および入口開口を開閉するための可動シャッタ(図示せず)を備えていてもよい。シャッタは、例えば、米国特許第7,276,124号明細書に開示されているように構成されていてもよい。この文献の開示内容は、引用することによって本明細書の一部をなすものとする。

【0029】

スピンドル30が、その中心軸32を上下方向に延在させて、チャンバ内に配置されている。スピンドルは、従来の回転貫通装置34によって、チャンバに取り付けられている。回転貫通装置34は、スピンドル30が、スピンドル30とチャンバ12のベースプレート24との間の密封を維持しながら、中心軸32を中心として回転することができるように、軸受およびシール(図示せず)を組み入れている。スピンドル30は、その上端、すなわち、ガス注入マニホールド14に最も近いスピンドルの端に、取付け部36を有している。

20

【0030】

スピンドル30は、電動モータ駆動装置のような回転駆動機構38に接続されている。回転駆動機構38は、中心軸32を中心としてスピンドルを回転させるように構成されている。スピンドル30は、ガス通路内においてスピンドルの略軸方向に延在する内部冷媒通路を備えていてもよい。内部冷媒通路は、冷媒源に接続され、この冷媒源によって、流体冷媒が冷媒通路を通過して冷媒源に戻るよう循環されるようになっている。

30

【0031】

ウェハキャリアまたはウェハ支持要素40は、上面41および中心軸42を有する実質的に円形のディスクの形態にある。図1に示されている作動位置では、支持要素40の中心軸42は、スピンドルの軸32と一致している。支持要素40は、単一片として形成されていてもよいし、複数片の複合材料として形成されていてもよい。例えば、米国特許出願公開第2009/0155028号明細書に開示されているように、支持要素40は、中心軸42を囲む支持要素の小さい領域を画定するハブおよびディスク状本体の残りを画定する大きい部分を備えていてもよい。他の実施形態(図示せず)では、支持要素40は、他の形状、例えば、正方形、六角形、または八角形を有していてもよい。

40

【0032】

支持要素40は、CVDプロセスを汚染させず、かつCVDプロセスにおいて受ける温度に耐えることができる材料から形成することができる。例えば、支持要素40の大きい部分は、黒鉛、炭化ケイ素、窒化硼素、窒化アルミニウム、または他の耐火材料のような材料から殆どまたは完全に形成されているとよい。支持要素40は、略平坦な上下面を有しており、これらの上下面は、互いに略平行に延在しており、支持要素の垂直回転軸42と略直交している。一例では、支持要素40は、約300mm~約700mmの直径を有することができる。

【0033】

支持要素40は、該支持要素の周りに周方向に配置された多数の凹部またはプラットフォーム

50

ォームを備えることができる。このような凹部またはプラットフォームは、各々、ディスク状ウェハ（図示せず）を取り外し可能に受け入れ、このようなウェハを以下に述べるようなMOCVDプロセス中に保持するように構成されている。各ウェハは、サファイア基板、炭化ケイ素基板、珪素基板、または他の結晶性基板から形成されている。典型的には、各ウェハは、その主面の寸法と比較して小さい厚みを有している。例えば、約2インチ（約50mm）径の円形ウェハは、約430μm以下の厚みを有している。各ウェハは、その上面を支持要素の上面に露出させるように上に向けて、支持要素40の上または支持要素40に隣接して配置されるようになっている。

【0034】

加熱要素50が、取付け部36の下方でスピンドル30を包囲するように、チャンバ12内に取り付けられている。加熱要素50は、主に放射熱伝達によって、熱を支持要素40の底面に伝達させることができる。支持要素40の底面に供給された熱は、支持要素の本体を通してその上面41に向かって上方に流れるようになっている。熱は、支持要素40によって保持された各ウェハの底面に向かって上方に流れ、そして、ウェハを通してその上面に向かって上方に流れる。熱は、ウェハの上面からプロセスチャンバ12の冷却要素、例えば、プロセスチャンバの壁20およびガス注入マニホールド14に放射されることになる。熱は、ウェハの上面からこれらの上面の上を通るプロセスガスにも伝達されることになる。特定の実施形態では、加熱要素50は多区域加熱要素でありうる。この場合、支持要素40の種々の部分（例えば、スピンドル30の中心軸32から第1の半径距離に位置する第1の環状部分、および中心軸から第2の半径距離に位置する第2の環状部分）が、別個に加熱可能である。

