

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7328931号
(P7328931)

(45)発行日 令和5年8月17日(2023.8.17)

(24)登録日 令和5年8月8日(2023.8.8)

(51)国際特許分類	F I
G 0 1 J 5/53 (2022.01)	G 0 1 J 5/53
B 2 4 B 49/14 (2006.01)	B 2 4 B 49/14
B 2 4 B 37/015 (2012.01)	B 2 4 B 37/015
H 0 1 L 21/304 (2006.01)	H 0 1 L 21/304 6 2 2 R

請求項の数 16 (全31頁)

(21)出願番号	特願2020-85788(P2020-85788)	(73)特許権者	000000239
(22)出願日	令和2年5月15日(2020.5.15)		株式会社荏原製作所
(65)公開番号	特開2020-197528(P2020-197528 A)		東京都大田区羽田旭町1 1 番 1 号
(43)公開日	令和2年12月10日(2020.12.10)	(74)代理人	100118500
審査請求日	令和4年10月13日(2022.10.13)		弁理士 廣澤 哲也
(31)優先権主張番号	特願2019-102253(P2019-102253)	(74)代理人	100091498
(32)優先日	令和1年5月31日(2019.5.31)		弁理士 渡邊 勇
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	(74)代理人	100174089
			弁理士 郷戸 学
		(74)代理人	100186749
			弁理士 金沢 充博
		(72)発明者	魚住 修司
			東京都大田区羽田旭町1 1 番 1 号 株式 会社荏原製作所内
		(72)発明者	本島 靖之

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 放射温度計を校正する方法、およびシステム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

研磨装置に配置された放射温度計を自動で校正する方法であって、
測定体に取り付けられた加熱装置を前記放射温度計の下方に配置し、
前記加熱装置に接続された前記研磨装置の制御部を用いて、前記測定体の温度を複数の
目標温度に加熱し、

各目標温度における前記測定体の温度を前記放射温度計で測定し、
各目標温度と、該目標温度に対応する前記放射温度計の温度出力値との差である温度ず
れ量を算出し、

前記温度ずれ量の全てが予め設定された基準範囲内に入るように、前記放射温度計を較
正し、

前記放射温度計を校正する工程は、前記放射温度計のアナログデジタル変換器に格納さ
れた変換パラメータを補正する工程であることを特徴とする方法。

【請求項 2】

研磨装置に配置された放射温度計を自動で校正する方法であって、
測定体がそれぞれ取り付けられた複数の加熱装置を用意し、
前記複数の加熱装置に接続された前記研磨装置の制御部を用いて、各測定体の温度を所
定の目標温度に加熱し、

各測定体を前記放射温度計の下方に移動させて、前記目標温度における前記測定体の温
度を前記放射温度計で測定し、

各目標温度と、該目標温度に対応する前記放射温度計の温度出力値との差である温度ずれ量を算出し、

前記温度ずれ量の全てが予め設定された基準範囲内に入るように、前記放射温度計を較正することを特徴とする方法。

【請求項 3】

前記放射温度計を較正する工程は、前記放射温度計のアナログデジタル変換器に格納された変換パラメータを補正する工程であることを特徴とする請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記放射温度計を較正した後で、前記測定体の温度を再度複数の目標温度に加熱し、

各目標温度における前記測定体の温度を前記放射温度計で測定し、

前記温度ずれ量を再度算出し、

前記温度ずれ量の全てが予め設定された基準範囲内に入るか否かを確認することを特徴とする請求項 1 乃至 3 にいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5】

前記測定体は、前記研磨装置に配置された研磨パッドの放射率と同様の放射率を有する材料から構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

研磨装置に配置された放射温度計を自動で較正する方法であって、

互いに異なる既知の放射率を有する複数の測定体に取り付けられた加熱装置を前記放射温度計の下方に配置し、

前記加熱装置に接続された前記研磨装置の制御部を用いて、前記複数の測定体の温度を所定の目標温度に加熱し、

前記目標温度における前記複数の測定体の温度を前記放射温度計でそれぞれ測定し、

前記目標温度に加熱された前記複数の測定体を前記放射温度計でそれぞれ測定したときに、該放射温度計から出力されるべき各温度期待値と、前記放射温度計の温度出力値との差である温度ずれ量を算出し、

前記温度ずれ量の全てが予め設定された基準範囲内に入るように、前記放射温度計を較正することを特徴とする方法。

【請求項 7】

前記放射温度計を較正する工程は、前記放射温度計のアナログデジタル変換器に格納された変換パラメータを補正する工程であることを特徴とする請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記放射温度計を較正した後で、前記目標温度に維持された前記複数の測定体の温度を再度前記放射温度計でそれぞれ測定し、

前記温度ずれ量を再度算出し、

前記温度ずれ量の全てが予め設定された基準範囲内に入るか否かを確認することを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の方法。

【請求項 9】

研磨装置に配置される放射温度計を較正するシステムであって、

測定体に取り付けられ、前記放射温度計の下方に配置される加熱装置と、

前記加熱装置に接続された温度調整器と、を備え、

前記温度調整器は、前記研磨装置に配置された制御部に接続されており、

前記制御部は、

前記温度調整器を介して、前記測定体の温度を複数の目標温度に加熱し、

各目標温度における前記測定体の温度を前記放射温度計で測定し、

各目標温度と、該目標温度に対応する前記放射温度計の温度出力値との差である温度ずれ量を算出し、

前記温度ずれ量の全てが予め設定された基準範囲内に入るように、前記放射温度計のアナログデジタル変換器に格納された変換パラメータを補正して、前記放射温度計を較正することを特徴とするシステム。

10

20

30

40

50

【請求項 10】

研磨装置に配置される放射温度計を較正するシステムであって、
測定体がそれぞれ取り付けられた複数の加熱装置と、
前記複数の加熱装置に接続された温度調整器と、
前記複数の加熱装置のそれぞれを前記放射温度計の下方に移動させる加熱装置移動機構と、を備え、

前記温度調整器および前記加熱装置移動機構は、前記研磨装置に配置された制御部に接続されており、

前記制御部は、

前記温度調整器を介して、各測定体の温度を所定の目標温度に加熱し、

前記加熱装置移動機構を用いて、各測定体を前記放射温度計の下方に移動させ、

各目標温度における前記測定体の温度を前記放射温度計で測定し、

各目標温度と、該目標温度に対応する前記放射温度計の温度出力値との差である温度ずれ量を算出し、

前記温度ずれ量の全てが予め設定された基準範囲内に入るように、前記放射温度計を較正することを特徴とするシステム。

10

【請求項 11】

前記制御部は、前記温度ずれ量の全てが予め設定された基準範囲内に入るように、前記放射温度計のアナログデジタル変換器に格納された変換パラメータを補正することを特徴とする請求項 10 に記載のシステム。

20

【請求項 12】

前記制御部は、前記放射温度計を較正した後で、

前記測定体の温度を再度複数の目標温度に加熱し、

各目標温度における前記測定体の温度を前記放射温度計で測定し、

前記温度ずれ量を再度算出し、

前記温度ずれ量の全てが予め設定された基準範囲内に入るか否かを確認することを特徴とする請求項 9 乃至 11 のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 13】

前記測定体は、前記研磨装置に配置された研磨パッドの放射率と同様の放射率を有する材料から構成されることを特徴とする請求項 9 乃至 12 のいずれか一項に記載のシステム。

30

【請求項 14】

研磨装置に配置される放射温度計を較正するシステムであって、

互いに異なる既知の放射率を有する複数の測定体に取り付けられ、前記放射温度計の下方に配置される加熱装置と、

前記加熱装置に接続された温度調整器と、を備え、

前記温度調整器は、前記研磨装置に配置された制御部に接続されており、

前記制御部は、

前記温度調整器を介して、前記複数の測定体の温度を所定の目標温度に加熱し、

前記目標温度における前記複数の測定体の温度を前記放射温度計でそれぞれ測定し、

前記目標温度に加熱された前記複数の測定体を前記放射温度計でそれぞれ測定したときに、該放射温度計から出力されるべき各温度期待値と、前記放射温度計の温度出力値との差である温度ずれ量を算出し、

40

前記温度ずれ量の全てが予め設定された基準範囲内に入るように、前記放射温度計を較正することを特徴とするシステム。

【請求項 15】

前記制御部は、前記温度ずれ量の全てが予め設定された基準範囲内に入るように、前記放射温度計のアナログデジタル変換器に格納された変換パラメータを補正することを特徴とする請求項 14 に記載のシステム。

【請求項 16】

前記制御部は、前記放射温度計を較正した後で、

50

前記目標温度に維持された前記複数の測定体の温度を再度前記放射温度計でそれぞれ測定し、

前記温度ずれ量を再度算出し、

前記温度ずれ量の全てが予め設定された基準範囲内に入るか否かを確認することを特徴とする請求項 1 4 または 1 5 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、放射温度計を較正する方法、およびシステムに関し、特に、研磨装置に配置された放射温度計を自動で較正する方法、およびシステムに関する。

10

【背景技術】

【0002】

CMP (Chemical Mechanical Polishing) 装置は、半導体デバイスの製造において、ウェーハなどの基板の表面を研磨する工程に使用される。CMP 装置は、少なくとも 1 つの研磨ユニットを有しており、該研磨ユニットは、基板を研磨ヘッドで保持して基板を回転させ、さらに回転する研磨テーブル上の研磨パッドに基板を押し付けて基板の表面を研磨する。研磨中、研磨パッドには研磨液 (スラリー) が供給され、基板の表面は、研磨液の化学的作用と研磨液に含まれる砥粒の機械的作用により平坦化される。

【0003】

基板の研磨レートは、基板の研磨パッドに対する研磨荷重のみならず、研磨パッドの表面温度にも依存する。これは、基板に対する研磨液の化学的作用が温度に依存するからである。したがって、半導体デバイスの製造においては、基板の研磨レートを上げて更に一定に保つために、基板研磨中の研磨パッドの表面温度を最適な値に保つことが重要とされる。

20

【0004】

そこで、研磨パッドの表面温度を調整するためにパッド温度調整装置が従来から使用されている (例えば、特許文献 1 参照)。パッド温度調整装置は、研磨パッドの表面 (研磨面) に接触可能な熱交換器と、温度調整された加熱液および冷却液を熱交換器に供給する液体供給システムと、研磨パッドの表面温度を測定する放射温度計と、該放射温度計により測定された研磨パッドの表面温度に基づいて液体供給システムを制御する制御部とを備えている。制御部は、研磨パッドの表面温度を所定の目標温度に維持するように、放射温度計によって測定された研磨パッドの表面温度に基づいて、加熱液および冷却液の流量を制御する。

30

【0005】

研磨装置は、パッド温度調整装置の放射温度計とは別の放射温度計を備えていてもよい。別の放射温度計は、例えば、基板の研磨中に、研磨ヘッド近傍の研磨パッドの表面温度が所定の設定温度に維持されているか否かを監視するための温度計である。別の放射温度計も上記制御部に接続されており、制御部は、別の放射温度計から送信された研磨パッドの表面温度の測定値が制御部に予め記憶された許容範囲を超えたときに、研磨装置の運転を停止して、警報を発する。これにより、基板に研磨異常が発生することが防止される。

40

【0006】

基板の研磨レートを一定に保つため、および基板に研磨異常が発生することを効果的に防止するためには、放射温度計は、パッド表面温度の正確な測定値を制御部に出力する必要がある。そのため、研磨装置の製造者は、研磨装置の出荷前に、放射温度計の較正を実施している。

【0007】

従来の放射温度計の較正は、次のように行われる。放射温度計の較正を行う作業者は、最初に、ホットプレートなどの加熱装置と、持ち運び可能な放射温度計 (すなわち、ポータブル放射温度計) を用意する。次に、加熱装置の放熱面を所定の目標温度まで加熱し、該放熱面の温度を研磨装置に配置された放射温度計と、ポータブル放射温度計との両者で

50

測定する。そして、作業者は、放射温度計の測定値がポータブル放射温度計の測定値に一致するように、放射温度計を較正する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【文献】特開2018-027582号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

放射温度計の使用を開始してからある程度時間が経過すると、放射温度計の測定値（すなわち、放射温度計の温度出力値）が研磨パッドの実際の表面温度に対してずれてしまうことがある。そのため、研磨装置の納入後でも、放射温度計は客先で定期的に較正されるのが好ましい。

10

【0010】

しかしながら、従来の放射温度計の較正作業は、ある程度大きな労力が必要な作業であり、較正作業中は、研磨装置が停止するため、放射温度計の較正を定期的に行うことは現実的には困難である。さらに、従来の放射温度計の較正作業では、作業者が取り扱うポータブル放射温度計を、研磨装置の放射温度計を較正するための標準器として用いている。この場合、作業者の熟練度などに応じて、放射温度計の較正結果にばらつきが生じるおそれがある。例えば、作業者がポータブル温度計を加熱装置の放熱面に向ける角度、およびポータブル温度計と加熱装置の放熱面との間の距離などが変わると、放射温度計の較正結果にばらつきが生じるおそれがある。そのため、放射温度計の較正を自動で行う方法およびシステムが求められており、特に、短時間かつ自動で放射温度計の較正を実行可能な方法およびシステムが求められている。

20

【0011】

そこで、本発明は、研磨装置に設けられた放射温度計を自動で較正する方法、およびシステムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

一態様では、研磨装置に配置された放射温度計を自動で較正する方法であって、測定体に取り付けられた加熱装置を前記放射温度計の下方に配置し、前記加熱装置に接続された前記研磨装置の制御部を用いて、前記測定体の温度を複数の目標温度に加熱し、各目標温度における前記測定体の温度を前記放射温度計で測定し、各目標温度と、該目標温度に対応する前記放射温度計の温度出力値との差である温度ずれ量を算出し、前記温度ずれ量の全てが予め設定された基準範囲内に入るように、前記放射温度計を較正し、前記放射温度計を較正する工程は、前記放射温度計のアナログデジタル変換器に格納された変換パラメータを補正する工程であることを特徴とする方法が提供される。

30

【0013】

一態様では、研磨装置に配置された放射温度計を自動で較正する方法であって、測定体がそれぞれ取り付けられた複数の加熱装置を用意し、前記複数の加熱装置に接続された前記研磨装置の制御部を用いて、各測定体の温度を所定の目標温度に加熱し、各測定体を前記放射温度計の下方に移動させて、前記目標温度における前記測定体の温度を前記放射温度計で測定し、各目標温度と、該目標温度に対応する前記放射温度計の温度出力値との差である温度ずれ量を算出し、前記温度ずれ量の全てが予め設定された基準範囲内に入るように、前記放射温度計を較正することを特徴とする方法が提供される。

