

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年3月26日(26.03.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/059070 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/31 (2006.01) C23C 16/455 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/034764

(22) 国際出願日: 2018年9月20日(20.09.2018)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人:株式会社 KOKUSAI ELECTRIC (KOKUSAI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1010045 東京都千代田区神田鍛冶町三丁目4番地 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 山本 一良 (YAMAMOTO Kazuyoshi); 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社 KOKUSAI ELECTRIC 内 Toyama (JP). 林原 秀元 (HAYASHIHARA Hidemoto); 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社 KOKUSAI ELECTRIC 内 Toyama (JP). 屋敷 佳代子 (YASHIKI Kayoko); 〒9392393 富山県富山市八

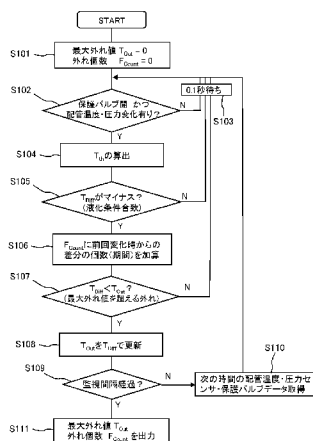
尾町保内二丁目1番地 株式会社 KOKUSAI ELECTRIC 内 Toyama (JP). 福田 満 (FUKUDA Mitsuru); 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社 KOKUSAI ELECTRIC 内 Toyama (JP). 南嘉一郎 (MINAMI Kaichiro); 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社 KOKUSAI ELECTRIC 内 Toyama (JP). 吉野 昭仁 (YOSHINO Akihito); 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社 KOKUSAI ELECTRIC 内 Toyama (JP). 浅井 一秀 (ASAI Kazuhide); 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社 KOKUSAI ELECTRIC 内 Toyama (JP).

(74) 代理人: 福岡 昌浩, 外 (FUKUOKA Masahiro et al.); 〒1020072 東京都千代田区飯田橋四丁目6番1号 2 1東和ビル3 F Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,

(54) Title: SUBSTRATE TREATMENT DEVICE, METHOD FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 基板処理装置、半導体装置の製造方法およびプログラム



- S101 Maximum outlier $T_{Out}=0$
Outlier number $F_{Count}=0$
- S102 Protection valve open and change in temperature · pressure present?
- S103 Standby 0.1 seconds
- S104 Calculate T_{diff}
- S105 Minus T_{diff} ? (matched with liquefied condition)
- S106 Add. to F_{Count} number (period) of differences from previous change
- S107 $T_{diff} < T_{Out}$? (outlier exceeding maximum outlier)
- S108 Update T_{Out} to T_{diff}
- S109 Monitoring interval elapsed?
- S110 Acquire data on next pipe temperature · pressure sensor · protection valve data
- S111 Maximum outlier T_{Out}
Output outlier number F_{Count}

(57) Abstract: The present invention is configured with: a main control unit which executes a process recipe including at least a step for providing a gas and a step for purging the gas, and treats a substrate; and a control unit which collects device data transmitted from the main control unit, wherein, during the execution of the process recipe, the control unit is configured to calculate a saturation temperature for a pipe pressure when a value of any one among a pipe temperature or the pipe pressure changes, while collecting, from among the device data, the pipe temperature and the pipe pressure for a part to be monitored in a pipe that becomes a flow passage of the gas, calculate, as an outlier, the difference between the saturation temperature and the pipe temperature, extract an outlier corresponding to a liquefied area of a vapor pressure curve determined according to a raw material of the gas, and output, to the main control unit, an outlier number that is the number of outliers corresponding to the liquefied area of the vapor pressure curve and a maximum outlier that is a maximum value of the outlier in a prescribed period.



WO 2020/059070 A1

CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: ガスを供給する手順とガスをパージする手順とを少なくとも含むプロセスレシピを実行して基板を処理する主制御部と、主制御部から送信される装置データを収集する制御部と、を備える構成であって、制御部は、プロセスレシピの実行中に、該装置データのうち、ガスの流路となる配管における監視対象の部位についての配管温度および配管圧力を収集しつつ、配管温度または配管圧力のいずれかの値が変化したときに、配管圧力に対する飽和温度を算出し、飽和温度と配管温度との差分を外れ値として計算し、ガスの原料に応じて決められている蒸気圧曲線の液化領域に該当する外れ値を抽出し、所定の期間内における、蒸気圧曲線の液化領域に該当する外れ値の個数である外れ個数と、外れ値の最大値である最大外れ値と、を主制御部に出力するように構成されている。

明 細 書

発明の名称：

基板処理装置、半導体装置の製造方法およびプログラム

技術分野

[0001] 本開示は、基板処理装置、半導体装置の製造方法およびプログラムに関する。

背景技術

[0002] 半導体装置の製造工程で用いられる基板処理装置として、液体原料を気化させた原料ガスを用いて、半導体ウエハ等の基板に成膜処理等の所定処理を行うものがある。例えば、特許文献1には、気化器（タンク）と処理室（もしくは処理炉）の間に配管ヒータを設け、原料を気化する装置が記載されている。また、例えば、特許文献2には、気化器（タンク）と処理室（もしくは処理炉）の間にミストフィルタを設け、原料を気化する装置が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2017-076781号公報

特許文献2：特開2013-232624号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上述のように気化させたガスを用いる場合、そのガスの流路となる配管部分において、例えば、配管内が加圧状態になると、該ガスの原料に応じた蒸気圧曲線の液化状態側に遷移してしまい、気化させたガスが再液化してしまう可能性がある。このように、気化させたガスが再び液化してしまうと、パーティクル発生による成膜異常や装置停止等のトラブルを招くおそれがある。

[0005] 本開示は、配管内におけるガスの液化を迅速かつ的確に察知して、ガスの

液化に起因するトラブル発生を未然に回避し得るようにする技術の提供を目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一態様によれば、

ガスを供給する手順とガスをパージする手順とを少なくとも含むプロセスレシピを実行して基板を処理する主制御部と、主制御部から送信される装置データを収集する制御部と、を備える構成であって、制御部は、プロセスレシピの実行中に、該装置データのうち、ガスの流路となる配管における監視対象の部位についての配管温度および配管圧力を収集しつつ、配管温度または配管圧力のいずれかの値が変化したときに、配管圧力に対する飽和温度を算出し、飽和温度と配管温度との差分を外れ値として計算し、ガスの原料に応じて決められている蒸気圧曲線の液化領域に該当する外れ値を抽出し、所定の期間内における、蒸気圧曲線の液化領域に該当する外れ値の個数である外れ個数と、外れ値の最大値である最大外れ値と、を主制御部に出力するように構成されている、

技術が提供される。

発明の効果

[0007] 本開示に係る技術によれば、配管内におけるガスの液化を迅速かつ的確に察知して、ガスの液化に起因するトラブル発生を未然に回避することが可能になる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]一実施形態に好適に用いられる基板処理装置を示す斜視図である。