【0035】

例示的な実施形態では、熱シールド（図示せず）が、加熱要素50の下方に、例えば、支持要素40と平行に設けられており、これによって、加熱要素から支持要素への上向きの直接加熱を助長させ、チャンバ12の底端のベースプレート24への下向きの加熱が阻止されことになる。

【0036】

チャンバ12は、使用済みガスをチャンバの内部領域26から除去するように構成された排気システム52も備えている。排気システム52は、チャンバ12の底またはその近くに排気マニホールド（図示せず）を備えていてもよい。排気マニホールドは、使用済みガスを反応チャンバ12から排出するように構成されたポンプ55または他の真空源に接続されていてもよい。

【0037】

複数の光学的ビューポート60L, 60R（総称的に、光学的ビューポート60）が、チャンバ12の上フランジ22に配置されている。各ビューポート60は、温度を測定するためのパイロメーター（例えば、パイロメーター70または80）、または他の非接触式測定装置、例えば、湾曲を測定するための撓み計、成長率を測定するための反射計、楕円偏光計、または支持要素40の全半径にわたる温度を測定することができる走査装置を受け入れるように適合されている。各ビューポート60は、スピンドル30の中心軸32から任意の半径距離に配置可能になっており、各ビューポートは、チャンバ12の上フランジ22の周囲に沿った任意の角位置に配置可能になっている。

【0038】

図1に示されている例示的な実施形態では、ビューポート1L-7Lを含む7つのビューポート60Lが、図1の左側に設けられており、各ビューポート60Lは、中心軸32から互いに異なる半径距離に位置している。また、ビューポート1R-7Rを含む7つのビューポート60Rが、図1の右側に設けられており、各ビューポート60Rは、中心軸32から互いに異なる半径距離に位置している。各左側ビューポート1L-7Lは、対応する右側ビューポート1R-7Rと、中心軸32から同一の半径距離に位置している。7つのビューポート60L, 60Rが図1に示されているが、他の実施形態では、任意の数のビューポート60L, 60Rが設けられていてもよい。例えば、特定の実施形態では、

10

20

30

40

50

単一のビューポート60Lおよび単一のビューポート60Rが設けられていてもよい。他の例では、図2に示されている実施形態において、以下に説明するように、1つ以上の半径方向拡張ビューポート60L'が設けられていてもよい。

【0039】

複数の作動パイロメーター70が、複数のビューポート60の対応するものに設置可能になっている。各作動パイロメーター70は、支持要素40および/または支持要素上に支持されたウェハの温度を測定するように適合されている。このような温度測定値は、ウェハの処理中に加熱要素60の制御を決定するのに役立つ制御システム(例えば、制御システム90)への入力値として用いられることになる。

【0040】

図示されている例示的な実施形態では、3つの作動パイロメーター70が、ビューポート60Rの3つの対応するものに設置されている。例えば、作動パイロメーター70は、ビューポート1R, 3R, 5R内に設置されたそれぞれの作動パイロメーター71, 73, 75を含んでいる。他の実施形態では、任意の数の作動パイロメーター70が設けられていてもよく、各作動パイロメーターが、ビューポート60のいずれかに設置可能になっているとよい。

【0041】

図示されているように、作動パイロメーター70の各々は、支持要素40の垂直回転軸42から対応する半径距離において、支持要素40および/または支持要素上に支持されたウェハの温度を測定することができるよう配向されている。加熱要素50が多区域加熱要素である特定の実施形態では、作動パイロメーター70の各々は、支持要素40の対応する区域または部分の下に位置する加熱要素50の部分の加熱を制御することができるようになっている。例えば、各作動パイロメーター70を用いて、中心軸42から特定の半径距離における支持要素40の環状部分の温度を制御することができる。