40

【0014】

一態様では、前記放射温度計を較正する工程は、前記放射温度計のアナログデジタル変換器に格納された変換パラメータを補正する工程である。

一態様では、前記放射温度計を較正した後で、前記測定体の温度を再度複数の目標温度に加熱し、各目標温度における前記測定体の温度を前記放射温度計で測定し、前記温度ず

50

れ量を再度算出し、前記温度ずれ量の全てが予め設定された基準範囲内に入るか否かを確認する。

一態様では、前記測定体は、前記研磨装置に配置された研磨パッドの放射率と同様の放射率を有する材料から構成される。

【0015】

一態様では、研磨装置に配置された放射温度計を自動で較正する方法であって、互いに異なる既知の放射率を有する複数の測定体に取り付けられた加熱装置を前記放射温度計の下方に配置し、前記加熱装置に接続された前記研磨装置の制御部を用いて、前記複数の測定体の温度を所定の目標温度に加熱し、前記目標温度における前記複数の測定体の温度を前記放射温度計でそれぞれ測定し、前記目標温度に加熱された前記複数の測定体を前記放射温度計でそれぞれ測定したときに、該放射温度計から出力されるべき各温度期待値と、前記放射温度計の温度出力値との差である温度ずれ量を算出し、前記温度ずれ量の全てが予め設定された基準範囲内に入るように、前記放射温度計を較正することを特徴とする方法が提供される。

10

【0016】

一態様では、前記放射温度計を較正する工程は、前記放射温度計のアナログデジタル変換器に格納された変換パラメータを補正する工程である。

一態様では、前記放射温度計を較正した後で、前記目標温度に維持された前記複数の測定体の温度を再度前記放射温度計でそれぞれ測定し、前記温度ずれ量を再度算出し、前記温度ずれ量の全てが予め設定された基準範囲内に入るか否かを確認する。

20

【0017】

一態様では、研磨装置に配置される放射温度計を較正するシステムであって、測定体に取り付けられ、前記放射温度計の下方に配置される加熱装置と、前記加熱装置に接続された温度調整器と、を備え、前記温度調整器は、前記研磨装置に配置された制御部に接続されており、前記制御部は、前記温度調整器を介して、前記測定体の温度を複数の目標温度に加熱し、各目標温度における前記測定体の温度を前記放射温度計で測定し、各目標温度と、該目標温度に対応する前記放射温度計の温度出力値との差である温度ずれ量を算出し、前記温度ずれ量の全てが予め設定された基準範囲内に入るように、前記放射温度計のアナログデジタル変換器に格納された変換パラメータを補正して、前記放射温度計を較正することを特徴とするシステムが提供される。

30

【0018】

一態様では、研磨装置に配置される放射温度計を較正するシステムであって、測定体がそれぞれ取り付けられた複数の加熱装置と、前記複数の加熱装置に接続された温度調整器と、前記複数の加熱装置のそれぞれを前記放射温度計の下方に移動させる加熱装置移動機構と、を備え、前記温度調整器および前記加熱装置移動機構は、前記研磨装置に配置された制御部に接続されており、前記制御部は、前記温度調整器を介して、各測定体の温度を所定の目標温度に加熱し、前記加熱装置移動機構を用いて、各測定体を前記放射温度計の下方に移動させ、各目標温度における前記測定体の温度を前記放射温度計で測定し、各目標温度と、該目標温度に対応する前記放射温度計の温度出力値との差である温度ずれ量を算出し、前記温度ずれ量の全てが予め設定された基準範囲内に入るように、前記放射温度計を較正することを特徴とするシステムが提供される。

40

【0019】

一態様では、前記制御部は、前記温度ずれ量の全てが予め設定された基準範囲内に入るように、前記放射温度計のアナログデジタル変換器に格納された変換パラメータを補正する。

一態様では、前記制御部は、前記放射温度計を較正した後で、前記測定体の温度を再度複数の目標温度に加熱し、各目標温度における前記測定体の温度を前記放射温度計で測定し、前記温度ずれ量を再度算出し、前記温度ずれ量の全てが予め設定された基準範囲内に入るか否かを確認する。

一態様では、前記測定体は、前記研磨装置に配置された研磨パッドの放射率と同様の放

50

射率を有する材料から構成される。

【0020】

一態様では、研磨装置に配置される放射温度計を校正するシステムであって、互いに異なる既知の放射率を有する複数の測定体に取り付けられ、前記放射温度計の下方に配置される加熱装置と、前記加熱装置に接続された温度調整器と、を備え、前記温度調整器は、前記研磨装置に配置された制御部に接続されており、前記制御部は、前記温度調整器を介して、前記複数の測定体の温度を所定の目標温度に加熱し、前記目標温度における前記複数の測定体の温度を前記放射温度計でそれぞれ測定し、前記目標温度に加熱された前記複数の測定体を前記放射温度計でそれぞれ測定したときに、該放射温度計から出力されるべき各温度期待値と、前記放射温度計の温度出力値との差である温度ずれ量を算出し、前記温度ずれ量の全てが予め設定された基準範囲内に入るように、前記放射温度計を校正することを特徴とするシステムが提供される。

10

【0021】

一態様では、前記制御部は、前記温度ずれ量の全てが予め設定された基準範囲内に入るように、前記放射温度計のアナログデジタル変換器に格納された変換パラメータを補正する。

一態様では、前記制御部は、前記放射温度計を校正した後で、前記目標温度に維持された前記複数の測定体の温度を再度前記放射温度計でそれぞれ測定し、前記温度ずれ量を再度算出し、前記温度ずれ量の全てが予め設定された基準範囲内に入るか否かを確認する。

【発明の効果】

20

【0022】

本発明によれば、測定体に取り付けられた加熱装置を放射温度計の下方に配置し、研磨装置の制御部を加熱装置に接続するだけで、制御部が放射温度計の校正を自動で実行する。したがって、作業者の負担および研磨装置のダウンタイムが減少するので、放射温度計の校正プロセスが定期的に実行されることが期待できる。その結果、基板を所望の研磨レートで研磨することが可能となり、さらに、基板に研磨異常が発生することを効果的に防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】図1は、一実施形態に係る研磨装置を示す模式図である。

30

【図2】図2は、研磨ヘッド近傍のパッド表面温度を測定する放射温度計を示す模式図である。

【図3】図3は、図2に示す放射温度計のセンサ部を拡大して示す模式図である。

【図4】図4は、一実施形態に係る校正システムの構成を示す模式図である。

【図5】図5(a)は、図4に示す校正システムの校正ツールを模式的に示す上面図であり、図5(b)は、図5(a)に示す校正ツールの側面図である。

【図6】図6は、放射温度計の内部構造の一例を示す模式図である。

【図7】図7は、一実施形態に係る放射温度計の校正方法の前半部分を示すフローチャートである。

【図8】図8は、一実施形態に係る放射温度計の校正方法の後半部分を示すフローチャートである。

40

【図9】図9は、各目標温度と、該目標温度に対応する放射温度計の温度出力値との関係を示す関数の一例を示したグラフである。

【図10】図10は、図9に示す関数のy切片を補正した一例を示すグラフである。

【図11】図11は、図10に示す関数の傾きを補正した一例を示すグラフである。

【図12】図12は、校正シートの一例を示す模式図である。

【図13】図13は、他の実施形態に係る校正ツールを模式的に示す斜視図である。

【図14】図14は、図13に示す加熱装置移動機構によって、加熱装置が放射温度計の下方に移動された状態を示す模式図である。

【図15】図15は、加熱装置の保護カバーを示す模式図である。

50

【図16】図16は、一実施形態に係る放射温度計の温度出力値を確認する方法の前半部分を示すフローチャートである。

【図17】図17は、一実施形態に係る放射温度計の温度出力値を確認する方法の後半部分を示すフローチャートである。

【図18】図18(a)は、さらに他の実施形態に係る較正ツールを模式的に示す上面図であり、図18(b)は、図18(a)に示す加熱板を移動させる移動機構を模式的に示す斜視図である。

【図19】図19(a)乃至図19(d)は、100の目標温度に加熱された複数の測定体の温度を放射温度計でそれぞれ測定したときに、該放射温度計から出力される温度出力値の測定誤差を説明するための模式図である。

10

【図20】図20は、図18(a)に示す較正ツールを備えた較正システムで、放射温度計の較正を実施する方法の前半部分を示すフローチャートである。

【図21】図21は、図18(a)に示す較正ツールを備えた較正システムで、放射温度計の較正を実施する方法の後半部分を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

図1は、一実施形態に係る研磨装置を示す模式図である。図1に示す研磨装置は、基板の一例であるウェーハWを保持して回転させる研磨ヘッド1と、研磨パッド3を支持する研磨テーブル2と、研磨パッド3の表面に研磨液(例えばスラリー)を供給する研磨液供給ノズル4と、研磨パッド3の表面温度を調整するパッド温度調整装置5とを備えている。研磨パッド3の表面(上面)は、ウェーハWを研磨する研磨面を構成する。

20

【0025】

研磨ヘッド1は鉛直方向に移動可能であり、かつその軸心を中心として矢印で示す方向に回転可能となっている。ウェーハWは、研磨ヘッド1の下面に真空吸着などによって保持される。研磨テーブル2にはモータ(図示せず)が連結されており、矢印で示す方向に回転可能となっている。図1に示すように、研磨ヘッド1および研磨テーブル2は、同じ方向に回転する。研磨パッド3は、研磨テーブル2の上面に貼り付けられている。

【0026】

ウェーハWの研磨は次のようにして行われる。研磨されるウェーハWは、研磨ヘッド1によって保持され、さらに研磨ヘッド1によって回転される。一方、研磨パッド3は、研磨テーブル2とともに回転される。この状態で、研磨パッド3の表面には研磨液供給ノズル4から研磨液が供給され、さらにウェーハWの表面は、研磨ヘッド1によって研磨パッド3の表面(すなわち研磨面)に対して押し付けられる。ウェーハWの表面は、研磨液の存在下での研磨パッド3との摺接により研磨される。ウェーハWの表面は、研磨液の化学的作用と研磨液に含まれる砥粒の機械的作用により平坦化される。

30

【0027】

パッド温度調整装置5は、研磨パッド3の表面に接触可能な熱交換器11と、温度調整された加熱液および冷却液を熱交換器11に供給する液体供給システム30とを備えている。この液体供給システム30は、温度調整された加熱液を貯留する加熱液供給源としての加熱液供給タンク31と、加熱液供給タンク31と熱交換器11とを連結する加熱液供給管32および加熱液戻り管33とを備えている。加熱液供給管32および加熱液戻り管33の一方の端部は加熱液供給タンク31に接続され、他方の端部は熱交換器11に接続されている。

40

【0028】

温度調整された加熱液は、加熱液供給タンク31から加熱液供給管32を通じて熱交換器11に供給され、熱交換器11内を流れ、そして熱交換器11から加熱液戻り管33を通じて加熱液供給タンク31に戻される。このように、加熱液は、加熱液供給タンク31と熱交換器11との間を循環する。加熱液供給タンク31は、ヒータ(図示せず)を有しており、加熱液はヒータにより所定の温度に加熱される。

50

【 0 0 2 9 】

加熱液供給管 3 2 には、第 1 開閉バルブ 4 1 および第 1 流量制御バルブ 4 2 が取り付けられている。第 1 流量制御バルブ 4 2 は、熱交換器 1 1 と第 1 開閉バルブ 4 1 との間に配置されている。第 1 開閉バルブ 4 1 は、流量調整機能を有しないバルブであるのに対し、第 1 流量制御バルブ 4 2 は、流量調整機能を有するバルブである。

【 0 0 3 0 】

液体供給システム 3 0 は、熱交換器 1 1 に接続された冷却液供給管 5 1 および冷却液排出管 5 2 をさらに備えている。冷却液供給管 5 1 は、研磨装置が設置される工場に設けられている冷却液供給源（例えば、冷水供給源）に接続されている。冷却液は、冷却液供給管 5 1 を通じて熱交換器 1 1 に供給され、熱交換器 1 1 内を流れ、そして熱交換器 1 1 から冷却液排出管 5 2 を通じて排出される。一実施形態では、熱交換器 1 1 内を流れた冷却液を、冷却液排出管 5 2 を通じて冷却液供給源に戻してもよい。

10

【 0 0 3 1 】

冷却液供給管 5 1 には、第 2 開閉バルブ 5 5 および第 2 流量制御バルブ 5 6 が取り付けられている。第 2 流量制御バルブ 5 6 は、熱交換器 1 1 と第 2 開閉バルブ 5 5 との間に配置されている。第 2 開閉バルブ 5 5 は、流量調整機能を有しないバルブであるのに対し、第 2 流量制御バルブ 5 6 は、流量調整機能を有するバルブである。

【 0 0 3 2 】

パッド温度調整装置 5 は、研磨パッド 3 の表面温度（以下、パッド表面温度ということがある）を測定する放射温度計 3 9 と、放射温度計 3 9 により測定されたパッド表面温度に基づいて第 1 流量制御バルブ 4 2 および第 2 流量制御バルブ 5 6 を操作する制御部 4 0 とをさらに備えている。第 1 開閉バルブ 4 1 および第 2 開閉バルブ 5 5 は、通常は開かれている。

20

【 0 0 3 3 】

放射温度計 3 9 は、非接触で研磨パッド 3 の表面温度を測定し、その測定値を制御部 4 0 に送る。制御部 4 0 は、パッド表面温度が、予め設定された目標温度に維持されるように、測定されたパッド表面温度に基づいて、第 1 流量制御バルブ 4 2 および第 2 流量制御バルブ 5 6 を操作することで、加熱液および冷却液の流量を制御する。第 1 流量制御バルブ 4 2 および第 2 流量制御バルブ 5 6 は、制御部 4 0 からの制御信号に従って動作し、熱交換器 1 1 に供給される加熱液の流量および冷却液の流量を調整する。熱交換器 1 1 を流れる加熱液および冷却液と研磨パッド 3 との間で熱交換が行われ、これによりパッド表面温度が変化する。