[図2]一実施形態に好適に用いられる基板処理装置を示す側断面図である。

[図3]一実施形態に好適に用いられる制御システムの機能構成を示す図である。

[図4]一実施形態に好適に用いられる主コントローラの機能構成を示す図である。

[図5]一実施形態に好適に用いられる装置管理コントローラの機能構成を示す

図である。

[図6]一実施形態に好適に用いられる装置状態監視部の機能構成を示す図である。

[図7]一実施形態に好適に用いられる基板処理部（監視対象となる部位を含む）の機能構成を示す図である。

[図8]一実施形態に好適に用いられるソフトセンサ値算出処理の手順を示すフローチャートである。

[図9]一実施形態に好適に用いられる蒸気圧曲線の一具体例を示す説明図である。

[図10]一実施形態に好適に用いられるアントワン定数管理テーブルおよび監視対象の部位毎の条件設定テーブルを示す説明図である。

[図11]一実施形態に好適に用いられるアクション定義テーブルを示す説明図（その1）である。

[図12]一実施形態に好適に用いられるアクション定義テーブルを示す説明図（その2）である。

発明を実施するための形態

[0009] <一実施形態>

以下、本開示の一実施形態について図1から図12を参照しながら説明する。

[0010] (1) 基板処理装置の構成

まず、一実施形態に係る基板処理装置の構成例について、図面を用いて説明する。ただし、以下の説明において、同一構成要素には同一符号を付し繰り返しの説明を省略することがある。なお、図面は説明をより明確にするため、実際の態様に比べ、各部の幅、厚さ、形状等について模式的に表される場合があるが、あくまで一例であって、本発明の解釈を限定するものではない。

[0011] (基板処理装置の概要)

図1および図2に示すように、本開示が適用される基板処理装置（以後、

単に装置ともいう) 1は筐体2を備え、該筐体2の正面壁3の下部にはメンテナンス可能な様に設けられた開口部4が開設され、該開口部4は正面メンテナンス扉5によって開閉される。

[0012] 筐体2の正面壁3にはポッド搬入搬出口6が筐体2の内外を連通する様に開設されており、ポッド搬入搬出口6はフロントシャッタ7によって開閉され、ポッド搬入搬出口6の正面前方側にはロードポート8が設置されており、該ロードポート8は載置されたポッド9を位置合せする様に構成されている。該ポッド9は密閉式の基板搬送容器であり、図示しない工程内搬送装置によってロードポート8上に搬入され、また、該ロードポート8上から搬出される様になっている。

[0013] 筐体2内の前後方向の略中央部に於ける上部には、回転式ポッド棚11が設置されており、該回転式ポッド棚11は複数個のポッド9を格納する様に構成されている。回転式ポッド棚11は垂直に立設されて間欠回転される支柱12と、該支柱12に上中下段の各位置に於いて放射状に支持された複数段の棚板13とを備えており、該棚板13は前記ポッド9を複数個宛載置した状態で格納する様に構成されている。回転式ポッド棚11の下方には、ポッドオープナ14が設けられ、該ポッドオープナ14はポッド9を載置し、又該ポッド9の蓋を開閉可能な構成を有している。

[0014] ロードポート8と回転式ポッド棚11、ポッドオープナ14との間には、ポッド搬送機構15が設置されており、該ポッド搬送機構15は、ポッド9を保持して昇降可能、水平方向に進退可能となっており、ロードポート8、回転式ポッド棚11、ポッドオープナ14との間でポッド9を搬送する様に構成されている。

[0015] 筐体2内の前後方向の略中央部に於ける下部には、サブ筐体16が後端に亘って設けられている。該サブ筐体16の正面壁17にはウエハ(以後、基板ともいう)18をサブ筐体16内に対して搬入搬出する為のウエハ搬入搬出口19が一对、垂直方向に上下2段に並べられて開設されており、上下段のウエハ搬入搬出口19に対してポッドオープナ14がそれぞれ設けられて

いる。

- [0016] ポッドオープナ 14 はポッド 9 を載置する載置台 21 と、ポッド 9 の蓋を開閉する開閉機構 22 とを備えている。ポッドオープナ 14 は載置台 21 に載置されたポッド 9 の蓋を開閉機構 22 によって開閉することにより、ポッド 9 のウエハ出入口を開閉する様に構成されている。
- [0017] サブ筐体 16 はポッド搬送機構 15 や回転式ポッド棚 11 が配設されている空間（ポッド搬送空間）から気密となっている移載室 23 を構成している。該移載室 23 の前側領域にはウエハ移載機構 24 が設置されており、該基板移載機構 24 は、基板 18 を載置する所要枚数（図示では 5 枚）のウエハ載置プレート 25 を具備し、該ウエハ載置プレート 25 は水平方向に直動可能、水平方向に回転可能、又昇降可能となっている。基板移載機構 24 はポート 26 に対して基板 18 を装填および払出しする様に構成されている。
- [0018] 移載室 23 の後側領域には、ポート 26 を収容して待機させる待機部 27 が構成され、該待機部 27 の上方には縦型の処理炉 28 が設けられている。該処理炉 28 は内部に処理室（反応室） 29 を形成し、該処理室 29 の下端部は炉口部となっており、該炉口部は炉口シャッタ 31 により開閉される様になっている。
- [0019] 筐体 2 の右側端部とサブ筐体 16 の待機部 27 の右側端部との間にはポート 26 を昇降させる為の昇降機構としてのポートエレベータ 32 が設置されている。該ポートエレベータ 32 の昇降台に連結されたアーム 33 には蓋体としてのシールキャップ 34 が水平に取付けられており、該蓋体 34 はポート 26 を垂直に支持し、該ポート 26 を処理室 29 に装入した状態で炉口部を気密に閉塞可能となっている。
- [0020] ポート 26 は、複数枚（例えば、50 枚～125 枚程度）の基板 18 をその中心に揃えて水平姿勢で多段に保持する様に構成されている。
- [0021] ポートエレベータ 32 側と対向した位置にはクリーンユニット 35 が配設され、該クリーンユニット 35 は、清浄化した雰囲気若しくは不活性ガスであるクリーンエア 36 を供給する様供給ファンおよび防塵フィルタで構成さ

れている。

[0022] 次に、基板処理装置 1 の作動について説明する。

ポッド 9 がロードポート 8 に供給されると、ポッド搬入搬出口 6 がフロントシャッタ 7 によって開放される。ロードポート 8 上のポッド 9 はポッド搬送装置 15 によって筐体 2 の内部へポッド搬入搬出口 6 を通して搬入され、回転式ポッド棚 11 の指定された棚板 13 へ載置される。ポッド 9 は回転式ポッド棚 11 で一時的に保管された後、ポッド搬送装置 15 により棚板 13 からいずれか一方のポッドオープナ 14 に搬送されて載置台 21 に移載されるか、若しくはロードポート 8 から直接載置台 21 に移載される。

[0023] この際、ウエハ搬入搬出口 19 は開閉機構 22 によって閉じられ、移載室 23 はクリーンエア 36 が流通され、充満している。移載室 23 にはクリーンエア 36 として窒素ガスが充満されるため、移載室 23 の酸素濃度は、筐体 2 の内部の酸素濃度よりも低い。