【0042】

例えば、パイロメーター71, 73, 75の各々は、垂直回転軸42から対応する半径距離D1, D3, D5において、支持要素40の温度を測定することができる。特定の例では、スピンドル30が回転している間に、パイロメーター70の各々は、対応する半径距離において支持要素40の環状部分の温度を測定することができる。このように測定された温度は、支持要素の少なくとも一回転中のその環状部分の全体の測定温度の平均値である。

【0043】

図1に示されている実施形態では、較正パイロメーター80は、ビューポート60の1つに取外し可能に設置可能になっている。較正パイロメーターは、支持要素40および支持要素上に支持されたウェハの温度を測定するように適合されている。このような温度測定値は、1つ以上の作動パイロメーター70の正確度を決定するのに役立つ入力値として用いられることになる。較正パイロメーター80は、ビューポートの1つに取外し可能に設置されるように適合されたどのような形式のパyroメーターであってもよい。特定の例では、較正パイロメーター80は、高精度パイロメーターとすることができる。例えば、このような較正パイロメーター80は、 ± 1.5 以内の精度および ± 0.25 以内の1つの較正パイロメーターと他の較正パイロメーターとの間の再現性を有している。このような較正パイロメーター80は、一年当たり ± 0.05 以下のドリフトを有している。このような較正パイロメーター80は、チャンバ12から取り外され、周知の標準器、例えば、NIST追跡可能な黒体標準などの国内標準または国際標準にまで追跡可能になっている標準装置に対して周期的に較正されることが可能になっている。

【0044】

較正パイロメーター80は、ビューポート60Lの3つ、例えば、ビューポート1L, 3L, 5Lに順次取外し可能に設置されるようになっている。図1に示されているように、較正パイロメーター80は、対応するビューポート1L, 3L, 5L内に設置された位置A, B, Cに順次配置されることになる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

較正パイロメーター 80 がビューポート 1 L 内に設置された位置 A に配置されると、この較正パイロメーターは、支持要素 40 の垂直回転軸 42 から半径距離 D1 において支持要素 40 の温度を測定することができる。この半径距離 D1 は、ビューポート 1 R 内に設置された作動パイロメーター 71 が支持要素 40 の温度を測定するように適合されているときの半径距離と同一である。その結果、スピンドル 30 が回転している間に、ビューポート 1 L 内に設置された較正パイロメーター 80 およびビューポート 1 R 内に設置された作動パイロメーター 71 は、半径距離 D1 において支持要素 40 の特定の環状部分の温度を測定することができる。このように測定された温度は、支持要素の少なくとも一回転中のその環状部分の全体の測定温度の平均値である。

10

【 0 0 4 6 】

同様に、較正パイロメーター 80 がビューポート 3 L または 5 L 内に設定された位置 B または C に配置されると、この較正パイロメーターは、支持要素の垂直回転軸 42 から半径距離 D3 または D5 において支持要素 40 の温度を測定することができる。半径距離 D3 および D5 は、それぞれ、ビューポート 3 R および 5 R 内に設置された作動パイロメーター 73 および 75 が支持要素 40 の温度を測定するように適合されているときの半径距離と同一である。

【 0 0 4 7 】

装置 10 の操作中、作動パイロメーター 70 から温度測定読取値を受信するように適合された制御システム 90 が設けられている。この制御システムは、このような温度測定読取値をメモリー 92 に記憶することができる。一実施形態では、制御システム 90 は、作動パイロメーター 70 によって記録された温度測定値に応じて、加熱要素 50 の 1 つ以上の区域の加熱を調整することができる。特定の例では、制御システム 90 は、作動パイロメーター 70 の較正中、作動パイロメーター 70 および較正パイロメーター 80 から温度測定読取値を受信するように適合されており、このような温度測定読取値をメモリー 92 に記憶することができる。

20

【 0 0 4 8 】

操作時に、本発明の実施形態による温度測定プロセスでは、較正パイロメーター 80 が、光学的ビューポート 1 L に係合された第 1 の較正位置 A に取外し可能に設置されることになる。較正パイロメーター 80 が第 1 の較正位置 A に設置されると、この較正パイロメーターは、支持要素の回転軸 42 から第 1 の半径距離 D1 において支持要素 40 の第 1 の部分から放射を受けるように適合されることになる。前述したように、第 1 の作動パイロメーター 71 は、光学的ビューポート 1 R に係合された第 1 の作動位置に設置されており、回転軸 42 から第 1 の半径距離 D1 において支持要素 40 の第 1 の部分から放射を受けるように適合されている。例示的な実施形態では、作動パイロメーター 71, 73, 75 は、全温度測定プロセス中、対応するビューポート 60 R に設置されたままになっていてもよい（すなわち、これらの作動パイロメーターは、反応装置 12 から取り外されないようになっていてもよい。）