30

【 0 0 3 4 】

このようなフィードバック制御により、研磨パッド 3 の表面温度（パッド表面温度）は、所定の目標温度に維持される。本実施形態では、制御部 4 0 は、パッド温度調整装置 5、研磨ヘッド 1 などを含む研磨装置全体の動作の制御を実行するように構成されている。研磨パッド 3 の目標温度は、ウェーハ W の種類または研磨プロセスに応じて決定され、決定された目標温度は、制御部 4 0 に予め入力される。

【 0 0 3 5 】

パッド表面温度を所定の目標温度に維持するために、ウェーハ W の研磨中、熱交換器 1 1 は、研磨パッド 3 の表面（すなわち研磨面）に接触する。本明細書において、熱交換器 1 1 が研磨パッド 3 の表面に接触する態様には、熱交換器 1 1 が研磨パッド 3 の表面に直接接触する態様のみならず、熱交換器 1 1 と研磨パッド 3 の表面との間に研磨液（スラリー）が存在した状態で熱交換器 1 1 が研磨パッド 3 の表面に接触する態様も含まれる。いずれの態様においても、熱交換器 1 1 を流れる加熱液および冷却液と研磨パッド 3 との間で熱交換が行われ、これによりパッド表面温度が制御される。

40

【 0 0 3 6 】

熱交換器 1 1 に供給される加熱液としては、温水が使用される。より速やかに研磨パッド 3 の表面温度を上昇させる場合には、シリコンオイルを加熱液として使用してもよい。熱交換器 1 1 に供給される冷却液としては、冷水またはシリコンオイルが使用される

50

。シリコンオイルを冷却液として使用する場合には、冷却液供給源としてチラーを冷却液供給管 5 1 に接続し、シリコンオイルを 0 以下に冷却することで、研磨パッド 3 を速やかに冷却することができる。冷水としては、純水を使用することができる。純水を冷却して冷水を生成するために、冷却液供給源としてチラーを使用してもよい。この場合は、熱交換器 1 1 内を流れた冷水を、冷却液排出管 5 2 を通じてチラーに戻してもよい。

【 0 0 3 7 】

加熱液供給管 3 2 および冷却液供給管 5 1 は、完全に独立した配管である。したがって、加熱液および冷却液は、混合されることなく、同時に熱交換器 1 1 に供給される。加熱液戻り管 3 3 および冷却液排出管 5 2 も、完全に独立した配管である。したがって、加熱液は、冷却液と混合されることなく加熱液供給タンク 3 1 に戻され、冷却液は、加熱液と混合されることなく排出されるか、または冷却液供給源に戻される。

10

【 0 0 3 8 】

本実施形態に係る研磨装置は、研磨ヘッド 1 近傍の研磨パッド 3 の表面温度（パッド表面温度）を測定する放射温度計を有している。図 2 は、研磨ヘッド 1 近傍のパッド表面温度を測定する放射温度計を示す模式図である。図 2 に示すように、研磨ヘッド 1 は、該研磨ヘッド 1 を回転させる回転軸 1 5 に連結されており、回転軸 1 5 は、カバー 1 6 によって囲われている。カバー 1 6 は、その外面から突出するフランジ部 1 6 a を有しており、フランジ部 1 6 a の下面に放射温度計 4 8 が取り付けられている。以下の説明では、放射温度計 3 9 を「第 1 放射温度計 3 9」と称することがあり、放射温度計 4 8 を、「第 2 放射温度計 4 8」と称することがある。

20

【 0 0 3 9 】

第 2 放射温度計 4 8 は、ウェーハ W を研磨している研磨ヘッド 1 近傍のパッド表面温度を測定する。第 2 放射温度計 4 8 も、制御部 4 0 に接続されており、第 2 放射温度計 4 8 によって測定されたパッド表面温度は制御部 4 0 に送られる。制御部 4 0 は、研磨プロセスに応じて予め設定された目標温度に対するパッド表面温度の許容範囲を予め記憶している。制御部 4 0 は、ウェーハ W が研磨されている間、第 2 放射温度計 4 8 から送られたパッド表面温度の測定値が許容範囲内にあるか否かを監視する。パッド表面温度の測定値が許容範囲から逸脱すると、制御部 4 0 は警報を発する。一実施形態では、制御部 4 0 は、警報を発するとともに、ウェーハ W の研磨を停止してもよい。ウェーハ W の研磨中に、制御部 4 0 が第 2 放射温度計 4 8 によって測定されたパッド表面温度を監視することにより、ウェーハ W に研磨異常が発生することが防止される。

30

【 0 0 4 0 】

図 3 は、図 2 に示す第 2 放射温度計 4 8 のセンサ部を拡大して示す模式図である。第 1 放射温度計 3 9 のセンサ部も第 2 放射温度計 4 8 のセンサ部と同様の構成を有するため、その重複する説明は省略する。

【 0 0 4 1 】

放射温度計は、一般に、測定対象物から放射される紫外線、赤外線、または可視光線などの電磁波の強度（エネルギー量）を測定し、その強度を温度に換算することにより、測定対象物の温度を測定する非接触式の温度計である。図 3 に示すように、第 2 放射温度計 4 8 のセンサ部 4 8 a は、測定対象物である研磨パッド 3 の表面から放射される電磁波が該センサ部 4 8 a に効果的に到達するように、研磨パッド 3 の表面に対向している。センサ部 4 8 a の先端は、バリア 4 9 によって囲まれており、バリア 4 9 は、研磨パッド 3 以外の物体から放射された電磁波がセンサ部 4 8 a に到達することを阻止する部材である。バリア 4 9 によって、第 2 放射温度計 4 8 は外乱から保護され、正確なパッド表面温度を測定することができる。

40

【 0 0 4 2 】

放射温度計 3 9 , 4 8 の使用を開始してからある程度時間が経過すると、放射温度計 3 9 , 4 8 の各出力値が実際のパッド表面温度に対してずれてしまうことがある。そのため、放射温度計 3 9 , 4 8 は、以下に説明する較正システムを用いて定期的に較正される。例えば、各放射温度計 3 9 , 4 8 の較正プロセスは、研磨装置のメンテナンスの間に、ま

50

たは研磨パッド3を交換した後で実施される。

【0043】

図4は、一実施形態に係る較正システムの構成を示す模式図である。図4に示す較正システムは、第1放射温度計39および第2放射温度計48の較正を実施するために用いられる。図5(a)は、図4に示す較正システムの較正ツールを模式的に示す上面図であり、図5(b)は、図5(a)に示す較正ツールの側面図である。

【0044】

図4に示す較正システムは、第2放射温度計48の下方に配置される較正ツール60と、較正ツール60に接続される温度調整器66と、を備える。図4は、較正システムの較正ツール60が第2放射温度計48の下方に配置された例を示している。第1放射温度計39の較正プロセスを実施するときは、較正ツール60が第1放射温度計39の下方に配置される。

10

【0045】

図5(a)および図5(b)に示すように、較正ツール60は、ホットプレートなどの加熱装置61と、加熱装置61を支持する台63とを備える。加熱装置61は、加熱板61aと、加熱板61aの下方に配置されたヒータ61bと、加熱板61aの温度を測定可能な温度センサ61cと、を備える。ヒータ61bは、その上面が加熱板61aの下面と接触するように配置されており、ヒータ61bの下面は、台63に固定されている。一実施形態では、ヒータ61bを、加熱板61aの内部に配置してもよい。この場合、加熱板61aの下面が台63に固定される。

20

【0046】

較正ツール60は、温度調整器66(図4参照)に接続されている。温度調整器66は、加熱装置61の温度センサ61cから出力された加熱板61aの温度に基づいてヒータ61bの動作を制御し(例えば、PID制御し)、これにより、加熱板61aの温度を所定の目標温度に維持する。図5(b)に示す温度センサ61cは、熱電対であるが、温度センサ61cの型式は、任意である。例えば、温度センサ61cは、白金測温抵抗体、サーミスタ測温体、バイメタル式温度計であってもよい。

【0047】

図5(b)に示すように、台63は、略C字状の断面を有する主フレーム63aと、補強リブ63bとを備える。主フレーム63aは、鉛直方向に延びる主板と、主板の両端に接続され、水平方向に延びる2つの板状アームから構成される。補強リブ63bは、一方のアームから他方のアームまで延びており、加熱装置61は、一方のアームの上面に固定されている。他方のアームの下面は、台63を研磨パッド3上に載置したときに研磨パッド3と接触する。補強リブ63bは、加熱装置61などの較正ツール60の部品によって台63の主フレーム63aが撓むのを防止するための部材である。台63を研磨パッド3上に載置したときに、補強リブ63bによって、加熱板61aの上面が水平に維持される。さらに、較正ツール60は、加熱装置61の加熱板61aを取り囲むように台63に固定された枠体71を備えている。枠体71は、加熱板61aが研磨装置に配置された部材(例えば、研磨ヘッド1)に衝突することを防止する部材である。

30

【0048】

上述したように、従来の放射温度計の較正は、作業者によって保持されるポータブル放射温度計を用いて行っていた。本実施形態では、加熱装置61の加熱板61aの上面が第2放射温度計48と対向するように、台63を研磨パッド3の上面に載置すると、加熱装置61と第2放射温度計48との間の距離は常に一定に保たれる。さらに、加熱板61aの上面は、第2放射温度計48のセンサ部48aと平行に対向する。したがって、作業者の熟練度によって、較正結果にばらつきが生じるという不具合を回避することができる。

40

【0049】

図4に示すように、温度調整器66は、研磨装置の制御部40に接続され、制御部40からの指令に基づいて、温度調整器66の設定温度を変更することができるように構成されている。すなわち、制御部40は、加熱装置61の加熱板61aの温度を温度調整器6

50

6を介して所望の目標温度に調整することができる。

【0050】

較正ツール60は、加熱装置61の加熱板61aを冷却可能な冷却装置を有していてもよい。本実施形態では、較正ツール60の冷却装置は、加熱装置61の加熱板61aに空気を送ることが可能な冷却ファン65である。冷却ファン65は、温度調整器66に接続されており、温度調整器66は、上記ヒータ61bと冷却ファン65の動作を制御して、加熱板61aの温度を所望の目標温度に調整する。冷却ファン65から加熱板61aに送られる空気によって、加熱板61aの温度をより精密に調整することができる。さらに、加熱板61aの加熱初期段階では、加熱板61aの温度が目標温度よりも大きく上昇する所謂「オーバーシュート現象」が発生するおそれがある。しかしながら、冷却ファン65から送られる空気によって、加熱板61aのオーバーシュート現象を素早く収束させることができるので、第2放射温度計48を較正するために要する時間を短縮することができる。

10

【0051】

図6は、第2放射温度計48の内部構造の一例を示す模式図である。第1放射温度計39も図6に示す内部構造と同様の構造を有するため、その重複する説明を省略する。図6に示すように、第2放射温度計48は、測定対象物から放射される紫外線、赤外線、または可視光線などの電磁波の強度(エネルギー量)を測定するセンサ部48aと、センサ部48aから出力されたアナログ信号値を増幅するアンプ48bと、アンプ48bによって増幅されたアナログ信号値をデジタル信号値に変換するアナログデジタル変換器(AD変換器)48cと、アナログデジタル変換器48cから出力されたデジタル信号値を、測定対象物の放射率に基づいて補正する放射率補正部48dと、放射率補正部48dから出力された補正デジタル信号値を測定対象物の温度に換算する換算部48eと、を備える。図6に示す第2放射温度計48では、センサ部48a、アンプ部48b、AD変換器48c、放射率補正部48d、および換算部48eがこの順に配列されている。しかしながら、本実施形態はこの例に限定されない。例えば、第2放射温度計48では、センサ部48a、アンプ部48b、放射率補正部48d、AD変換器48c、および換算部48eをこの順に配列してもよい。

20

【0052】

第2放射温度計48が測定対象物の正確な温度を測定するためには、測定対象物の放射率を第2放射温度計48の放射率補正部48dに予め入力しておくことが好ましい。そこで、本実施形態では、加熱装置61の加熱板61aの上面に、所定の放射率を有する測定体68が取り付けられる(図5(a)および図5(b)参照)。加熱装置61の加熱板61aをヒータ61bによって加熱すると、測定体68の温度は、加熱板61aの温度と同一となる。第2放射温度計48の較正を実施するときは、測定体68が第2放射温度計48の直下に位置するように、較正ツール60の位置が調整され、第2放射温度計48は、加熱板61aと同一の温度を有する測定体68の温度を測定する。この場合、第2放射温度計48によって測定される加熱装置61の放熱面は、測定体68の表面である。測定体68の例としては、例えば、既知の放射率を有する黒体テープが挙げられる。一実施形態では、既知の放射率を有する黒体塗料を加熱板61aの上面に塗布して、測定体68を形成してもよい。黒体テープまたは黒体塗料の既知の放射率は、予め放射率補正部48dに入力される。放射率補正部48dは、入力された測定体68の放射率に基づいて、アナログデジタル変換器48cから出力されたデジタル信号値を、測定体68の放射率が所定の値(例えば、1.0)であるときのデジタル信号値に補正する。

30

40

【0053】

一実施形態では、測定体68の放射率が未知であってもよい。この場合は、放射率補正部48dは、アナログデジタル変換器48cから出力されたデジタル信号値をそのまま換算部48eに出力する。

【0054】

測定体68を、研磨パッド3の放射率と同様の放射率を有する材料から構成してもよい

50

。例えば、研磨パッド3と同一の樹脂から構成される測定体68を、加熱板61aの上面に貼付してもよい。あるいは、測定体68を省略して、加熱板61aを第2放射温度計48によって温度が測定される測定体として使用してもよい。この場合、第2放射温度計48によって測定される測定体の放熱面は、加熱板61aの表面(上面)である。さらに、加熱板61aを研磨パッド3と同一の樹脂から構成するのが好ましい。

【0055】

次に、第2放射温度計48を較正する方法について説明する。第1放射温度計39を較正する方法は、第2放射温度計48を較正する方法と同様であるため、その重複する説明を省略する。

【0056】

図7は、一実施形態に係る第2放射温度計48の較正方法の前半部分を示すフローチャートであり、図8は、一実施形態に係る第2放射温度計48の較正方法の後半部分を示すフローチャートである。図4に示すように、最初に、測定体68が第2放射温度計48のセンサ部48aと対向するように、較正ツール60が研磨パッド3の上面に載置される(図7のステップ1)。さらに、較正システムの温度調整器66を研磨装置の制御部40に接続する(図7のステップ2)。