[0024] 載置台 21 に載置されたポッド 9 はその開口側端面がサブ筐体 16 の正面壁 17 に於けるウエハ搬入搬出口 19 の開口縁辺部に押付けられると共に、蓋が開閉機構 22 によって取外され、ウエハ出入口が開放される。

[0025] ポッド 9 がポッドオープナ 14 によって開放されると、基板 18 はポッド 9 から基板移載機構 24 によって取出され、ノッチ合せ装置（図示せず）に移送され、該ノッチ合せ装置にて基板 18 を整合した後、基板移載機構 24 は基板 18 を移載室 23 の後方にある待機部 27 へ搬入し、ポート 26 に装填（チャージング）する。

[0026] ポート 26 に基板 18 を受渡した基板移載機構 24 はポッド 9 に戻り、次の基板 18 をポート 26 に装填する。一方（上端又は下段）のポッドオープナ 14 に於ける基板移載機構 24 により基板 18 のポート 26 への装填作業中に、他方（下段又は上段）のポッドオープナ 14 には回転式ポッド棚 11 から別のポッド 9 がポッド搬送装置 15 によって搬送されて移載され、他方のポッドオープナ 14 によるポッド 9 の開放作業が同時進行される。

[0027] 予め指定された枚数の基板 18 がポート 26 に装填されると炉口シャッタ

31によって閉じられていた処理炉28の炉口部が炉口シャッタ31によって開放される。続いて、ポート26はポートエレベータ32によって上昇され、処理室29に搬入（ローディング）される。

[0028] ローディング後は、シールキャップ34によって炉口部が気密に閉塞される。なお、本実施の形態において、このタイミングで（ローディング後）、処理室29が不活性ガスに置換されるパージ工程（プリパージ工程）を有する。

[0029] 処理室29が所望の圧力（真空度）となる様に、真空ポンプなどのガス排気機構（図示せず）によって真空排気される。また、処理室29が所望の温度分布となる様にヒータ駆動部（図示せず）によって所定温度迄加熱される。また、ガス供給機構（図示せず）により、所定の流量に制御された処理ガスが供給され、処理ガスが処理室29を流通する過程で、基板18の表面と接触し、基板18の表面上に所定の処理が実施される。更に、反応後の処理ガスは、ガス排気機構により処理室29から排気される。

[0030] 予め設定された処理時間が経過すると、ガス供給機構により不活性ガス供給源（図示せず）から不活性ガスが供給され、処理室29が不活性ガスに置換されると共に、処理室29の圧力が常圧に復帰される（アフターパージ工程）。そして、ポートエレベータ32によりシールキャップ34を介してポート26が降下される。

[0031] 処理後の基板18の搬出については、上記説明と逆の手順で、基板18およびポッド9は筐体2の外部へ払出される。未処理の基板18が、更に前記ポート26に装填され、基板18の処理が繰返される。

[0032] （制御システムの機能構成）

図3に示すように、制御システム200は、主制御部としての主コントローラ201と、搬送制御部としての搬送系コントローラ211と、処理制御部としてのプロセス系コントローラ212と、データ監視を行う制御部としての装置管理コントローラ215と、を備えている。装置管理コントローラ215は、装置データDDの監視により、装置1の状態を監視する機能を有

している。本実施形態では、制御システム200は、装置1内に收容されている。

[0033] ここで、装置データDDとは、装置1が基板18を処理するときの処理温度、処理圧力、処理ガスの流量など基板処理に関するデータ（以後、制御パラメータともいう）や、製造した製品基板の品質（例えば、成膜した膜厚、および該膜厚の累積値など）に関するデータや、装置1の構成部品（石英反応管、ヒータ、バルブ、マスフローコントローラ（以後、MFCと略す）等）に関する部品データ（例えば、設定値、実測値）など、基板処理装置1が基板18を処理する際に各構成部品を動作させることにより発生するデータである。

[0034] なお、レシピ実行中に収集されるデータは、プロセスデータと称することがある。例えば、レシピ開始から終了までの特定間隔（例えば、1秒など）データとしての生波形データやレシピ内の各ステップの統計量データ等のプロセスデータも装置データDDに含む。統計量データには、最大値、最小値、平均値等が含まれる。また、レシピが実行されていない時（例えば、装置に基板が投入されていないアイドル時）の色々な装置イベントを示すイベントデータ（例えば、メンテナンス履歴を示すデータ）も装置データDDに含まれる。

[0035] 主コントローラ201は、搬送系コントローラ211およびプロセス系コントローラ212と電氣的に接続されているため、各装置データDDの送受信や各ファイルのダウンロードおよびアップロード等が可能な構成となっている。

[0036] 主コントローラ201には、外部記憶装置としての記録媒体（例えばUSBキー等）が挿脱されるポートが設けられている。主コントローラ201には、このポートに対応するOSがインストールされている。また、主コントローラ201には、外部の上位コンピュータ300や管理装置310が、通信ネットワークLAN2を介して接続される。このため、基板処理装置1がクリーンルーム内に設置されている場合であっても、上位コンピュータ300

0や管理装置310がクリーンルーム外の事務所等に配置されることが可能である。

[0037] 装置管理コントローラ215は、主コントローラ201とLAN回線で接続され、少なくとも主コントローラ201から装置データDDを収集するように構成されている。なお、装置管理コントローラ215については、後で詳しく説明する。

[0038] 搬送系コントローラ211は、主に回転式ポッド棚11、ポートエレベータ32、ポッド搬送装置15、基板移載機構24、ポート26および回転機構（図示せず）により構成される基板搬送系211Aに接続されている。搬送系コントローラ211は、回転式ポッド棚11、ポートエレベータ32、ポッド搬送装置15、基板移載機構24、ポート26および回転機構（図示せず）の搬送動作をそれぞれ制御するように構成されている。特に、搬送系コントローラ211は、ポートエレベータ32、ポッド搬送装置15、基板移載機構24の搬送動作をそれぞれ制御するように構成されている。

[0039] プロセス系コントローラ212は、温度コントローラ212a、圧力コントローラ212b、ガス流量コントローラ212c、シーケンサ212dを備えている。これら温度コントローラ212a、圧力コントローラ212b、ガス流量コントローラ212c、シーケンサ212dは、サブコントローラを構成し、プロセス系コントローラ212と電氣的に接続されているため、各装置データDDの送受信や各ファイルのダウンロードおよびアップロード等が可能となっている。なお、プロセス系コントローラ212とサブコントローラは、別体で図示されているが、一体構成でも構わない。

[0040] 温度コントローラ212aには、主にヒータおよび温度センサ等により構成される加熱機構212Aが接続されている。温度コントローラ212aは、処理炉28のヒータの温度を制御することで処理炉28内の温度を調節するように構成されている。なお、温度コントローラ212aは、サイリスタのスイッチング（オンオフ）制御を行い、ヒータ素線に供給する電力を制御するように構成されている。

圧力コントローラ 212b には、主に圧力センサ、圧力バルブとしての APCバルブおよび真空ポンプにより構成されるガス排気機構 212B が接続されている。圧力コントローラ 212b は、圧力センサにより検知された圧力値に基づいて、処理室 29 の圧力が所望のタイミングにて所望の圧力となるように、APCバルブの開度および真空ポンプのスイッチング（オンオフ）を制御するように構成されている。