30

【 0 0 4 9 】

そして、反応装置 12 は、該反応装置がパイロメーター較正温度、例えば、500 ~ 1100 の間の温度に達するまで、加熱要素 50 によって加熱されるようになっている。較正温度は、望ましくは、反応装置 12 内において行われるウェハ処理プロセス中の作動温度に近い温度である。そして、支持要素 40 が、回転軸 42 を中心として回転される。一実施形態では、支持要素 40 は、50 ~ 1500 回転 / 分の速度で回転可能になっているが、他の実施形態では、支持要素は、他の速度で回転されてもよい。支持要素 40 がその回転軸 42 を中心として回転している間、オペレータまたは任意選択的な制御システム 90 は、ビューポート 1 R に設置された作動パイロメーター 71 から第 1 の作動温度測定値を得ることができ、ビューポート 1 L に設置された較正パイロメーター 80 から第 1 の較正温度測定値を得ることができる。特定の実施形態では、作動パイロメーター 71 および第 1 の較正位置 A に配置された較正パイロメーター 80 からの温度測定値は、同時に

40

50

得られるようになっていてもよい。

【0050】

支持要素40が回転すると、(中心軸42から同一の半径距離に位置しているが、該軸回りの異なる角位置にある)支持要素上の各点が、較正パイロメーター80および第1の作動パイロメーター71によって監視されている位置を通過することになる。図示されている装置では、ビューポート1Lは、ビューポート1Rから180°、すなわち、半回転分ずれており、パイロメーター71, 80によって監視されるそれぞれの位置は、同様に、互いに半回転分ずれている。好ましくは、反応チャンバ12が(温度が、経時的に変化せず、または許容される温度公差内で変動する)安定状態にある間に、温度測定値が採取されとよい。支持要素40の周方向における互いに離間した位置間の温度差は、パイロメーター71, 80からの温度読取値にそれほど大きな影響を与えない。何故なら、温度読取値は、支持要素の数回転にわたって平均化されているからである。

10

【0051】

好ましい実施形態では、パイロメーター較正は、ウェハ保持ポケットを有していないかまたはウェハが載置されていないブランクウェハキャリアである支持要素、または空の支持要素(すなわち、ウェハを支持していない支持要素)を用いて行われるようになっていいる。代替的な実施形態では、ウェハを有する支持要素が、較正プロセスに用いられてもよい。このような実施形態の一例では、較正パイロメーター80は、ウェハと支持要素との間の反射率または温度の差を用いて、支持要素温度データからウェハ温度データを分離する能力を有するようになっていいる。ウェハまたは支持要素40のいずれかの平均温度を用いて、作動パイロメーター70を較正することができる。特定の実施形態では、ウェハ温度データを支持要素温度データから分離する能力は、1つ以上の作動パイロメーター70に予め備わっているとよい。

20

【0052】

そして、較正パイロメーター80が、ビューポート3Lに係合された第2の較正位置Bに取外し可能に設置されることになる。較正パイロメーター80が第2の較正位置Bに設置されると、この較正パイロメーターは、支持要素の回転軸42から第2の半径距離D3において支持要素40の第2の部分から放射を受けるように適合されることになる。前述したように、第2の作動パイロメーター73は、ビューポート3Rに係合した第2の作動位置に設置されており、回転軸42から第2の半径距離D3における支持要素40の第2の部分から放射を受けるように適合されている。

30

【0053】

支持要素40がその回転軸42を中心として回転している間に、オペレータまたは制御システム90は、ビューポート3Rに設置された作動パイロメーター73から第2の作動温度測定値を得ることができ、ビューポート3Lに設置された較正パイロメーター80から第2の較正温度測定値を得ることができる。特定の実施形態では、作動パイロメーター73および第2の較正位置Bに配置された較正パイロメーター80からの温度測定値は、制御システムによって同時に得られるようになっていいる。