【0057】

制御部40は、第2放射温度計の較正を実行するために設定された複数の目標温度を予め記憶している。複数の目標温度は、例えば、所定の温度間隔(例えば、10)ごとにずれた温度の群であり、この群は、例えば、30、40、50、60、70、80の温度を含む。次いで、制御部40は、複数の目標温度から選択された1つの目標温度 T_a を温度調整器66に送信して、加熱装置61の加熱板61aおよび測定体68を目標温度 T_a まで加熱する(図7のステップ3)。本実施形態では、制御部40は、温度調整器66に、複数の目標温度のうち最も小さい目標温度(例えば、30) T_a を送信する。

【0058】

測定体68の温度が目標温度 T_a に到達して、温度センサ61cの測定値が目標温度 T_a で安定すると、第2放射温度計48は、測定体68の温度を測定し(図7のステップ4)、その測定値を制御部40に送信する。制御部40は、第2放射温度計48から送られた測定体68の温度出力値(温度測定値)を記憶する(図7のステップ5)。

【0059】

次いで、制御部40は、全ての目標温度に対して第2放射温度計48による測定体68の温度測定が実行されたか否かを決定する(図7のステップ6)。本実施形態では、制御部40は、ステップ3で用いられた目標温度 T_a が複数の目標温度のうち最も高い目標温度(例えば、80)であるか否かを決定する。ステップ3で用いられた目標温度 T_a が最も高い目標温度でない場合(図7のステップ6の「No」)、制御部40は、複数の目標温度のうち、ステップ3で用いられた目標温度 T_a の次に高い目標温度 T_b (例えば、40)を、次の目標温度 T_a として選択し(図7のステップ7)、上記ステップ3からステップ5を繰り返す。

【0060】

全ての目標温度に対して第2放射温度計48による測定体68の温度測定が実行された場合(図7のステップ6の「Yes」)、制御部40は、各目標温度 T_a と、該目標温度 T_a に対応する第2放射温度計48の温度出力値の差をそれぞれ算出する(図7のステップ8)。目標温度 T_a と、該目標温度 T_a に対応する第2放射温度計48の温度出力値の差は、目標温度 T_a に対する第2放射温度計48の測定値の誤差である。本実施形態では、各目標温度 T_a と、該目標温度 T_a に対応する第2放射温度計48の温度出力値との差を「温度ずれ量」と称する。次いで、制御部40は、全ての温度ずれ量が基準範囲内にあるか否かを決定する(図7のステップ9)。温度ずれ量の基準範囲は、予め設定されており、制御部40に予め記憶されている。

【0061】

10

20

30

40

50

基準範囲を超える温度ずれ量が1つでもある場合（図7のステップ9の「No」）、制御部40は、全ての温度ずれ量が基準範囲に入るように、第2放射温度計48からの温度出力値を補正する（図8のステップ10）。本実施形態では、第2放射温度計48からの温度出力値を補正するために、制御部40は、第2放射温度計48のアナログデジタル変換器48cに格納された変換パラメータを補正（すなわち、変更）する。

【0062】

図9乃至図11は、第2放射温度計48の温度出力値を補正する方法の一例を説明するためのグラフである。より具体的には、図9は、各目標温度 T_a と、該目標温度 T_a に対応する第2放射温度計48の温度出力値との関係を示す関数の一例を示したグラフであり、図10は、図9に示す関数の y 切片を補正した一例を示すグラフであり、図11は、図10に示す関数の傾きを補正した一例を示すグラフである。図9乃至図11に示すグラフにおいて、縦軸（ y 軸）は第2放射温度計48の温度出力値を表し、横軸（ x 軸）は目標温度 T_a を表す。さらに、図9乃至図11に示すグラフには、上記温度ずれ量の基準範囲の上限に対応する上限直線 UL と、下限に対応する下限直線 LL が仮想線（点線）でそれぞれ示されている。

10

【0063】

上述したように、制御部40は、温度調整器66に出力する複数の目標温度 T_a を予め記憶しており、第2放射温度計48は、各目標温度 T_a に加熱された測定体68の温度の測定値を制御部40に送信する。したがって、制御部40は、各目標温度 T_a に対応する第2放射温度計48の温度出力値を図9に示すようなグラフにプロットすることができる。さらに、制御部40は、全てのプロット点に基づいて関数 R_F を算出する。例えば、制御部40は、最小自乗法により全てのプロット点に基づいた近似直線を算出し、この近似直線を関数 R_F として用いる。

20

【0064】

図9に示す例では、プロット点 P_x が上限直線 UL を超えている。この場合、制御部40は、図7に示すステップ9で基準範囲を超える温度ずれ量があると決定し、全ての温度ずれ量が基準範囲に入るように、関数 R_F の傾き（すなわち、ゲイン）と y 切片（すなわち、オフセット）を補正する。

【0065】

本実施形態では、第2放射温度計48のアナログデジタル変換器48cに格納された変換パラメータを補正することにより、関数 R_F の傾きと y 切片を変化させる。関数 R_F の y 切片は、目標温度 T_a が0であるときの関数 R_F における第2放射温度計48の温度出力値の値に相当する。制御部40は、全ての温度ずれ量に基づいて y 切片の補正量を算出し、この補正量に基づいて関数 R_F を y 軸に沿って上下動させる。図10に示す例では、関数 R_F の y 切片が0になるように、図9に示す関数 R_F を y 軸に沿って上昇させている。当然ながら、全ての温度ずれ量が基準範囲に入るように、関数 R_F を y 軸に沿って下降させてもよい。さらに、補正後の y 切片が0とは異なっていてもよい。

30

【0066】

次に、制御部40は、全ての温度ずれ量に基づいて関数 R_F の傾きの補正量を算出し、この補正量に基づいて関数 R_F の傾きを変更する。図11では、全ての温度ずれ量が基準範囲に入るように、補正された y 切片（図11に示すグラフでは、原点）を通る関数 R_F の傾きを減少させる例を示している。当然ながら、全ての温度ずれ量が基準範囲に入るように、相関関数 R_F の傾きを増加させてもよい。

40

【0067】

一実施形態では、制御部40は、関数 R_F の傾きを補正した後で、関数 R_F の y 切片を補正してもよいし、関数 R_F の傾きと y 切片を同時に補正してもよい。さらに、関数 R_F の y 切片（または、傾き）を補正した後で、全ての温度ずれ量が基準範囲に入った場合は、制御部40は、関数 R_F の傾き（または、 y 切片）の補正を省略してもよい。

【0068】

上述したように、第2放射温度計48の換算部48eは、放射率補正部48dから出力

50

された補正デジタル信号値を測定対象物の温度に換算する。すなわち、換算部 48e は、補正デジタル信号値をパッド表面温度に換算する換算式を予め格納している。そこで、一実施形態では、制御部 40 は、関数 R F の傾きと y 切片を補正する（すなわち、第 2 放射温度計 48 を較正する）ために、換算部 48e に格納された換算式のパラメータを補正（すなわち、変更）してもよい。例えば、換算式が一次関数である場合は、該換算式の傾きと y 切片を補正してもよく、換算式が二次関数である場合は、該換算式の係数を補正してもよい。

【0069】

本実施形態では、制御部 40 が実行する第 2 放射温度計の較正動作は、上記ステップ 3 からステップ 10 に示す動作である。制御部 40 は、加熱装置 61 の加熱板 61a および測定体 68 の温度を複数の目標温度 T a のそれぞれに変更しながら、各目標温度 T a における測定体 68 の温度を第 2 放射温度計 48 で測定し、温度ずれ量を算出する。さらに、制御部 40 は、全ての温度ずれ量が基準範囲に入るように、第 2 放射温度計 48 のアナログデジタル変換器 48c に格納された変換パラメータ（または、換算部 48e に格納された換算式のパラメータ）を補正する。

10

【0070】

制御部 40 は、好ましくは、各目標温度 T a における補正後の全ての温度ずれ量が上記基準範囲内にあるか否かを確認する（図 8 のステップ 11）。具体的には、制御部 40 は、再度、加熱装置 61 の加熱板 61a および測定体 68 の温度を各目標温度 T a にそれぞれ変更して、各目標温度 T a における測定体 68 の温度を第 2 放射温度計 48 で測定し、各目標温度 T a における温度ずれ量を算出し、これら温度ずれ量の全てが基準範囲に入るか否かを確認する。上記ステップ 11 で示す動作は、第 2 放射温度計 48 が確実に較正された否かを決定するための確認動作である。

20

【0071】

確認動作を実行する前は、上記較正動作によって、加熱装置 61 の加熱板 61a および測定体 68 の温度は、複数の目標温度のうち最も高い目標温度に加熱されている。そこで、制御部 40 は、上記冷却ファン 65 を稼働して、加熱板 61a および測定体 68 の温度を、最も高い目標温度から最も低い目標温度に至るまで各目標温度 T a に段階的に冷却していく。この場合、確認動作に要する時間を短縮できるので、研磨装置のダウンタイムを短縮することができる。

30

【0072】

一実施形態では、上記較正動作が完了した直後に、制御部 40 は、冷却ファン 65 を稼働して、加熱板 61a および測定体 68 の温度を室温（常温）まで冷却してもよい。この場合、上記確認動作は、加熱板 61a および測定体 68 の温度を、最も低い目標温度から最も高い目標温度に至るまで各目標温度 T a に段階的に加熱しながら行われる。

【0073】

補正後の全ての温度ずれ量が基準範囲内にある場合、制御部 40 は、第 2 放射温度計 48 の較正プロセスが完了したことを示す信号を生成する（図 7 のステップ 12）。完了信号は、例えば、研磨装置のブザーを動作させるトリガーとして使用される。研磨装置のブザーが鳴ることによって、研磨装置の作業者は、第 2 放射温度計 48 の較正が完了したことをいち早く認識することができる。図 7 のステップ 9 で、全ての温度ずれ量が基準範囲内にある場合（図 7 のステップ 9 の「Yes」）も、制御部 40 は、第 2 放射温度計 48 の較正を実施する必要はないと判断して、第 2 放射温度計 48 の較正プロセスの完了信号を生成する（図 7 のステップ 12）。

40

【0074】

ステップ 11 に示す確認動作で、基準範囲を超える温度ずれ量が 1 つでもある場合（図 8 のステップ 11 の「No」）、制御部 40 は、上記ステップ 3 からステップ 10 に示す較正動作と、上記ステップ 11 に示す確認動作を繰り返す。具体的には、制御部 40 は、較正動作と確認動作との組み合わせの繰り返し数 N に 1 を加算する（図 8 のステップ 13）。この繰り返し数 N の初期値は 0 であり、制御部 40 は、繰り返し数 N の上限値 N A を

50

予め記憶している。

【0075】

制御部40は、繰り返し数Nを上限值NAと比較し(図8のステップ14)、繰り返し数Nが上限値NAよりも小さい場合(図8のステップ14の「Yes」)は、図7のステップ3に戻り、上記較正動作と確認動作とを繰り返す。繰り返し数Nが上限値NAに達した場合(図8のステップ14の「No」)は、制御部40は、第2放射温度計48の交換を促す信号を生成する(図8のステップ15)。この交換信号は、例えば、研磨装置の警報を発するためのトリガーとして用いられる。繰り返し数Nが上限値NAに達するまで較正動作を繰り返しても、確認動作で基準範囲を超える少なくとも1つの温度ずれ量がある場合は、第2放射温度計48が故障しているか、または寿命に達したと考えることができる。そのため、制御部40は、警報を発して、第2放射温度計48の交換を促し、ウェーハWに研磨異常が発生することを防止する。

10

【0076】

なお、上限値NAは1であってもよい。この場合、図8のステップ11で基準範囲を超える温度ずれ量が1つでもある場合、制御部40は、較正動作と確認動作を繰り返さずに、直ちに、第2放射温度計48の交換信号を生成する。

【0077】

本実施形態によれば、較正システムの較正ツール60を第2放射温度計48(または、第1放射温度計39)の下方に配置し、温度調整器66を研磨装置の制御部40に接続するだけで、制御部40が第2放射温度計48(または、第1放射温度計39)の較正を自動で実行する。したがって、作業者の負担および研磨装置のダウンタイムが減少するので、第1放射温度計39および第2放射温度計48の較正プロセスが定期的に行われることが期待できる。その結果、ウェーハWを所望の研磨レートで研磨することが可能となり、さらに、ウェーハWに研磨異常が発生することを効果的に防止することができる。

20

【0078】

図4に示すように、較正システムは、プリンタなどの出力装置43を有していてもよい。図4に示す出力装置43は、研磨装置の外部に設けられており、制御部40と無線で通信可能に構成されている。一実施形態では、出力装置43は、制御部40と有線で接続可能に構成されてもよい。あるいは、制御部40と有線または無線で接続された出力装置43を研磨装置の内部に設けてもよい。

30

【0079】

出力装置43は、制御部40から第2放射温度計48(または、第1放射温度計39)の較正結果を読み出して、図12に示すような較正シートを出力する。較正シートには、少なくとも放射温度計の較正を実施した日付と、補正前後の関数RFの傾き(すなわち、ゲイン)およびy切片(すなわち、オフセット)と、確認動作(図8のステップ11参照)時に取得された放射温度計の温度ずれ量とが記載されるのが好ましい。このような較正シートを保管しておくことにより、各放射温度計39,48の寿命(すなわち、交換時期)を推測することができる。

【0080】

図13は、他の実施形態に係る構成システムの較正ツールを模式的に示す斜視図である。特に説明しない本実施形態の構成は、上述した実施形態の構成と同様であるため、その重複する説明を省略する。

40

【0081】

放射温度計39,48に研磨液などが付着することで、放射温度計39,48が汚れることがある。また、放射温度計39,48に故障が発生することもある。これらの場合、放射温度計39,48が正確なパッド表面温度を測定できないため、ウェーハWに研磨異常が発生したり、歩留まりが低下したりするおそれがある。したがって、所定枚数のウェーハWが研磨されるたびに(例えば、一枚のウェーハWが研磨されるたびに)、放射温度計39,48がパッド表面温度を正確に測定しているか否かを確認することが好ましい。そのため、本実施形態では、較正ツール60を放射温度計の近傍に配置して、所定枚数の