ガス流量コントローラ 212c は、流量制御器として MFC により構成される。

シーケンサ 212d は、処理ガス供給管やパージガス供給管からのガスの供給や停止を、バルブ 212D を開閉させることにより制御するように構成されている。

[0041] このような構成のプロセス系コントローラ 212 は、処理室 29 に供給するガスの流量が所望のタイミングにて所望の流量となるように、MFC 212c、バルブ 212D を制御するように構成されている。

[0042] なお、本実施形態にかかる主コントローラ 201、搬送系コントローラ 211、プロセス系コントローラ 212、装置管理コントローラ 215 は、専用のシステムによらず、通常のコンピュータシステムを用いて実現可能である。例えば、汎用コンピュータに、上述の処理を実行するためのプログラムを格納した記録媒体（USB キーなど）から当該プログラムをインストールすることにより、所定の処理を実行する各コントローラを構成することができる。

[0043] （主コントローラの構成）

次に、主制御部としての主コントローラ 201 の構成を、図 4 を参照しながら説明する。

主コントローラ 201 は、主コント制御部 220、主コント記憶部としてのハードディスク 222、各種情報を表示する表示部と、操作者からの各種指示を受け付ける入力部と、を含む操作表示部 227、装置 1 内外と通信する主コント通信部としての送受信モジュール 228 とを含むように構成され

る。主コント制御部 220 は、処理部としての CPU（中央処理装置） 224 や、一時記憶部としてのメモリ（RAM、ROM等） 226 を含み、時計機能（図示せず）を備えたコンピュータとして構成されている。

[0044] ハードディスク 222 には、基板の処理条件および処理手順が定義されたレシピ等の各レシピファイル、これら各レシピファイルを実行させるための制御プログラムファイル、レシピを実行するためのパラメータが定義されたパラメータファイル、また、エラー処理プログラムファイルおよびエラー処理のパラメータファイルの他、プロセスパラメータを入力する入力画面を含む各種画面ファイル、各種アイコンファイル等（いずれも図示せず）が格納されている。

[0045] また、操作表示部 227 の操作画面には、図 3 に示す、基板搬送系 211A や基板処理系（加熱機構 212A、ガス排気機構 212B およびガス供給系 212C）への動作指示を入力したりする入力部としての各操作ボタンを設けることも可能である。

[0046] 操作表示部 227 には、装置 1 を操作するための操作画面が表示されるように構成されている。操作表示部 227 は、操作画面を介して基板処理装置 1 内で生成される装置データ DD に基づいた情報を操作画面に表示する。操作表示部 227 の操作画面は、例えば液晶を用いたタッチパネルである。操作表示部 227 は、操作画面からの作業者の入力データ（入力指示）を受け付け、入力データを主コントローラ 201 に送信する。また、操作表示部 227 は、メモリ（RAM） 226 等に展開されたレシピ、若しくはハードディスク 222 に格納された複数のレシピのうち任意の基板処理レシピ（以後、プロセスレシピともいう）を実行させる指示（制御指示）を受け付け、主コント制御部 220 に送信する。

[0047] 主コント通信部 228 には、スイッチングハブ等が接続されており、主コントローラ 201 が、ネットワークを介して、外部のコンピュータ 300 や装置 1 内の他のコントローラ（211、212、215）等と、データの送信および受信を行うように構成されている。

[0048] また、主コントローラ 201 は、図示しないネットワークを介して外部の上位コンピュータ 300、例えば、ホストコンピュータに対して装置 1 の状態など装置データ DD を送信する。なお、装置 1 の基板処理動作は、主コントローラ 201 に記憶されている各レシピファイル、各パラメータファイル等に基づいて、制御システム 200 により制御される。

[0049] なお、装置管理コントローラ 215 のハードウェア構成は、上述の主コントローラ 201 と同様な構成である。また、装置管理コントローラ 215 は、主コントローラ 201 と同様に専用のシステムによらず、通常のコンピュータシステムを用いて実現可能である。

[0050] (装置管理コントローラの構成)

次に、制御部としての装置管理コントローラ 215 の構成を、図 5 および図 6 を参照しながら説明する。

[0051] 装置管理コントローラ 215 は、主コントローラ 201 と LAN 回線で接続され、主コントローラ 201 から装置データ DD を収集し、蓄積した装置データ DD を加工しグラフ化して、操作表示部 227 に表示することが可能である。また、装置管理コントローラ 215 は、装置状態監視機能を有し、装置 1 内外から収集した装置データ DD を利用して、装置 1 の稼働状態を診断し、その診断結果を出力するように構成されている。

[0052] 図 5 に示すように、装置管理コントローラ 215 は、主コントローラ 201 との間で装置データ DD の送受信を行う通信部 215 a、画面表示部 215 b、画面表示制御部 215 c、各種データを記憶する記憶部 215 d、および、装置状態監視部 215 e を備えている。

[0053] 画面表示部 215 b は、装置管理コントローラ 215 の機能を表示するように構成されている。また、画面表示部 215 b の代わりに、主コントローラ 201 の操作表示部 227 を用いて表示するよう構成してもよく、あるいは、操作端末等で代替してもよい。

[0054] 画面表示制御部 215 c は、各種データ（例えば装置データ DD）を画面表示用のデータに加工して、画面表示部 215 b または操作表示部 227 に

表示させるよう制御する。なお、本実施形態では、画面表示部 215b ではなく、操作表示部 227 に表示させるよう構成されている。

[0055] 記憶部 215d は、プロセスレシピが実行されている間、主コントローラ 201 からあらゆる装置データ DD が蓄積され、かつ、プロセスレシピが実行されていない間もイベントデータ等の装置データ DD が蓄積され、装置 1 のデータベースとして機能する。また、装置管理コントローラ 215 で実行される各種プログラムが記憶部 215d に格納されており、例えば、装置管理コントローラ 215 の起動とともに装置状態監視プログラムやデータ解析プログラム等が実行される。なお、該プログラムに利用される監視コンテンツないし診断条件定義データも、記憶部 215d に格納してもよい。

[0056] 装置状態監視部 215e は、装置状態監視プログラムをメモリ（例えば記憶部 215d）内に有し、装置状態監視機能を実行する。図 6 に示すように、装置状態監視部 215e は、条件判定部 311、蓄積部 313、検索部 314 および診断部 315 を備えている。

[0057] 条件判定部 311 は、診断部 315 が処理を行うべきタイミングとなったか否かを判定する制御を行う。具体的には、条件判定部 311 は、所定の条件を満足したときに、診断部 315 が処理を行うべきタイミングになったと判定する。所定の条件については、詳細を後述する。

[0058] 蓄積部 313 は、通信部 215a を介して供給されるあらゆる装置データ DD を、記憶部 215d へ蓄積する制御を行う。記憶部 215d に蓄積させる装置データ DD には、少なくとも、詳細を後述する監視対象の部位についての配管温度および配管圧力のデータが含まれている。また、蓄積部 313 は、診断部 315 が生成する各種データ（例えば詳細を後述する外れ値等）を、記憶部 215d へ蓄積する制御を行う。