【0054】

そして、較正パイロメーター80は、ビューポート5Lに係合された第3の較正位置Cに取外し可能に設置されることになる。較正パイロメーター80が第3の較正位置Cに設置されると、この較正パイロメーターは、支持要素40の回転軸42から第3の半径距離D5において支持要素40の第3の部分から放射を受けるように適合されることになる。前述したように、第3の作動パイロメーター75は、ビューポート5Rに係合された第3の作動位置に設置されており、回転軸42から第3の半径距離D5において支持要素40の第3の部分から放射を受けるように適合されている。

40

【0055】

支持要素40がその回転軸を中心として回転している間、オペレータまたは制御システム90は、ビューポート5Rに設置された作動パイロメーター75から第3の作動温度測定値を得ることができ、ビューポート5Lに設置された較正パイロメーター80から第3

50

の校正温度測定値を得ることができる。特定の実施形態では、作動パイロメーター 75 および第 3 の校正位置 C に配置された校正パイロメーター 80 からの温度測定値は、制御システムによって、同時に得られるようになっている。第 1、第 2、および第 3 の校正温度測定値および作動温度測定値が得られた後、校正パイロメーター 80 は、ビューポート 5 L およびチャンバ 12 から取り外されることになる。

【0056】

例示的な実施形態では、前述の温度測定プロセスは、（例えば、以下に説明するように）、反応装置の化学蒸着作業中に行われてもよい。

【0057】

好ましい実施形態では、作動パイロメーター 71, 73, 75 の各々の校正は、装置 10 が、温度制御モード（装置が作動パイロメーター 70 からの温度読取値に基づいて加熱要素 50 へ電流を調整するモード）で作動されている間に行うことができる。一例では、作動パイロメーター 70 の各々に対する校正温度測定値の記録は、作動パイロメーター 70 のいずれかの校正の調整の前に行われてもよい。代替的に、各パイロメーターに対する校正温度測定値の記録および校正の調整が、順次、すなわち、次の作動パイロメーターの校正温度測定値の記録の前に行われてもよい。いずれの手順においても、各パイロメーター 70 の校正を調整した後、オペレータは、反応装置の温度が安定するのを待ち、その後、どの手順が用いられているかによって、校正温度測定値を記録するか、または次のパイロメーターの校正を調整するようになっていると好ましい。

【0058】

代替的な実施形態では、作動パイロメーター 71, 73, 75 の各々の校正は、装置 10 が電流制御モード（加熱フィラメントへの電流が特定値に制御され、作動パイロメーターが制御ループにない制御モード）にある間に行われてもよい。温度制御に関する前述の手順と同様、作動パイロメーター 70 の各々に対する校正温度測定値の記録は、パイロメーターのいずれかの校正の調整の前に行われてもよいし、または代替的に、各パイロメーターに対する校正温度測定値の記録および校正の調整が、順次行われてもよい。

【0059】

他の代替的な実施形態では、作動パイロメーター 70 の校正パラメータは、調整されないようになっている。むしろ、制御システム 90 は、メモリー 92 に、校正パイロメーター 80 から得られたより正確な第 1、第 2、および第 3 の校正温度測定値に対するそれぞれの作動パイロメーター 71、72、73 から得られたより不正確な第 1、第 2、第 3 の作動温度測定値の 1 つ以上のマッピングまたは参照テーブルを記憶することができる。このようにして、温度マッピングによって、制御システム 90 は、いかに述べるようなウェハ処理プロセス中に 1 つ以上の作動パイロメーター 70 によって得られた温度測定値を修正することができる。

【0060】

一実施形態では、第 1、第 2、第 3 の作動温度測定値の各々および第 1、第 2、第 3 の校正温度測定値の各々は、ウェハ処理プロセスにとって重要な単一温度における単一温度読取値とすることができる。他の実施形態では、第 1、第 2、第 3 の作動温度測定値の各々および第 1、第 2、第 3 の校正温度測定値の各々は、単一温度における複数の温度読取値の平均値であってもよい。特定の例では、校正プロセスは、略 800 で行われるようになっている。