50

ウェーハWが研磨されるたびに、放射温度計39, 48の温度出力値を確認する。

【0082】

図13は、第1放射温度計39の近傍に配置された較正ツール60を示している。図示はしないが、第2放射温度計48の近傍にも、図13に示す較正ツール60と同様の構成を有する較正ツールが配置されている。一実施形態では、図13に示す較正ツール60を第1放射温度計39および第2放射温度計48のいずれか一方の近傍に配置してもよい。

【0083】

図13に示す較正ツール60は、複数の(図示した例では、2つの)加熱装置61A, 61Bと、該加熱装置61A, 61Bに接続される温度調整器66と、加熱装置61A, 61Bのそれぞれを第1放射温度計39の下方に移動させるための移動機構(加熱装置移動機構)80と、を備える。本実施形態では、加熱装置61A, 61Bのそれぞれは、図4乃至図6を参照して説明された加熱装置61と同様の構成を有する。したがって、加熱装置61A, 61Bのそれぞれは、上述した測定体68(図5(A)および図5(B)参照)を有している。一実施形態では、加熱装置61A, 61Bのそれぞれは、ヒータ61bの代わりに、ペルチェ素子を加熱板61aおよび測定体68の加熱源として有しているもよい。

10

【0084】

本実施形態では、加熱装置61A, 61Bは共通の温度調整器66に接続されているが、複数の加熱装置61A, 61Bのそれぞれに対応した個別の温度調整器66を有しているもよい。制御部40は、温度調整器66を介して複数の加熱装置61A, 61Bのそれぞれを所定の目標温度に加熱する。加熱装置61A, 61Bにおける所定の目標温度は、互いに同一であってもよいし、異なってもよい。制御部40は、加熱装置61A, 61Bの所定の目標温度を予め記憶している。

20

【0085】

図13に示す移動機構80は、加熱装置61A, 61Bを支持する台63と、該台63を回転させるためのアクチュエータ82とを備える。本実施形態では、台63は半円板状の板部材であり、アクチュエータ82はモータである。移動機構80は、アクチュエータ82を支持する支持アーム84をさらに有しており、支持アーム84は、第1放射温度計39に固定されている。支持アーム84は、移動機構80を支持可能である限り、任意の静止部材に固定可能である。例えば、支持アーム84を研磨装置のフレーム(図示せず)に固定してもよい。さらに、アクチュエータ82の回転軸82aは、台63に連結されている。アクチュエータ82を駆動すると、台63が回転軸82aを中心に回転する。アクチュエータ82は、台63を任意の回転角度で回転させることができるように構成される。

30

【0086】

図14は、一方の加熱装置61Aを第1放射温度計39の下方に移動させた状態を示す模式図である。図14は、第1放射温度計39の下方に一方の加熱装置61Aが位置するように台63が移動された第1測定位置を示している。図示はしないが、他方の加熱装置61Bが第1放射温度計39の下方に位置するときの台63の位置を第2測定位置と称する。なお、図13は、台63が第1放射温度計39から待避させられた待機位置を示している。台63が待機位置に移動されると、第1放射温度計39は、研磨パッド3の表面温度を測定することができる。

40

【0087】

第1放射温度計39の温度出力値を確認する際には、制御部40は、アクチュエータ82を駆動して、台63を待機位置から第1測定位置および第2測定位置にそれぞれ移動させる。制御部40は、さらに、第1放射温度計から、所定の目標温度に加熱された加熱装置61A, 61Bの測定体68の温度出力値をそれぞれ取得する。第1放射温度計39から加熱装置61A, 61Bまでの距離は、外乱によって第1放射温度計39の温度出力値に大きな誤差が生じないように、できる限り小さいのが好ましい。例えば、測定体68の表面積が第1放射温度計39の視野の1.5倍以下となるように、第1放射温度計39と加熱装置61A, 61Bとの間の距離が設定される。

50

【 0 0 8 8 】

上述したように、温度センサ 6 1 c の型式は任意である。例えば、温度センサ 6 1 c は、熱電対、白金測温抵抗体、サーミスタ測温体、バイメタル式温度計、I C 温度センサであってもよい。白金測温抵抗体は測定精度が高いため、温度センサ 6 1 c は白金測温抵抗体であるのが好ましい。

【 0 0 8 9 】

図 1 5 は、加熱装置 6 1 A , 6 1 B の保護カバーを示す模式図である。加熱装置 6 1 A , 6 1 B の測定体 6 8 に汚れ（例えば、研磨液）が付着すると、第 1 放射温度計 3 9 が測定体 6 8 の正確な温度を測定することができない。そこで、待機位置に移動した加熱装置 6 1 A , 6 1 B を覆う保護カバー 8 5 を設けてもよい。図 1 5 に示す保護カバー 8 5 は、
10

【 0 0 9 0 】

次に、第 1 放射温度計 3 9 の温度出力値を確認する方法について説明する。第 2 放射温度計 4 8 の温度出力値を確認する方法は、第 1 放射温度計 3 9 の温度出力値を確認する方法と同様であるため、その重複する説明を省略する。以下に説明するように、放射温度計 3 9 , 4 8 の温度出力値が所定の目標温度に対して設定された許容範囲から逸脱していた場合は、放射温度計 3 9 , 4 8 の較正が行われる。

【 0 0 9 1 】

図 1 6 は、一実施形態に係る第 1 放射温度計 3 9 の温度出力値を確認する方法の前半部分を示すフローチャートであり、図 1 7 は、一実施形態に係る第 1 放射温度計の温度出力値を確認する方法の後半部分を示すフローチャートである。
20

【 0 0 9 2 】

図 1 6 に示すように、制御部 4 0 はウェーハ W の研磨処理を実行する（図 1 6 のステップ 1 ）。次いで、制御部 4 0 は、ウェーハ W の研磨処理枚数 N_w が所定の枚数 N_B に到達したか否かを決定する（図 1 6 のステップ 2 ）。制御部 4 0 は、所定の枚数 N_B を予め記憶している。所定の枚数 N_B は「 1 」であってもよい。ウェーハ W の研磨処理枚数 N_w が所定の枚数 N_B に到達していない場合（図 1 6 のステップ 2 における「 Y e s 」参照）、ステップ 1 に戻り、制御部 4 0 は、次のウェーハ W の研磨処理を実行する。
30

【 0 0 9 3 】

制御部 4 0 は、第 1 放射温度計 3 9 の温度出力値を確認するために、複数の加熱装置 6 1 A , 6 1 B の各測定体 6 8 に対して設定された複数の目標温度 T_b , T_c を予め記憶している。これら目標温度 T_b , T_c は、互いに同一であってもよいし、異なってもよい。ウェーハ W の研磨処理枚数 N_w が所定の枚数 N_B に到達していた場合（図 1 6 のステップ 2 における「 N o 」参照）、制御部 4 0 は、温度調整器 6 6 を介して、加熱装置 6 1 A , 6 1 B の各測定体 6 8 をそれぞれ目標温度 T_b , T_c まで加熱する（図 1 6 のステップ 3 ）。
40

【 0 0 9 4 】

次いで、第 1 放射温度計 3 9 は、各測定体 6 8 の温度を測定し（図 1 6 のステップ 4 ）、それら測定値を制御部 4 0 に送信する。さらに、制御部 4 0 は、第 1 放射温度計 3 9 から送られた各測定体 6 8 の温度出力値（温度測定値）を記憶する（図 1 6 のステップ 5 ）。
40

【 0 0 9 5 】

次いで、制御部 4 0 は、各目標温度 T_b , T_c と、該目標温度 T_b , T_c に対応する第 1 放射温度計 3 9 の温度出力値の差をそれぞれ算出する（図 1 6 のステップ 6 ）。すなわち、制御部 4 0 は、各目標温度 T_b , T_c と、該目標温度 T_b , T_c にそれぞれ対応する第 1 放射温度計 3 9 の温度出力値との差である「温度ずれ量」を算出する。次いで、制御部 4 0 は、全ての温度ずれ量が基準範囲内にあるか否かを決定する（図 1 6 のステップ 8 ）。温度ずれ量の基準範囲は、予め設定されており、制御部 4 0 に予め記憶されている。
40

【 0 0 9 6 】

10

20

30

40

50

基準範囲を超える温度ずれ量が1つでもある場合(図16のステップ8における「No」)、制御部40は、全ての温度ずれ量が基準範囲に入るように、第1放射温度計39からの温度出力値を補正する(図17のステップ10)。本実施形態でも、制御部40は、第1放射温度計39からの温度出力値を補正するために、第1放射温度計39のアナログデジタル変換器48cに格納された変換パラメータを補正(すなわち、変更)する。例えば、制御部40は、図9乃至図11を参照して説明された方法を用いて、全ての温度ずれ量が基準範囲に入るように、関数RFの傾き(すなわち、ゲイン)とy切片(すなわち、オフセット)を補正する。あるいは、温度出力値の補正は、第1放射温度計39の換算部48eに格納された換算式のパラメータの補正であってもよい。

【0097】

このように、複数の加熱装置61A, 61Bの測定体68を第1放射温度計39で測定したときに、第1放射温度計39の温度出力値が一つでも許容範囲を超えていた場合は、第1放射温度計39の較正を実行する。その結果、ウェーハWを所望の研磨レートで研磨することが可能となり、さらに、ウェーハWに研磨異常が発生することを効果的に防止することができる。

【0098】

本実施形態でも、制御部40は、好ましくは、補正後の全ての温度ずれ量が基準範囲内にあるか否かを確認する(図17のステップ11)。具体的には、制御部40は、再度、所定の目標温度Tb, Tcにそれぞれ維持された、加熱装置61A, 61Bの測定体68の温度を第1放射温度計39で測定し、各目標温度Tb, Tcに対する温度ずれ量を算出し、これら温度ずれ量の全てが基準範囲に入るか否かを確認する。上記ステップ11で示す動作は、第1放射温度計39が確実に較正された否かを決定するための確認動作である。

【0099】

補正後の全ての温度ずれ量が基準範囲内にある場合、制御部40は、ステップ1に戻って、次のウェーハWの研磨処理を実行する。図16のステップ8で、全ての温度ずれ量が基準範囲内にある場合も、制御部40は、第1放射温度計39の較正を実施せずに、次のウェーハWの研磨処理を実行する。

【0100】

ステップ11に示す確認動作で、基準範囲を超える温度ずれ量が1つでもある場合(図17のステップ11の「No」)、制御部40は、上記ステップ3からステップ10に示す較正動作と、上記ステップ11に示す確認動作を繰り返す。具体的には、制御部40は、較正動作と確認動作との組み合わせの繰り返し数Nに1を加算する(図17のステップ13)。この繰り返し数Nの初期値は0であり、制御部40は、繰り返し数Nの上限値NAを予め記憶している。

【0101】

制御部40は、繰り返し数Nを上限値NAと比較し(図17のステップ13)、繰り返し数Nが上限値NAよりも小さい場合(図17のステップ14の「Yes」)は、図16のステップ3に戻り、上記較正動作と確認動作とを繰り返す。繰り返し数Nが上限値NAに達した場合(図17のステップ13の「No」)は、制御部40は、第1放射温度計39のメンテナンスを促す信号を生成する(図17のステップ14)。このメンテナンス信号は、例えば、研磨装置の警報を発するためのトリガーとして用いられる。繰り返し数Nが上限値NAに達するまで較正動作を繰り返しても、確認動作で基準範囲を超える少なくとも1つの温度ずれ量がある場合は、第1放射温度計39に汚れが付着しているか、または第1放射温度計39が故障していると考えられることができる。そのため、制御部40は、警報を発して、第1放射温度計39のメンテナンスを促し、ウェーハWに研磨異常が発生することを防止する。

【0102】

なお、上限値NAは1であってもよい。この場合、図17のステップ11で基準範囲を超える温度ずれ量が1つでもある場合、制御部40は、較正動作と確認動作を繰り返さずに、直ちに、第1放射温度計39のメンテナンス信号を生成する。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 3 】

図 1 8 (a) は、さらに他の実施形態に係る較正システムの較正ツール 6 0 を模式的に示す上面図であり、図 1 8 (b) は、図 1 8 (a) に示す加熱板 6 1 a を移動させる移動機構を模式的に示す斜視図である。特に説明しない本実施形態の構成は、上述した較正システムの構成と同様であるため、その重複する説明を省略する。

【 0 1 0 4 】

図 1 8 (a) に示すように、加熱装置 6 1 の加熱板 6 1 a の上面には、複数の (図示した例では、4 つの) 測定体 6 8 A , 6 8 B , 6 8 C , 6 8 D が取り付けられている。複数の測定体 6 8 A 乃至 6 8 D は、互い異なる放射率を有しており、第 2 放射温度計 4 8 の放射率補正部 4 8 d (図 6 参照) には、複数の測定体 6 8 A 乃至 6 8 D から選択された 1 つの測定体 (例えば、測定体 6 8 A) の放射率が入力されている。測定体 6 8 A 乃至 6 8 D の放射率はそれぞれ既知であり、制御部 4 0 に予め記憶されている。

10

【 0 1 0 5 】

さらに、較正ツール 6 0 は、加熱板 6 1 a を台 6 3 に対して水平方向に移動させる移動機構 (測定体移動機構) 7 4 を備えている。本実施形態では、移動機構 7 4 は、加熱板 6 1 a を水平方向に移動させる X 軸移動機構 7 5 および Y 軸移動機構 7 6 の組み合わせから構成される。X 軸移動機構 7 5 は、加熱板 6 1 a を X 軸に沿って移動させ、Y 軸移動機構 7 6 は、X 軸に垂直な Y 軸に沿って加熱板 6 1 a を移動させるように構成されている。これら X 軸移動機構 7 5 および Y 軸移動機構 7 6 は、例えば、ボールねじ機構と、このボールねじ機構を駆動するサーボモータとから構成される。一実施形態では、X 軸移動機構 7 5 および Y 軸移動機構 7 6 は、ピストンシリンダ機構であってもよい。X 軸移動機構 7 5 および Y 軸移動機構 7 6 は、制御部 4 0 に接続されており、制御部 4 0 は、X 軸移動機構 7 5 および Y 軸移動機構 7 6 の動作、すなわち移動機構 7 4 の動作を制御することができる。