[0059] 検索部 314 は、記憶部 215d に格納された種々の装置データ DD の内、診断部 315 での処理対象となる装置データ DD（特に、配管温度および配管圧力のデータ）を検索し、診断部 315 へ供給する制御を行う。また、検索部 314 は、必要に応じて診断部 315 が生成した各種データ（例えば

詳細を後述する外れ値等)を検索し、診断部315へ供給する制御を行う。

[0060] 診断部315は、条件判定部311から処理を行うべき旨が通知されると、診断を開始する。そして、診断部315は、診断の結果である診断データを、通信部215aを介して主コントローラ201へ通知する。

[0061] 具体的には、主コントローラ201へ通知する診断データを生成するために、診断部315は、検索部314から処理対象の装置データDDとして配管温度および配管圧力のデータを受け取り、その配管圧力に基づき飽和温度を算出して、受け取った配管温度と算出した飽和温度との差分を外れ値として計算するように構成されている。そして、診断部315は、計算した外れ値を記憶部215dに蓄積させつつ、所定の期間内における外れ値の最大値を最大外れ値として取得するとともに、その所定の期間内で蒸気圧曲線の液化領域に該当する外れ値の個数を外れ個数として取得するように構成されている。これら最大外れ値および外れ個数は、ソフトセンサ値として出力されて主コントローラ201に通知される。

[0062] また、診断部315は、最大外れ値および外れ個数を取得し、これらのうち少なくとも一つを所定の閾値と比較して、閾値を超えた場合にアラームを発生させて主コントローラ201に通知するように構成してもよい。

[0063] ここで、縦軸を温度、横軸を圧力で示される蒸気圧曲線は、気化されたガスの原料により予め決められている曲線である。この曲線の左側が液化領域であり、曲線の右側が気化領域である。本明細書では、この蒸気圧曲線上にある温度や圧力は、それぞれ飽和温度、飽和圧力と称し、本実施形態における飽和温度は、圧力（本実施形態では配管圧力）により決定される温度と定義する。

[0064] (2) 基板処理方法の手順

次に、所定の処理工程を有する基板処理方法について説明する。ここで、所定の処理工程は、半導体デバイスの製造工程の一工程である基板処理工程（ここでは成膜工程）である。

[0065] 基板処理工程の実施にあたって、まず、プロセスレシピが、プロセス系コ

ントローラ212内のRAM等のメモリに展開される。そして、主コントローラ201からプロセス系コントローラ212や搬送系コントローラ211へ動作指示が与えられる。また、基板処理工程は、搬入工程と、成膜工程と、搬出工程と、を少なくとも有する。

[0066] (移載工程)

主コントローラ201からは、搬送系コントローラ211に対して、基板移載機構24の駆動指示が発せられる。そして、搬送系コントローラ211からの指示に従いつつ、基板移載機構24は載置台としての授受ステージ21上のポッド9からポート26への基板18の移載処理を開始する。この移載処理は、予定された全ての基板18のポート26への装填（ウエハチャージ）が完了するまで行われる。

[0067] (搬入工程)

所定枚数の基板18がポート26に装填されると、ポート26は、搬送系コントローラ211からの指示に従って動作するポートエレベータ32によって上昇されて、処理炉28内に形成される処理室29に装入（ポートロード）される。ポート26が完全に装入されると、ポートエレベータ32のシールキャップ34は、処理炉28のマニホールドの下端を気密に閉塞する。

[0068] (成膜工程)

次に、処理室29は、圧力制御部212bからの指示に従いつつ、所定の成膜圧力（真空度）となるように、真空ポンプなどの真空排気装置によって真空排気される。また処理室29は、温度制御部212aからの指示に従いつつ、所定の温度となるようにヒータによって加熱される。続いて、搬送系コントローラ211からの指示に従いつつ、回転機構によるポート26および基板18の回転を開始する。そして、所定の圧力、所定の温度に維持された状態で、ポート26に保持された複数枚の基板18に所定のガス（例えば、液体原料を気化させた原料ガス）を供給して、基板18に所定の処理（例えば成膜処理）がなされる。なお、次の搬出工程前に、処理温度（所定の温度）から温度を降下させる場合がある。

[0069] (搬出工程)

ポート26に載置された基板18に対する成膜工程が完了すると、搬送系コントローラ211からの指示に従いつつ、その後、回転機構によるポート26および基板18の回転を停止させ、ポートエレベータ32によりシールキャップ34を下降させてマニホールドの下端を開口させるとともに、処理済の基板18を保持したポート26を処理炉28の外部に搬出（ポートアンロード）する。

[0070] (回収工程)

そして、処理済の基板18を保持したポート26は、クリーンユニット35から吹出されるクリーンエア36によって極めて効果的に冷却される。そして、例えば150℃以下に冷却されると、ポート26から処理済の基板18を脱装（ウエハディスチャージ）してポッド9に移載した後に、新たな未処理基板18のポート26への移載が行われる。

[0071] (3) 装置状態の監視処理

次に、基板処理工程を実施する過程で装置管理コントローラ215が行う装置状態の監視処理について説明する。

[0072] (監視処理の概要)

成膜工程においては、図7に示すように、プロセス系コントローラ212がバルブ212Dを開状態にすると、所定種類のガスがMFC212cによって流量調整された状態で、そのガスの流路となる配管212Eを通じて、基板18が搬入された処理室（反応室）29に供給される。供給されるガスとしては、例えば、液体原料を気化させた原料ガスである第一元素含有ガスがある。ただし、その他にも、例えば、反応ガスまたは改質ガスである第二元素含有ガス、パージガスとして作用する不活性ガス等が、反応室29に供給され得る。

[0073] 監視対象となる部位としての配管212Eには、予め監視対象となる部位における装置データの変動を検出する検出器が設定されており、図7では、監視対象に設定された部位（配管212E）に温度センサTG1および圧力

センサ P G 1 が配されている。なお、監視対象の部位として複数箇所が設定されている場合には、それぞれに温度センサ T G 1 および圧力センサ P G 1 が配置される。監視対象の部位は、バルブ 2 1 2 D の上流側または下流側のいずれであってもよい。したがって、監視対象の部位の前後（すなわち、前側または後側の少なくとも一方）には、バルブ 2 1 2 D が位置することになる。

[0074] 温度センサ T G 1 は、配管 2 1 2 E 内を流れるガスの温度の実測値を監視対象の部位についての配管温度として検出するように構成されている。圧力センサ P G 1 は、配管 2 1 2 E 内におけるガスの圧力の実測値を監視対象の部位についての配管圧力として検出するように構成されている。したがって、監視対象の部位においては、同一のガスについての配管温度および配管圧力を同一タイミングで検出することが可能となる。温度センサ T G 1 による検出結果である配管温度および圧力センサ P G 1 による検出結果である配管圧力は、装置データ D D として主コントローラ 2 0 1 に出力される。