【0061】

さらに他の実施形態では、第 1、第 2、第 3 の作動温度測定値の各々および第 1、第 2、第 3 の校正温度測定値の各々は、ある温度範囲に広がる複数の温度読取値とすることができる。これによって、校正パイロメーター 80 に対する各作動パイロメーター 70 の精度のマッピングが、チャンバ 12 の典型的なウェハ処理プロセス作動温度範囲にわたって得られることになる。

【0062】

前述のステップは、反応装置がウェハ処理の一連の過程にある間に行われてもよい。具

10

20

30

40

50

体的には、入口開口（図示せず）が、シャッタ（図示せず）を下降させることによって、開放される。次いで、ウェハを支持する支持要素が、前置チャンバ（図示せず）からチャンバ12内に装填され、スピンドル30上の作動位置に載置される。この状態で、ウェハの上面は、ガス注入マニホールド14に向かって上方を向いている。次いで、入口開口が閉鎖される。加熱要素50が作動され、回転駆動装置38が、スピンドル30、従って、支持要素40を中心軸32を中心として回転させるように、作動される。典型的には、スピンドル30は、約500 - 1500回転/分の回転速度で回転される。

【0063】

プロセスガス供給ユニット（図示せず）が、ガス注入マニホールド14を通してガスを供給するように、作動される。ガスは、支持要素40に向かって下方に流れ、ウェハの上面を横切って、支持要素の周囲に沿って下方に流れ、排気システム52に至る。従って、ウェハの上面は、種々のプロセスガス供給ユニットによって供給された種々のガスの混合物を含むプロセスガスに晒されることになる。最も典型的には、上面におけるプロセスガスは、主に、キャリアガス供給ユニット（図示せず）によって供給されるキャリアガスから構成されている。

10

【0064】

このウェハ処理プロセス中、作動パイロメーター70は、加熱要素50を制御するための入力値として役立つ温度測定値を記録することができる。多区域加熱要素50を有する実施形態では、複数のパイロメーター70の各々は、垂直回転軸42から特定の半径距離における温度測定値を記録することができ、これらの温度測定値は、多区域加熱要素の対応する区域を制御することができる。

20

【0065】

プロセスは、ウェハの所望の処理が完了するまで継続されることになる。いったんプロセスが完了したなら、入口開口が開けられ、ウェハが支持要素40から取り外される。最終的に、処理されたウェハは、次の操作サイクルのために新しいウェハと取り換えられることになる。

【0066】

図示されている実施形態では、各パイロメーター70、80は、支持要素40の垂直回転軸42からある半径距離において、支持要素40および/または支持要素上に支持されたウェハの温度を測定するように適合されており、該半径距離は、スピンドル30の中心軸32と対応するビューポート60との間の半径距離と同一である。従って、この場合、パイロメーター70または80は、略直角（略90°）である角度で進む放射を受けるように適合されている。他の実施形態では、各パイロメーター70または80は、支持要素40の回転軸42からある半径距離において、支持要素40および/または支持要素に支持されたウェハの温度を測定するように適合されており、該半径距離は、スピンドル30の中心軸32と対応するビューポート60との間の半径距離と異なっている。すなわち、この場合、パイロメーター70または80は、略直角でない角度、例えば、30°、45°、60°、75°、または任意の他の角度で進む放射を受けるように適合されていることになる。特定の実施形態では、較正パイロメーター80および対応するパイロメーター70のいずれかまたは両方が、略直角である角度で進む放射を受けるようになっていてもよいし、または較正パイロメーター80および対応するパイロメーター70の両方が、略直角である角度で進む放射を受けないようになっていてもよい。

30

40

【0067】

角度が略直角でないこのような実施形態では、較正パイロメーター80は、較正パイロメーターおよび対応する作動パイロメーターの両方が垂直回転軸から同一の半径距離（例えば、D1）において支持要素から放出される放射を受けることができる限り、対応する作動パイロメーター70と異なる（支持要素40の垂直回転軸42からの）半径距離に配置されていてもよい。