20

【 0 1 0 6 】

制御部 4 0 が X 軸移動機構 7 5 および Y 軸移動機構 7 6 を駆動するにより、加熱板 6 1 a を第 2 放射温度計 4 8 (または、第 1 放射温度計 3 9) に対して X 軸方向および Y 軸方向に移動させることができる。すなわち、制御部 4 0 は、移動機構 7 4 の動作を制御して、加熱板 6 1 a の上面に取り付けられた複数の測定体 6 8 A 乃至 6 8 D のそれぞれを第 2 放射温度計 4 8 (または、第 1 放射温度計 3 9) の直下に位置させることができる。

30

【 0 1 0 7 】

本実施形態では、所定の目標温度まで加熱された複数の測定体 6 8 A 乃至 6 8 D のそれぞれの温度を第 2 放射温度計 4 8 (または、第 1 放射温度計 3 9) で測定する。上述したように、第 2 放射温度計 4 8 の放射率補正部 4 8 d には、複数の測定体 6 8 A 乃至 6 8 D から選択された 1 つの測定体 6 8 A の放射率が入力されている。この場合、測定体 6 8 B 乃至 6 8 D の放射率は、第 2 放射温度計 4 8 の放射率補正部 4 8 d に入力された放射率とは異なるため、第 2 放射温度計 4 8 から出力された測定体 6 8 B 乃至 6 8 D の温度出力値には、それぞれ、放射率の設定誤差に起因する測定誤差が含まれる。この測定誤差について、図 1 9 (a) 乃至図 1 9 (d) を参照して以下に説明する。

【 0 1 0 8 】

図 1 9 (a) 乃至図 1 9 (d) は、1 0 0 の目標温度に加熱された複数の測定体 6 8 A 乃至 6 8 D の温度を第 2 放射温度計 4 8 でそれぞれ測定したときに、該第 2 放射温度計から出力される温度出力値の測定誤差を説明するための模式図である。より具体的には、図 1 9 (a) は、1 0 0 に加熱された、0 . 9 0 の放射率 a を有する測定体 6 8 A の温度を第 2 放射温度計 4 8 で測定したときに、第 2 放射温度計 4 8 から出力されるべき温度出力値 M a を示す模式図であり、図 1 9 (b) は、1 0 0 に加熱された、0 . 9 1 の放射率 b を有する測定体 6 8 B の温度を第 2 放射温度計 4 8 で測定したときに、第 2 放射温度計 4 8 から出力されるべき温度出力値 M b を示す模式図である。図 1 9 (c) は、1 0 0 に加熱された、0 . 9 2 の放射率 c を有する測定体 6 8 C の温度を第 2 放射温度計 4 8 で測定したときに、第 2 放射温度計 4 8 から出力されるべき温度出力値を M c 示

40

50

す模式図であり、図 19 (d) は、100 に加熱された、0.95 の放射率 ϵ_d を有する測定体 68D の温度を第 2 放射温度計 48 で測定したときに、第 2 放射温度計 48 から出力されるべき温度出力値 M_d を示す模式図である。

【0109】

一般に、放射温度計に予め入力された放射率が測定対象物の放射率と異なる場合は、放射温度計から出力される温度出力値（温度測定値）には、放射率の設定誤差に起因する測定誤差が含まれる。放射率の設定誤差は、測定対象物の放射率に対する、放射温度計に入力された放射率の比であり、以下の式（1）によって表される。

$$E(\%) = \left(\frac{\epsilon_0}{\epsilon} - 1.00 \right) \cdot 100 \quad \cdots (1)$$

ここで、 E は、放射率の設定誤差を表し、 ϵ_0 は、放射温度計に入力された放射率を表し、 ϵ は、測定対象物の放射率を表す。

10

【0110】

本実施形態では、第 2 放射温度計 48 に入力された放射率は、測定体 68A の放射率 ϵ_a である 0.90 である。そのため、第 2 放射温度計 48 で測定体 68A を測定するときは、放射率の設定誤差は 0% であり、第 2 放射温度計 48 から出力される温度出力値には、測定誤差は含まれない。これに対し、測定体 68B 乃至 68D の放射率 $\epsilon_b - \epsilon_d$ は、それぞれ、測定体 68A の放射率 ϵ_a とは異なる。そのため、第 2 放射温度計 48 で測定体 68B 乃至 68D のそれぞれを測定するときは、第 2 放射温度計 48 から出力される各温度出力値には、放射率の設定誤差に起因する測定誤差が含まれる。具体的には、0.91 の放射率 ϵ_b を有する測定体 68B を測定するときは、放射率の設定誤差は 1% であり、第 2 放射温度計 48 から出力される温度出力値には、1% の放射率の設定誤差に起因する測定誤差が含まれる。同様に、0.92 の放射率 ϵ_c を有する測定体 68C を測定するときは、第 2 放射温度計 48 から出力される温度出力値には、2% の放射率の設定誤差に起因する測定誤差が含まれ、0.95 の放射率 ϵ_d を有する測定体 68D を測定するときは、第 2 放射温度計 48 から出力される温度出力値には、5% の放射率の設定誤差に起因する測定誤差が含まれる。

20

【0111】

ここで、測定対象物から放射される電磁波の強度（エネルギー量）と、測定対象物の温度との間の関係は直線関係にない。そのため、放射率の設定誤差を放射温度計から出力された温度測定値に乘算しても、測定誤差を補正することができない。例えば、放射率の設定誤差が 5% である場合に、放射温度計から出力された温度測定値に 1.05 を乘算しても、測定対象物の実際の温度を得ることができない。さらに、放射率の設定誤差に起因する測定誤差は、放射温度計が利用している電磁波の波長、および測定対象物の温度などによっても異なる。

30

【0112】

しかしながら、複数の測定体 68A 乃至 68D の放射率が既知であれば、実験によって、所定の目標温度 T_x に加熱された測定体 68A 乃至 68D の温度を第 2 放射温度計で測定したときの各測定誤差を予め取得しておくことができる。すなわち、測定体 68A 乃至 68D をそれぞれ第 2 放射温度計 48 で測定したときに、該第 2 放射温度計 48 から出力されるべき温度出力値の期待値 $M_a - M_d$ を予め取得しておくことができる。本明細書では、第 2 放射温度計 48 から出力されるべき温度出力値の期待値 $M_a - M_d$ のそれぞれを、「温度期待値」と称する。

40

【0113】

例えば、第 2 放射温度計 48 の較正に用いる目標温度 T_x を 100 として予め決定しておく。この場合、100 に加熱された測定体 68B 乃至 68D の温度を、それぞれ、測定体 68A の放射率 ϵ_a が入力された第 2 放射温度計 48 で実際に測定する実験を行う。そして、第 2 放射温度計 48 から出力された測定体 68B 乃至 68D の温度出力値のそれぞれを、温度期待値 $M_b - M_d$ として決定する。なお、第 2 放射温度計 48 で測定体 68A を測定するときは、放射率の設定誤差は 0% であり、第 2 放射温度計 48 から出力される測定体 68A の温度測定値には、測定誤差は含まれない。したがって、第 2 放射温度

50

計 4 8 から出力されるべき測定体 6 8 A の温度期待値 M_a は、目標温度 T_x ($= 100$) に等しい。図 1 9 (b) 乃至図 1 9 (d) には、このような実験によって決定された温度期待値 $M_a - M_d$ の例が記載されている。

【 0 1 1 4 】

一実施形態では、第 2 放射温度計 4 8 から出力された各測定体 6 8 A 乃至 6 8 D の温度出力値に基づいて、所定の目標温度 T_x における放射率の設定誤差と、測定誤差との関係を表す特性方程式を予め決定してもよい。この場合、特性方程式から、上記温度期待値 M_a 乃至 M_d が決定される。

【 0 1 1 5 】

このように、本実施形態に係る較正ツール 6 0 を用いて、第 2 放射温度計 4 8 の較正を実施する場合は、所定の目標温度 T_x に加熱された複数の測定体 6 8 A 乃至 6 8 D のそれぞれを第 2 温度放射計 4 8 で測定したときに、第 2 温度放射計 4 8 から出力される温度期待値 $M_a - M_d$ を予め決定しておく必要がある。本実施形態に係る較正ツール 6 0 を用いて、第 1 放射温度計 3 9 の較正を実施する場合も同様である。温度期待値 $M_a - M_d$ は、制御部 4 0 に予め記憶される。

10

【 0 1 1 6 】

次に、図 2 0 および図 2 1 を参照して、図 1 8 (a) に示す較正ツール 6 0 を用いて第 2 放射温度計 4 8 を較正する方法を説明する。なお、図 1 8 (a) に示す較正ツール 6 0 を用いて第 1 放射温度計 3 9 を較正する方法は、以下に説明する第 2 放射温度計 4 8 を較正する方法と同様であるため、その重複する説明を省略する。

20

【 0 1 1 7 】

図 2 0 は、図 1 8 (a) に示す較正ツール 6 0 を備えた較正システムで、第 2 放射温度計 4 8 の較正を実施する方法の前半部分を示すフローチャートであり、図 2 1 は、図 1 8 (a) に示す較正ツール 6 0 を備えた較正システムで、第 2 放射温度計 4 8 の較正を実施する方法の後半部分を示すフローチャートである。図 2 0 および図 2 1 に示すフローチャートで特に説明しないステップは、図 7 および図 8 に示すフローチャートのステップと同様である。

【 0 1 1 8 】

図 2 0 に示すように、本実施形態でも、加熱装置 6 1 の加熱板 6 1 a が第 2 放射温度計 4 8 のセンサ部 4 8 a と対向するように、較正ツール 6 0 が研磨パッド 3 の上面に載置され (図 2 0 のステップ 1)、さらに、較正システムの温度調整器 6 6 を研磨装置の制御部 4 0 に接続する (図 2 0 のステップ 2)。

30

【 0 1 1 9 】

制御部 4 0 は、第 2 放射温度計 4 8 の較正を実施するために設定された所定の目標温度 T_x を予め記憶している。所定の目標温度 T_x は、任意に設定可能であるが、頻繁に用いられる研磨プロセスにおける研磨パッド 3 の目標温度に設定されるのが好ましい。制御部 4 0 は、研磨パッド 3 上に載置された較正ツール 6 0 の加熱板 6 1 a および複数の測定体 6 8 A - 6 8 D の温度を温度調整器 6 6 を介して所定の目標温度 T_x まで加熱する (図 2 0 のステップ 3)。

【 0 1 2 0 】

次いで、制御部 4 0 は、移動機構 7 4 を駆動して、複数の測定体 6 8 A 乃至 6 8 D のうちの 1 つの測定体 6 8 A を第 2 放射温度計 4 8 の下方に移動させ、該測定体 6 8 A の温度を第 2 放射温度計 4 8 で測定する (図 2 0 のステップ 4)。そして、制御部 4 0 は、第 2 放射温度計 4 8 から出力された温度出力値を記憶する (図 2 0 のステップ 5)。

40

【 0 1 2 1 】

次いで、制御部 4 0 は、全ての測定体 6 8 A 乃至 6 8 D の温度を測定したか否かを決定する (図 2 0 のステップ 6)。全ての測定体 6 8 A 乃至 6 8 D の温度を測定していない場合 (図 2 0 のステップ 6 の「No」)、制御部 4 0 は、移動機構 7 4 を駆動して、次の測定体 6 8 B を第 2 放射温度計 4 8 の下方に移動させ (図 2 0 のステップ 7)、該測定体 6 8 B の温度を第 2 放射温度計 4 8 で測定する (図 2 0 のステップ 4) とともに、第 2 放射

50

温度計 4 8 から出力された温度出力値を記憶する (図 2 0 のステップ 5)。

【 0 1 2 2 】

全ての測定体 6 8 A 乃至 6 8 D の温度の測定が完了した場合 (図 2 0 のステップ 6 の「 Y e s 」)、制御部 4 0 は、複数の測定体 6 8 A 乃至 6 8 D のそれぞれの温度ずれ量を算出する (図 2 0 のステップ 8)。本実施形態では、温度ずれ量は、各温度期待値 M a 乃至 M d と、第 2 放射温度計 4 8 から出力された各測定体 6 8 A 乃至 6 8 D の温度出力値との差である。例えば、測定体 6 8 A の温度ずれ量は、温度期待値 M a (図 1 9 では、 1 0 0) と、測定体 6 8 A の第 2 放射温度計 4 8 の温度出力値との差であり、測定体 6 8 D の温度ずれ量は、温度期待値 M d (図 1 9 では、 1 0 3 . 2) と、測定体 6 8 D の第 2 放射温度計 4 8 の温度出力値との差である。次いで、制御部 4 0 は、全ての温度ずれ量が基準範囲内にあるか否かを決定する (図 2 0 のステップ 9)。温度ずれ量の基準範囲は、予め設定されており、制御部 4 0 に予め記憶されている。

10

【 0 1 2 3 】

基準範囲を超える温度ずれ量が 1 つでもある場合 (図 2 0 のステップ 9 の「 N o 」)、制御部 4 0 は、全ての温度ずれ量が基準範囲に入るように、第 2 放射温度計 4 8 からの温度出力値を補正する (図 2 1 のステップ 1 0)。温度出力値の補正は、第 2 放射温度計 4 8 のアナログデジタル変換器 4 8 c に格納された変換パラメータの補正であってもよいし、第 2 放射温度計 4 8 の換算部 4 8 e に格納された換算式のパラメータの補正であってもよい。

20

【 0 1 2 4 】

本実施形態でも、制御部 4 0 が実行する第 2 放射温度計の較正動作は、上記ステップ 3 からステップ 1 0 に示す動作である。制御部 4 0 は、所定の目標温度 T x に加熱された複数の測定体 6 8 A 乃至 6 8 D の温度を第 2 放射温度計 4 8 で測定し、各測定体の温度ずれ量を算出する。さらに、制御部 4 0 は、全ての温度ずれ量が基準範囲に入るように、第 2 放射温度計 4 8 のアナログデジタル変換器 4 8 c に格納された変換パラメータ (または、換算部 4 8 e に格納された換算式のパラメータ) を補正する。

【 0 1 2 5 】

制御部 4 0 は、好ましくは、各測定体 6 8 A 乃至 6 8 D の補正後の全ての温度ずれ量が上記基準範囲内にあるか否かを確認する (図 2 1 のステップ 1 1)。具体的には、制御部 4 0 は、再度、目標温度 T x に維持された各測定体 6 8 A 乃至 6 8 D の温度を第 2 放射温度計 4 8 で測定し、各測定体 6 8 A 乃至 6 8 D の温度ずれ量を算出し、これら温度ずれ量の全てが基準範囲内にあるか否かを確認する。上記ステップ 1 1 で示す動作は、第 2 放射温度計 4 8 が確実に較正された否かを決定するための確認動作である。