[0075] ところで、配管 2 1 2 E 内を流れる原料ガスとして、H C D（ヘキサクロロジラン）等の液体材料を加熱して気化させたガスを、反応室 2 9 へと送り込むことがある。その場合に、例えば、配管 2 1 2 E 内が加圧状態になると、この気化させたガスの温度が該ガスの原料(H C D)により決められている蒸気圧曲線の液化状態側に遷移して、この気化させたガスが再液化してしまう可能性がある。この液化したガスが反応室 2 9 に送り込まれ基板 1 8 上に付着すると、ボール状のパーティクルを形成してしまうことが知られている。つまり、気化させたガスが再び液化してしまうと、パーティクル発生による成膜異常や装置停止等のトラブルを招くおそれがある。

[0076] このようなガスの液化に起因するトラブル発生を未然に回避するためには、配管 2 1 2 E 内におけるガスの液化状態を迅速かつ的確に察知することが重要である。ガスの液化状態を迅速かつ的確に察知できれば、ガスの液化に起因する装置異常状態について早めに対処することが可能となり、その結果として、成膜異常や装置停止等のトラブル発生による保守の負担を軽減させ

ることが可能となる。

[0077] 本実施形態においては、配管 2 1 2 E に配置された温度センサ T G 1 および圧力センサ P G 1 からの装置データ D D (すなわち、監視対象の部位についての配管温度および配管圧力) を用いつつ、装置管理コントローラ 2 1 5 が以下に説明する処理を行う。

[0078] (ソフトセンサ値の算出処理)

装置管理コントローラ 2 1 5 は、図 8 に示すように、ソフトセンサ値を算出する処理を行う。まず、ソフトセンサ値としての最大外れ値 T_{out} および外れ個数 F_{count} について、診断部 3 1 5 がそれぞれを初期値としての「0」に設定する (S 1 0 1)。

[0079] その一方で、装置管理コントローラ 2 1 5 では、プロセスレシピの実行中に通信部 2 1 5 a を介して主コントローラ 2 0 1 から供給される装置データ D D を、蓄積部 3 1 3 が記憶部 2 1 5 d に蓄積させる。記憶部 2 1 5 d が蓄積する装置データ D D には、温度センサ T G 1 の検出結果である配管温度および圧力センサ P G 1 の検出結果である配管圧力が含まれる。装置管理コントローラ 2 1 5 による配管温度および配管圧力の収集は、所定の周期 (例えば 0. 1 秒毎) で行う。

[0080] そして、装置管理コントローラ 2 1 5 では、収集される配管温度および配管圧力について、条件判定部 3 1 1 が監視を行う。監視対象となるのは、配管 2 1 2 E (複数の部位が設定されている場合はそれぞれの部位毎) の配管温度および配管圧力である。監視タイミングは、配管 2 1 2 E の前後に設けられるバルブ 2 1 2 D が開状態となった後の一定期間である。条件判定部 3 1 1 は、バルブ 2 1 2 D が開状態であり、かつ、開状態となった後の一定期間で配管温度または配管圧力のいずれかの値が変化したときに、収集条件を満足したと判定する (S 1 0 2)。条件判定部 3 1 1 は、監視対象となる配管温度および配管圧力に変化がなければ (変化がないと判定すると)、次の周期まで待つ (S 1 0 3)。

[0081] S 1 0 2 において収集条件を満足したと条件判定部 3 1 1 が判定したら、

装置管理コントローラ 215 では、診断部 315 が (S104) 以下に説明する演算処理を行う。

[0082] (S104) 診断部 315 は、まず、収集条件を満足した、すなわち配管温度または配管圧力のいずれかの値が変化したときの、配管 212E を流れるガスの飽和温度 T_{TH} を算出する。

[0083] 温度と蒸気圧との関係は、以下のアントワン式によって規定される。

[0084] [数1]

$$\log_{10} P = A - \frac{B}{T + C}$$

[0085] ここで、A、B、C は物質毎に決まる定数 (アントワン定数)、P は蒸気圧、T は温度である。

[0086] 本実施形態においては、下記の観点で、上記の式を変形して使用する。

(1) 指数計算の処理コストを低減するため、入力を圧力とし、飽和温度求める。

(2) 圧力は、理論値との乖離調整や絶対圧・蒸気圧変換のためのゲタを履かせる必要があるため、調整用の定数 D を用意する。

このような観点に基づく変形によって、下記のような飽和温度 T_{TH} を導出する式が得られる。

[0087] [数2]

$$T_{TH} = \frac{B}{A - \log_{10}(P + D)} - C$$

[0088] ここで、 T_{TH} は飽和温度、A、B はアントワン定数、C はアントワン定数と温度の調整値の和、D は圧力の調整値、P は監視対象の部位の配管圧力である。

[0089] つまり、診断部 315 は、配管温度または配管圧力のいずれかの値が変化したときに、そのときの配管圧力に基づき、上記の式を用いて監視対象の部位を流れるガスの飽和温度 T_{TH} を算出する。

- [0090] 飽和温度 T_{TH} を算出したら、続いて、診断部 315 は、算出した飽和温度 T_{TH} と、配管温度または配管圧力のいずれかの値が変化したとき配管温度との差分を、飽和温度 T_{TH} からの外れ値 T_{Diff} として計算する。
- [0091] 診断部 315 は、その外れ値 T_{Diff} がマイナスであるか否か、すなわち外れ値 T_{Diff} がガスの液化条件に合致するものであるか否かを判断する (S105)。具体的には、取得した外れ値 T_{Diff} が蒸気圧曲線 (図9) における液化領域に該当するか否かを判断する。そして、液化領域に該当する外れ値 T_{Diff} については、液化条件に合致していると判断する。なお、液化条件に合致していなければ、監視対象となる配管温度および配管圧力を、次の周期まで待つ (S103)。
- [0092] (S106) 取得した外れ値 T_{Diff} が液化条件に合致していると、診断部 315 は、蒸気圧曲線の液化領域に該当する外れ値 T_{Diff} の個数の計数結果である外れ個数 F_{Count} について、「+1」の加算を行う。診断部 315 は、蒸気圧曲線の液化側に変化のあった配管温度を抽出し、カウントする。
- [0093] また、診断部 315 は、取得した外れ値 T_{Diff} が設定済の最大外れ値 T_{Out} よりも大きいのか否か、すなわち最大外れ値 T_{Out} を超える外れが生じているか否かを判断する (S107)。そして、最大外れ値 T_{Out} を超えていれば、その最大外れ値 T_{Out} を取得した外れ値 T_{Diff} で更新する (S108)。つまり、取得した外れ値 T_{Diff} の最大値を最大外れ値 T_{Out} とする。なお、最大外れ値 T_{Out} を超えていなければ、監視対象となる配管温度および配管圧力を、次の周期まで待つ (S103)。
- [0094] 以上のような演算処理を、診断部 315 は、バルブ 212D が開状態となった後の一定期間 (すなわち、所定の期間) が経過するまで (S109)、各周期で得た配管温度および配管圧力毎に (S110)、繰り返し行う。
- [0095] そして、バルブ 212D の開状態後の一定期間 (所定の期間) が経過したら、診断部 315 は、その所定の期間内における、蒸気圧曲線の液化領域に該当する外れ値 T_{Diff} (すなわち、該蒸気圧曲線によって規定される液化条件に合致する外れ値 T_{Diff}) の個数である外れ個数 F_{Count} と、外れ値 T_{Diff} の最大値