【0068】

図示されているように、作動パイロメーター70は、右側ビューポート60R内に設置

50

されており、校正パイロメーター 80 は、左側ビューポート 60 L の対応するものに取外し可能に設置可能になっている。他の実施形態では、各作動パイロメーター 70 は、ビューポート 60 のいずれに設置されてもよく、校正パイロメーター 80 は、(該作動パイロメーター 70 と同一の垂直回転軸 42 からの半径距離において支持要素から放出される放射を受けることができる) ビューポート 60 の任意の対応する 1 つに取外し可能に設置されてもよい。

【0069】

一例では、作動パイロメーター 70 は、左側のビューポート 60 L のいくつかに設置されてもよく、校正パイロメーター 80 は、右側のビューポート 60 R の対応するものに取外し可能に設置されてもよい。他の例では、作動パイロメーター 70 のいくつか(例えば、作動パイロメーター 71, 73) が右側ビューポート 60 R のいくつかに設置されてもよく、作動パイロメーターの他のもの(例えば、作動パイロメーター 75) が左側ビューポート 60 L に設置されてもよい。この場合、校正パイロメーター 80 は、(該作動パイロメーター 70 と同一の垂直回転軸 42 からの半径距離において支持要素から放出される放射を受けることができる) ビューポート 60 の対応する 1 つに取外し可能に設置されることになる。

【0070】

校正パイロメーター 80 が設置されることになるビューポート 60 の各々(例えば、左側ビューポート 1 L, 3 L, 5 L) は、その上に著しい寄生堆積が生じないことが望ましい。校正パイロメーター 80 が特定のビューポート 60 内に設置される前に、該特定のビューポートは、このような寄生堆積を除去するために洗浄されることが望ましい。

【0071】

特定の実施形態では、作動パイロメーター 70 および校正パイロメーター 80 は、垂直回転軸 42 から同一の半径距離にある別々の位置から放出される放射を受けるのに代わって、支持要素の同一の単一位置から放出される放射を受けるように意図されている。このような実施形態では、作動パイロメーター 70 および校正パイロメーター 80 が互いに異なるビューポート 60 内に設置されるのに代わって、作動パイロメーター 70 および校正パイロメーター 80 は、同一のビューポート内に設置されることになる。このような実施形態は、作動パイロメーター 70 および校正パイロメーター 80 の両方の設置に適応するのに十分大きいビューポートを備えるように、チャンバ 12 を修正する必要がある。また、このような実施形態は、作動パイロメーター 70 および校正パイロメーター 80 を垂直回転軸 42 に対して傾斜させる必要があるが、これは、温度測定の不確かさを増大させる可能性がある。

【0072】

以下、図 2 を参照すると、図 1 に示されている化学蒸着装置 10 の代替的なビューポートの実施形態が示されている。この実施形態では、校正パイロメーター 80 は、個別のビューポート 1 L, 3 L, 5 L 内に順次設置されるのに代わって、1 つ以上の半径方向拡張光学的ビューポート 60 L' 内に取外し可能に設置されるようになっている。ここで用いられる「半径方向拡張ビューポート」は、パイロメーターをビューポートから取り外すことなく、設置されたパイロメーターの半径位置を変化させる能力を有するビューポートである。このような半径方向拡張ビューポートは、半径方向に延在するレールを備えていてもよい。このレールによって、パイロメーターは、ビューポートから取り外されることなく、1 つの半径位置から他の半径位置に摺動することが可能になる。

【0073】

図 2 に示されている実施形態では、校正パイロメーター 80 は、支持要素 40 の半径の少なくとも一部に沿って支持要素 40 の上面 41 と実質的に平行に延在するレール(図示せず)上に載置されるように、半径方向拡張ビューポート 60 L' 内に設置されるようになっている。従って、校正パイロメーターは、マイクロメータマウントを用いて、制御可能になっている。一例では、校正パイロメーター 80 は、支持要素 40 の半径の少なくとも一部に沿ってレール上を迅速に移動し、支持要素の半径方向拡張部分の温度測定記録の

10

20

30

40

50

マップを形成することができる。他の例では、半径方向拡張ビューポート60L'は、支持要素の全半径に沿って延在しており、これによって、較正パイロメーター80は、支持要素40の全半径に沿ってレール上を移動し、支持要素の上面41の任意の半径位置の温度測定記録を得ることができる。