30

【 0 1 2 6 】

補正後の全ての温度ずれ量が基準範囲内にある場合、制御部 4 0 は、第 2 放射温度計 4 8 の較正プロセスが完了したことを示す信号を生成する (図 2 0 のステップ 1 2)。ステップ 1 1 に示す確認動作で、基準範囲を超える温度ずれ量が 1 つでもある場合 (図 2 1 のステップ 1 1 の「 N o 」)、制御部 4 0 は、上記ステップ 3 からステップ 1 0 に示す較正動作と、上記ステップ 1 1 に示す確認動作を繰り返す。さらに、制御部 4 0 は、繰り返し数 N が上限値 N A に達した場合 (図 2 1 のステップ 1 4 の「 N o 」) に、第 2 放射温度計 4 8 の交換を促す信号を生成する (図 2 1 のステップ 1 5)。

40

【 0 1 2 7 】

本実施形態では、第 2 放射温度計 4 8 の較正を実施するために、加熱板 6 1 a および測定体 6 8 A 乃至 6 8 D を複数の目標温度に加熱する必要がない。すなわち、加熱板 6 1 a および測定体 6 8 A 乃至 6 8 D を 1 つの目標温度 T x に加熱し、その後、該目標温度 T x に維持するだけでよい。したがって、第 2 放射温度計 4 8 の較正にかかる時間の短縮が図れるので、研磨装置のダウンタイムを大きく低減することができる。さらに、制御部 4 0 は、較正動作が完了しても確認動作が完了するまで、測定体 6 8 A 乃至 6 8 D の温度を目標温度 T x に維持するので、確認動作を較正動作が完了した直後に実施できる。

【 0 1 2 8 】

50

上述した実施形態は、本発明が属する技術分野における通常の知識を有する者が本発明を実施できることを目的として記載されたものである。上記実施形態の種々の変形例は、当業者であれば当然になしうることであり、本発明の技術的思想は他の実施形態にも適用しうる。したがって、本発明は、記載された実施形態に限定されることはなく、特許請求の範囲によって定義される技術的思想に従った最も広い範囲に解釈されるものである。

【符号の説明】

【 0 1 2 9 】

1	研磨ヘッド	
2	研磨テーブル	
3	研磨パッド	10
5	パッド温度調整装置	
1 1	熱交換器	
3 0	液体供給システム	
3 9	(第1)放射温度計	
4 0	制御部	
4 8	(第2)放射温度計	
6 0	較正ツール	
6 1	加熱装置	
6 3	台	
6 5	冷却装置	20
6 6	温度調整器	
6 8	測定体	
6 8 A , 6 8 B , 6 8 C , 6 8 D	測定体	
7 4	移動機構(測定体移動機構)	
7 5	X軸移動機構	
7 6	Y軸移動機構	
8 0	移動機構(加熱装置移動機構)	
8 2	モータ	