である最大外れ値 T_{Out} とを、ソフトセンサ値として出力する (S 1 1 1)。ソフトセンサ値の出力先は、主コントローラ 2 0 1 である。

[0096] ここで、具体的な監視例を図 9 に示す。図 9 に示す監視例では、所定の期間内に取得した複数の外れ値 T_{Diff} のうち (図中における黒丸印参照)、3 回分の外れ値 T_{Diff} が蒸気圧曲線の液化領域に突入している。これら 3 回分の外れ値 T_{Diff} は、所定圧力における蒸気圧曲線 (飽和温度) からの差分が、それぞれ 1 0 °C、5 0 °C、3 0 °C となっている。このような場合に、診断部 3 1 5 は、最大外れ値 $T_{Out} = 5 0 °C$ 、外れ回数 $F_{Count} = 3$ として、ソフトセンサ値の出力を行う。

[0097] (ソフトセンサ値の運用)

このように、最大外れ値 T_{Out} および外れ回数 F_{Count} をソフトセンサ値として出力すれば、そのソフトセンサ値について、以下に説明するように、目的に応じて使い分けて運用することが可能となる。

[0098] 例えば、最大外れ値 T_{Out} によれば、蒸気圧曲線からの実測温度の離れ距離を指標として数値化しているため、突発的に液化したような状態の変化を捉えることが可能である。また、監視対象の部位を流れるガスは、瞬間的に理論的な液化状態となっても、実際には直ちにボールパーティクルとして現れないことが多い。そこで、外れ回数 F_{Count} について、例えば、その累積値を管理指標とすることで、パーティクルとして現れる可能性が高い再液化の状況を捉えることが可能である。

[0099] また、例えば、液化領域に該当する外れ値 T_{Diff} が連続して発生した回数を外れ連続回数としてソフトセンサ値の一つに加えることができる。監視対象の装置データが連続して変化し、いずれの装置データの実測値と飽和温度 T_{th} の差がマイナスになり、明らかに気化されたガスの再液化現象が起きている場合に、累積値の閾値よりも前であっても異常 (配管温度の低下エラー) の発生を検知することができる。

[0100] (アントワン定数の選定)

ところで、ソフトセンサ値の出力に必要となる飽和温度 T_{TH} の算出は、上述

したように、A、B、C、Dのパラメータ（定数）を用いる。これらのうち、少なくともA、B、Cは、物質による定数であり、成膜に用いる液体原料が異なる場合は原料に応じた値に変更する必要がある。また、A、B、C、Dについては、配管表面と配管内の温度差や圧力、ゲージ圧か絶対圧であるか等の条件の違いにより、必要に応じて修正を行わなければならないこともあり得る。

[0101] このことから、装置管理コントローラ215は、監視対象の部位を流れるガスの原料に応じて、少なくとも定数A、B、Cについて、好ましくは定数A、B、C、Dの全てについて、選定し得るように構成されている。また、装置管理コントローラ215は、監視対象の部位の設定箇所に応じて、定数A、B、C、Dを選定し得るものであってもよい。

[0102] 具体的には、定数A、B、C、Dについて、監視対象の部位毎に選定し得るようにする。これを実現するために、装置管理コントローラ215は、図10に示すように、アントワン定数管理テーブルと、監視対象の部位毎の条件設定テーブルと、を用意しておく。アントワン定数管理テーブルは、原料毎のアントワン定数値をテーブル形式で保持するもので、例えば、予め記憶部215dに記憶保持させておく。

[0103] そして、ソフトセンサ値の算出開始に際して、装置管理コントローラ215は、アントワン定数管理テーブルおよび監視対象の部位毎の条件設定テーブルを画面表示して、監視対象の部位毎に適用する定数A、B、C、Dをアントワン定数管理テーブルの中から選定させ、選定された定数A、B、C、Dを監視対象の部位毎の条件設定テーブルにおける該当箇所に設定する。このようにして設定されたテーブル上の条件を参照しつつ、装置管理コントローラ215は、ソフトセンサ値の算出を行うことになる。

[0104] このようにすれば、監視対象の部位毎に、その部位を流れるガスの原料に応じて、定数A、B、C、Dを適切に選定することが可能となる。

[0105] なお、ここでは、アントワン定数を例に挙げたが、温度補正自体または圧力補正自体を別の理論化学式に基づいて決定することができるようにしても

よい。

[0106] (監視アクション処理)

装置管理コントローラ 215 がソフトセンサ値を算出して出力すると、そのソフトセンサ値を利用して、以下に説明する監視アクション処理を行うことが可能となる。

[0107] 監視アクション処理としては、大別すると、アラーム通知処理と、自動メンテナンスレシピ実行処理と、がある。

[0108] (アラーム通知処理)

装置管理コントローラ 215 は、ソフトセンサ値を算出すると、そのソフトセンサ値を構成する外れ個数 F_{Count} と最大外れ値 T_{Out} のうちのいずれか一つを所定の閾値と比較して、監視対象の部位となった配管内におけるガスの液化状態を判定する。そして、閾値を超えた場合、配管内のガスが液化しているおそれがあることから、アラームを発生させて、そのことを報知する。

[0109] 例えば、装置管理コントローラ 215 は、突発的に液化したような状態の変化を捉えることが可能な最大外れ値 T_{Out} を閾値管理し、閾値を超える最大外れ値 T_{Out} となった場合に、配管内のガスが液化しているおそれがあると判定する。そして、装置管理コントローラ 215 は、主コントローラ 201 に対するアラーム発生を行う。これを受けて、主コントローラ 201 が操作表示部 227 を通じてアラーム出力を行うことで、操作者等は、装置 1 の状況確認を行うことができ、必要に応じてメンテナンスを行う等の所定のエラー処理を行うことが可能となる。なお、アラームの具体的な態様については、特に限定されるものではない。

[0110] 閾値管理は、外れ個数 F_{Count} について行ってもよい。その場合には、例えば、外れ個数 F_{Count} の累積値を管理し、その累積値が閾値（一定量）を超えたら、アラーム出力を行うようにする、このようにすれば、パーティクルとして現れる可能性が高い再液化の状況に関して、適切に対応することが可能となる。

[0111] (自動メンテナンスレシピ実行処理)

装置管理コントローラ 215 から出力されるソフトセンサ値を受け取ると、主コントローラ 201 は、そのソフトセンサ値に含まれる外れ個数 F_{Count} を用いて、以下のような処理を行う。