【0074】

特定の実施形態では、支持要素40の同一の半径に沿って、または支持要素の互いに異なる角位置における互いに異なる半径に沿って、2つ以上の半径方向拡張ビューポート60L'が設けられてもよい。この場合、支持要素の2つ以上の半径方向拡張部分に沿って温度測定値を記録するために、較正パイロメーター80は、各半径方向拡張ビューポート内に順次設置されることになる。

10

【0075】

代替例では、較正パイロメーター80は、半径方向拡張ビューポート60L'内においてレールに沿って離間位置A、B、Cに移動することが可能になっている。この場合、較正パイロメーターは、それぞれの作動パイロメーター71、73、75が温度測定値を記録するように適合されている半径距離D1、D3、D5において、支持要素40の特定部分の温度を測定することができる。

【0076】

較正パイロメーター80は、ユーザーが作動パイロメーター70を再較正したいときのみにビューポート60L'内に取外し可能に設置されてもよいし、またはウェハ処理サイクル中、ビューポート60L'内に設置されたままにされ、周知の標準器に対して再較正するために周期的に取り外されるようになっていてもよい。

20

【0077】

本発明によるその場パイロメーター較正システムおよび方法は、前述したように、従来のパイロメーター較正方法と比較して、いくつかの有力な利点を有している。例えば、従来のパイロメーター再較正プロセスと比較して、作動パイロメーター70は、再較正のためにチャンバ12から取り外される必要がない。また、前述したように、本発明による温度測定プロセスは、チャンバ12におけるパイロメーター設置に関するエラーを補償することができると共に、前述のように、ビューポート60への寄生堆積のようなチャンバ内の条件を補償することができる。

【0078】

30

本発明は、回転ディスク反応装置を用いる種々のウェハ処理プロセス、例えば、ウェハの化学蒸着や化学エッチングなどに適用可能である。本明細書において、本発明を特定の実施形態を参照して説明してきたが、これらの実施形態は、本発明の原理と応用の単なる例示にすぎないことを理解されたい。従って、例示的な実施形態に対して多くの修正がなされてもよいこと、および添付の請求項に記載されている本発明の精神および範囲から逸脱することなく、他の構成が考案されてもよいことを理解されたい。種々の従属請求項およびそこに記載されている特徴は、元の請求項に記載されているのと異なる方法によって組み合わせられてもよいことは明らかであろう。また、個々の実施形態に関連して記載されている特徴は、記載されている実施形態の他の特徴と共有されてもよいことも明らかであろう。

40

【産業上の利用可能性】

【0079】

本発明は、制限されるものではないが、ウェハ処理反応装置およびウェハ処理反応装置用のその場パイロメーター較正の方法を含む広い産業上の利用可能性を有している。

フロントページの続き

- (74)代理人 100142996
弁理士 森本 聡二
- (72)発明者 ガラリー, アレクサンダー・アイ
アメリカ合衆国ニュージャージー州08807,ブリッジウォーター,トゥロ・ファーム・ロード
1068
- (72)発明者 ボグスラフスキー, ヴァディム
アメリカ合衆国ニュージャージー州08540,プリンストン,マウント・ルーカス・ロード 2
32
- (72)発明者 クリシュナン, サンディーブ
アメリカ合衆国ニュージャージー州08854,プリンストン,ローウェル・コート 108,ア
パートメント #5
- (72)発明者 キング, マシュー
アメリカ合衆国ニュージャージー州07045,モントヴィル,センチュリー・コート 7

審査官 塚本 丈二

- (56)参考文献 特開2001-013014(JP,A)
特表2005-530997(JP,A)
特表2004-513510(JP,A)
特開2006-189261(JP,A)
特表2009-500851(JP,A)
特開2001-249050(JP,A)
特開平11-097368(JP,A)
実開平05-057657(JP,U)
米国特許出願公開第2010/0290500(US,A1)
米国特許第5937142(US,A)
米国特許出願公開第2003/0210901(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01J 5/00-5/62
C23C 16/52
H01L 21/205