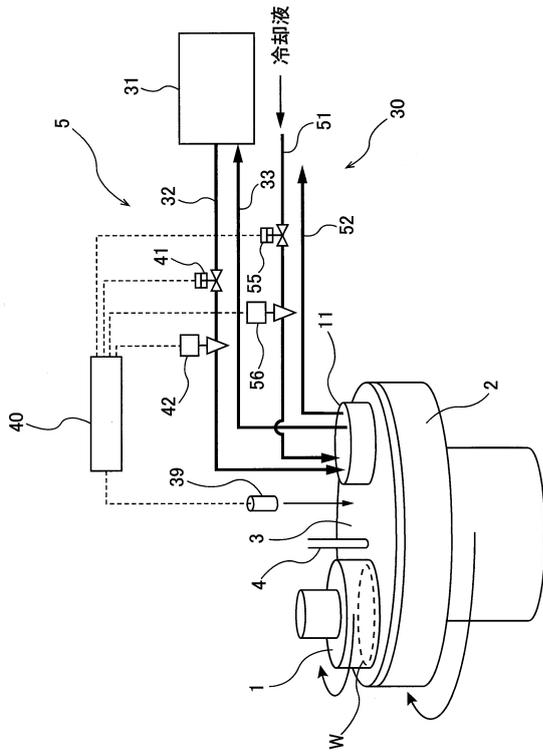
30

40

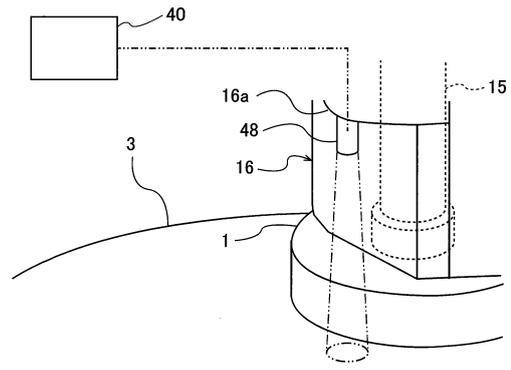
50

【図面】

【図 1】



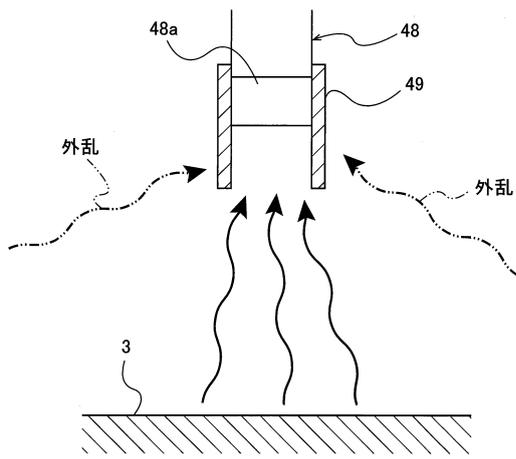
【図 2】



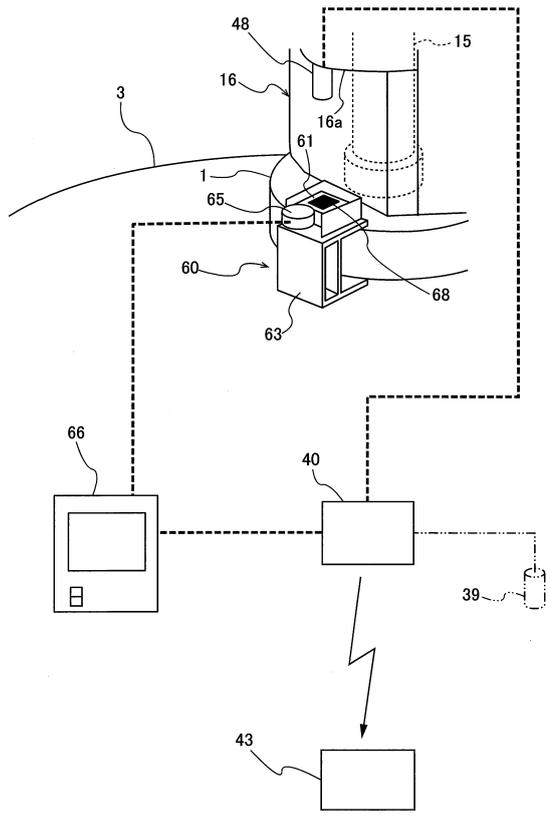
10

20

【図 3】



【図 4】

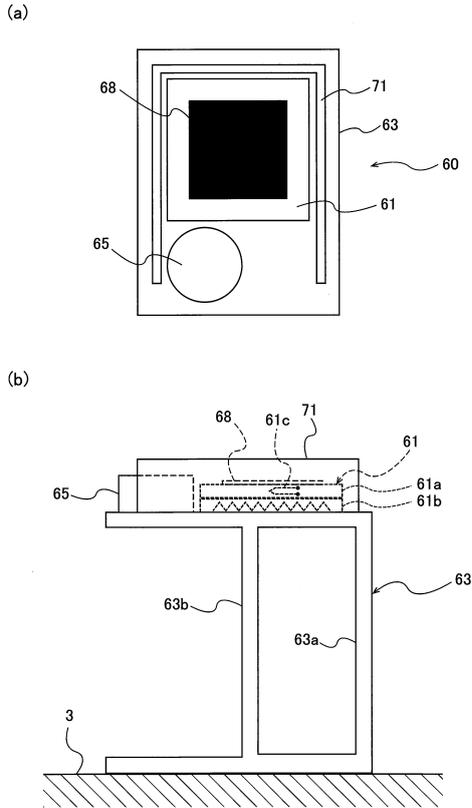


30

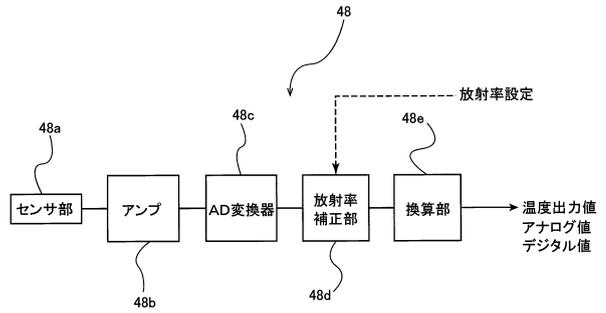
40

50

【 図 5 】



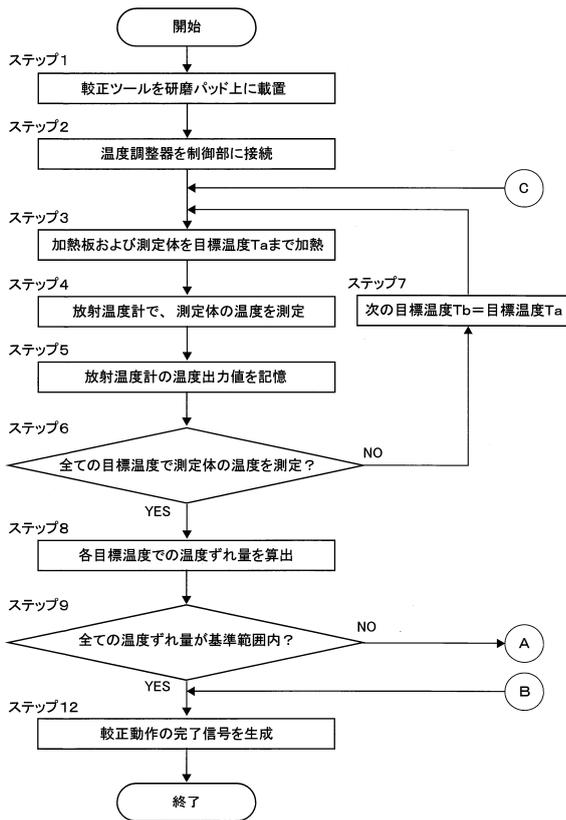
【 図 6 】



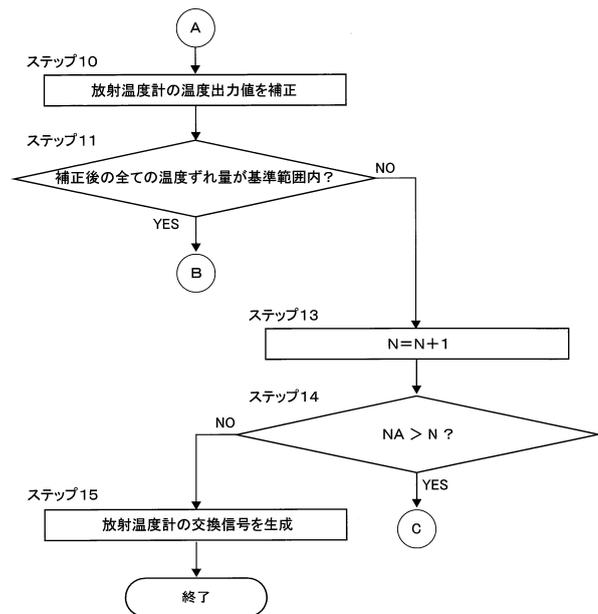
10

20

【 図 7 】



【 図 8 】

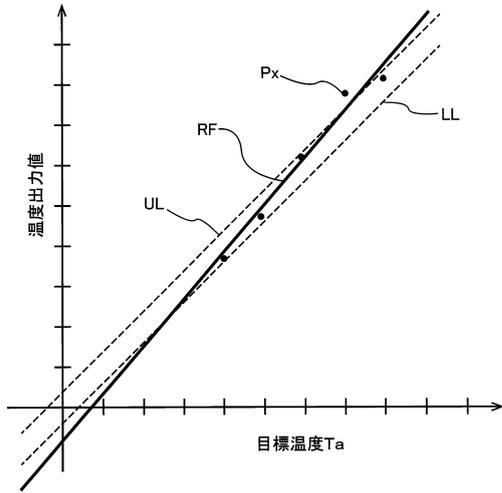


30

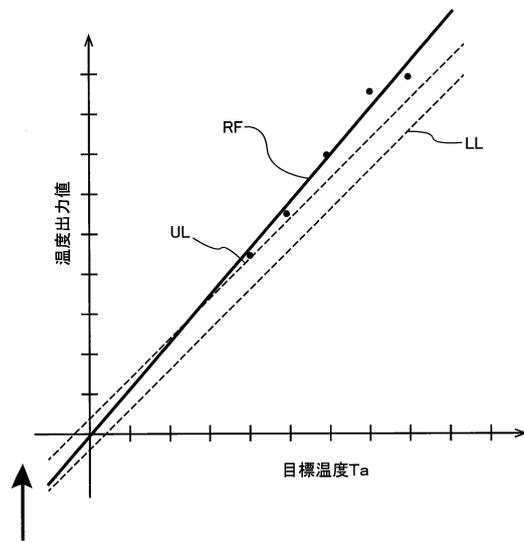
40

50

【図 9】

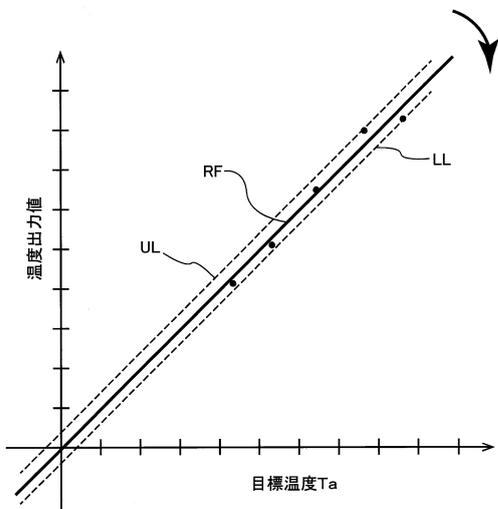


【図 10】

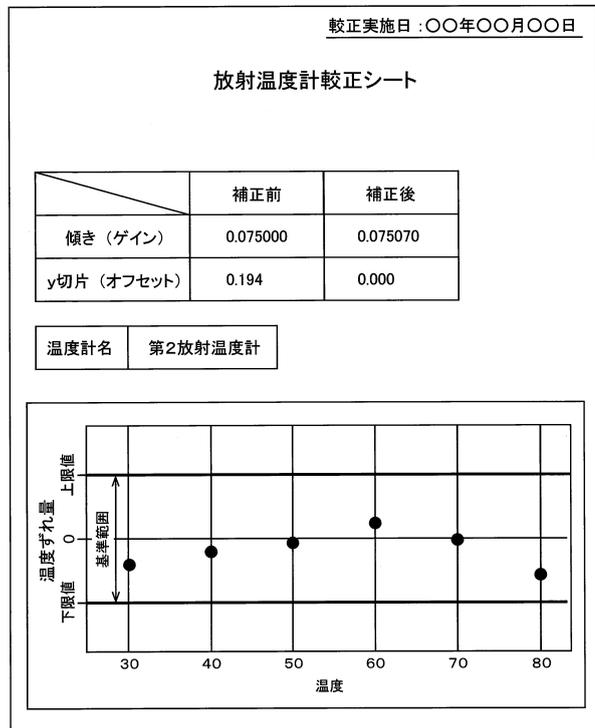


10

【図 11】



【図 12】



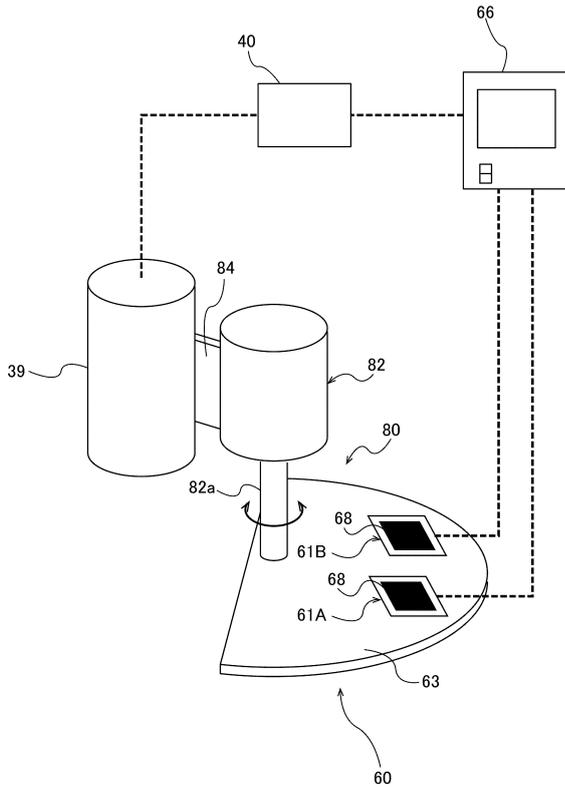
20

30

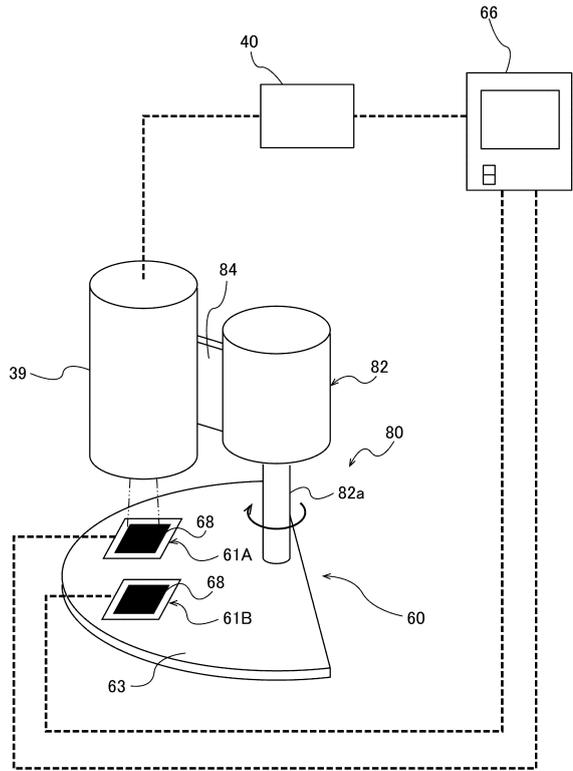
40

50

【図13】



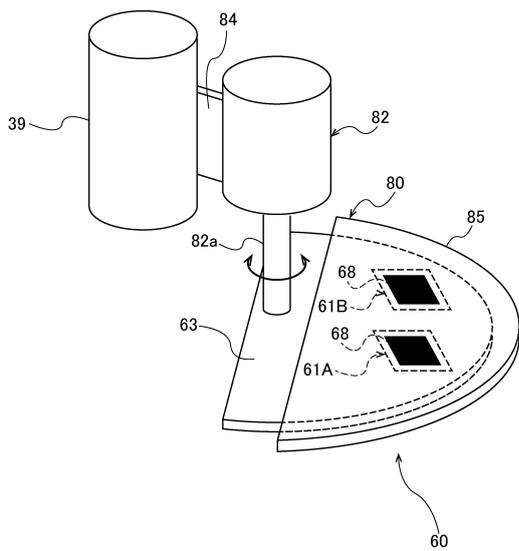
【図14】



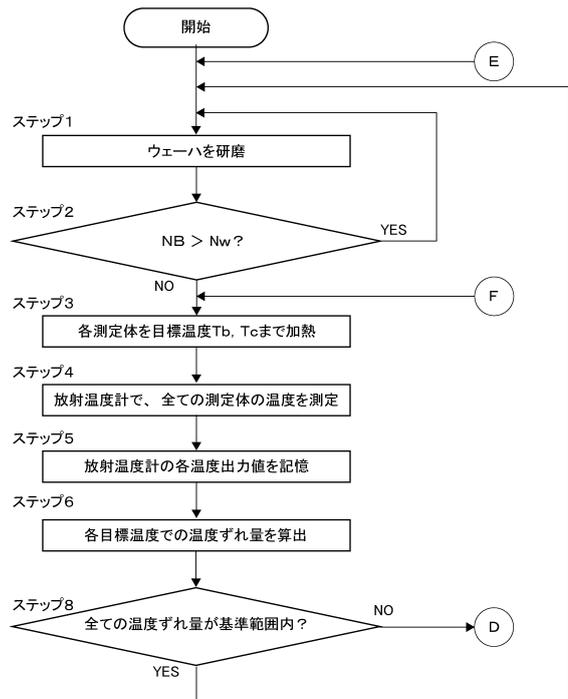
10

20

【図15】



【図16】

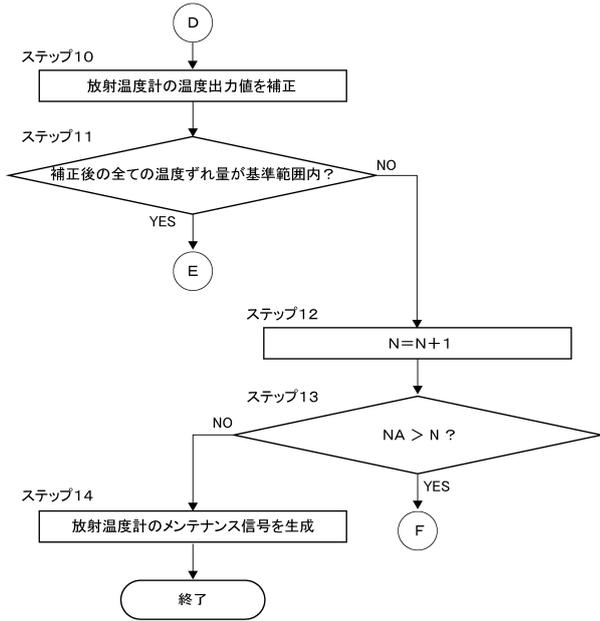


30

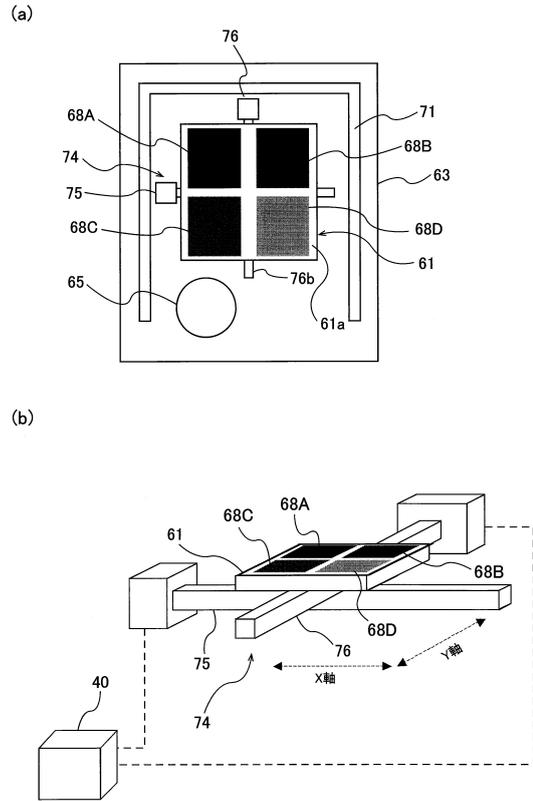
40

50

【図17】



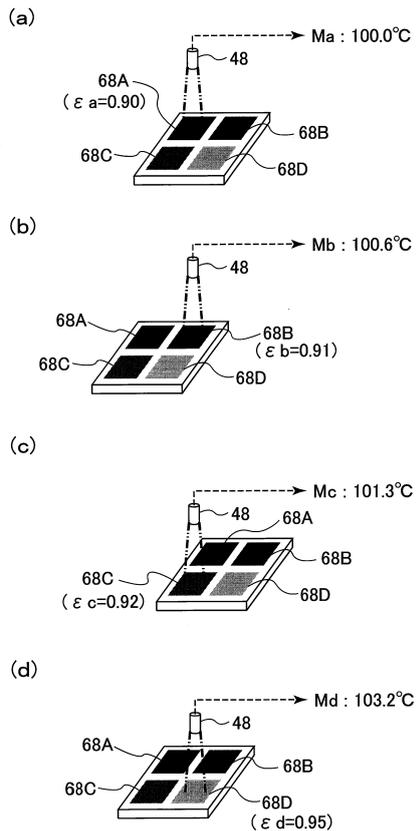
【図18】



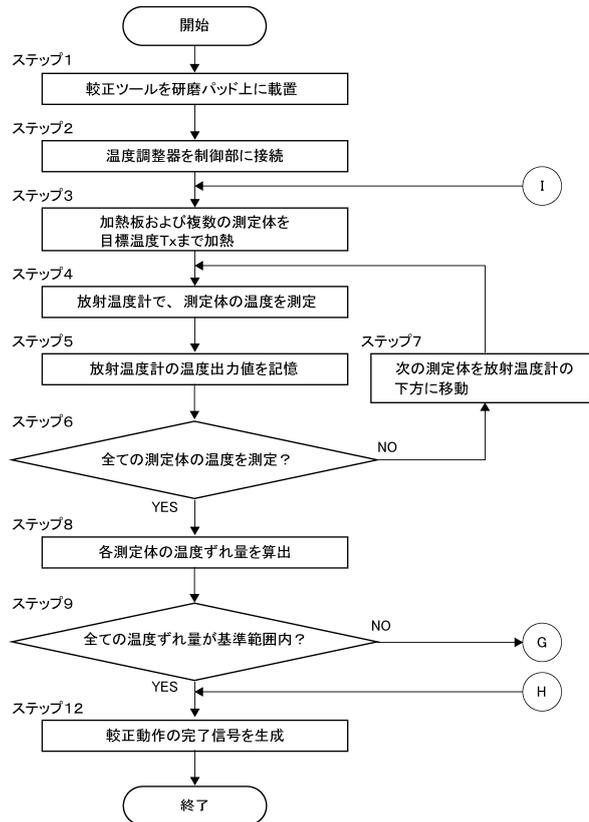
10

20

【図19】



【図20】

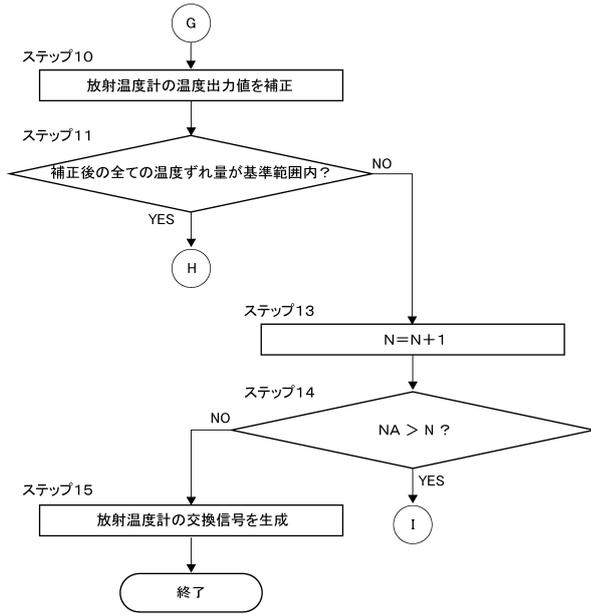


30

40

50

【図 2 1】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社荏原製作所内

審査官 小澤 瞬

- (56)参考文献 特開平4 - 303931 (JP, A)
特開2004 - 85685 (JP, A)
特開2002 - 301660 (JP, A)
特開2005 - 311246 (JP, A)
特開2000 - 337967 (JP, A)
特開平5 - 296843 (JP, A)
実開平7 - 29427 (JP, U)
特表2000 - 515638 (JP, A)
米国特許第5127742 (US, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B24B 21/00 - B24B 39/06
G01J 5/00 - G01J 5/90
H01L 21/304