- [0112] 主コントローラ 201 では、例えば、図 11 および図 12 に示すようなアクション定義テーブルを予め記憶保持している。アクション定義テーブルは、監視対象の部位と、その部位についてのソフトセンサ値（特に外れ個数 F_{Count} ）と、その部位に対して行うべきアクションを指定するレシピと、を互いにリンク（関連付け）させるものである。
- [0113] そして、装置管理コントローラ 215 から監視対象の部位毎の外れ個数 F_{Count} を含むソフトセンサ値を受け取ると、主コントローラ 201 は、アクション定義テーブルにおける外れ個数 F_{Count} の累積値に、通知された外れ個数 F_{Count} を加算する。累積値を更新したら、主コントローラ 201 は、その更新後の累積値を、アクション定義テーブルに登録された閾値と比較する。
- [0114] 図 11 に示す例では、累積値が 998 個だったところ、その状態で該当箇所につき新たに外れ個数 F_{Count} が 3 個である旨が通知されたので、その +3 個分を加算して、累積値に 3 を加算して、外れ個数を 1001 個に更新した状態を表している。また、累積値が増えたことにより、アクション定義テーブルに登録された閾値である 1000 個を超えてしまった状態を表している。
- [0115] このように、ある監視対象の部位について、外れ個数 F_{Count} の累積値が閾値を上回ったときに、主コントローラ 201 は、現在実行中のプロセスレシピの終了後に、その部位に対して、アクション定義テーブルに登録されたメンテナンスレシピを実行させる。
- [0116] 具体的には、図 12 に示すように、例えば、監視対象の部位の一つであるタンク出口において、外れ個数 F_{Count} の累積値が閾値を上回ると、主コントローラ 201 は、その部位におけるガスの液化が検出されたと判定し、その場合に行うべきアクションを規定するメンテナンスレシピとして、アクション定義テーブルに登録されたクリーニングレシピを実行するように構成されている。そして、主コントローラ 201 は、クリーニングレシピの実行により

、監視対象の部位の一つであるタンク出口に対して、例えば、 N_2 ガス等の不活性ガスを流し、液化状態の原料（HCD等）を除去するように構成されている。なお、行うべきアクションを規定するメンテナンスレシピは、上述したようなクリーニングレシピに限定されるものではなく、予めアクション定義テーブルに登録されているものであれば、例えば部品（ポンプ）交換、保守レシピ実行等といったメンテナンス（他のアクション）を行わせるものであってもよい。

[0117] このようなアクションを行えば、外れ個数 F_{Count} の累積値が閾値を超えた場合であっても、基板18にボールパーティクルを付着させないように、自動的にアクション定義テーブルに登録されたメンテナンスレシピを実行させることが可能となる。

[0118] アクションを行った後、主コントローラ201は、そのアクションを行った部位についてのアクション定義テーブルの累積値をゼロリセットする。つまり、主コントローラ201は、メンテナンスレシピの実行後、アクション定義テーブルにおける該当の累積値を初期化する。これにより、再びガスが液化し得る状況になった場合であっても、これに適切に対応することが可能となる。

[0119] なお、ここでは、外れ個数 F_{Count} についての管理の具体例として累積値を利用する場合を説明したが、これに限定されることはなく、以下のような態様の管理を行ってもよい。例えば、上述したように累積値で管理するのではなく、1回でも外れ個数 F_{Count} が発生した場合に、アクション定義テーブルで規定されるアクションを実行するようにしてもよい。また、例えば、液化領域に該当する外れ値 T_{Diff} が連続して発生した回数を連続回数としてアクション定義テーブルに保持しておき、その連続回数の累積値のみが増加し続けた場合に、アクション定義テーブルで規定されるアクションを実行するようにしてもよい。

[0120] また、外れ個数 F_{Count} の累積値が閾値（一定量）を超えるとメンテナンスレシピを実行させる場合を説明したが、例えば、主コントローラ201は、累

積値が一定量を超えた場合に装置データDD（監視対象の部位についての配管温度および配管圧力を含む）の装置管理コントローラ215への出力を行うようにしてもよい。

[0121] (4) 本実施形態による効果

本実施形態によれば、以下に示す1つまたは複数の効果が得られる。

[0122] 本実施形態によれば、ボールパーティクル等のパーティクルを発生させる要因である配管内の異常を定量的に表現し、その数値の急激な変化や累積値を監視することで、基板処理装置における目に見えない異常状態を検出することを可能にする。

[0123] そのため、配管内が液化することにより、反応室29内に液化した原料が流れ込むことによるパーティクルの発生を捉えることができ、パーティクルが多く付着した基板18を後工程に流出させてしまうのを未然に防ぐことができる。

[0124] つまり、本実施形態によれば、配管内におけるガスの液化状態を迅速かつ的確に察知して、ガスの液化に起因するトラブル発生を未然に回避することが可能になる。

[0125] <他の実施形態>

以上、本発明の一実施形態およびその変形例について具体的に説明したが、本発明は上述の実施形態または変形例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。

[0126] 上述の実施形態または変形例では、主に、半導体製造工程で用いられる基板処理装置および半導体装置の製造方法について説明したが、本発明がこれらに限定されることはなく、例えば、液晶表示(LCD)装置のようなガラス基板を処理する基板処理装置およびその製造方法にも適用可能である。

[0127] また、成膜工程については、液体原料を気化した状態で処理炉28内の処理室(反応室)29に供給して基板(ウエハ)18の面上への成膜を行うものであればよく、成膜する膜種が特に限定されることはない。

[0128] また、成膜工程で行う成膜処理には、例えば、CVD(chemical

vapor deposition)、PVD (Physical Vapor Deposition)、酸化膜、窒化膜を形成する処理、金属を含む膜を形成する処理等を含む。

[0129] また、上述の実施形態または変形例では、成膜処理を行う基板処理装置および半導体装置の製造方法について説明したが、本発明がこれらに限定されることはなく、例えば、他の基板処理装置（露光装置、リソグラフィ装置、塗布装置、プラズマを利用したCVD装置等）にも適用できる。

符号の説明

[0130] 1…基板処理装置、18…基板（ウエハ）、29…処理室（反応室）、200…制御システム、201…主コントローラ、212c…ガス流量コントローラ（MFC）、212D…バルブ、215…装置管理コントローラ、DD…装置データ、PG1…圧力センサ、TG1…温度センサ

請求の範囲

- [請求項1] ガスを供給する手順と前記ガスをパージする手順とを少なくとも含むプロセスレシピを実行して基板を処理する主制御部と、
前記主制御部から送信される装置データを収集する制御部と、
を備える基板処理装置であって、
前記制御部は、
前記プロセスレシピの実行中に、前記装置データのうち、前記ガスの流路となる配管における監視対象の部位についての配管温度および配管圧力を収集しつつ、前記配管温度または前記配管圧力のいずれかの値が変化したときに、
前記配管圧力に対する飽和温度を算出し、前記飽和温度と前記配管温度との差分を外れ値として計算し、
前記ガスの原料に応じて決められている蒸気圧曲線の液化領域に該当する前記外れ値を抽出し、
所定の期間内における、前記蒸気圧曲線の液化領域に該当する前記外れ値の個数である外れ個数と、前記外れ値の最大値である最大外れ値と、を前記主制御部に出力するように構成されている、
基板処理装置。
- [請求項2] 前記制御部は、前記外れ個数および前記最大外れ値のうち少なくとも一つを所定の閾値と比較して、前記閾値を超えた場合にアラームを発生させて所定のエラー処理を行うように構成されている、
請求項1に記載の基板処理装置。
- [請求項3] 前記制御部は、前記監視対象の部位の前後に設けられるバルブが開状態であれば、前記外れ値の計算を行うように構成されている、
請求項1に記載の基板処理装置。
- [請求項4] 前記制御部は、前記飽和温度の算出を、以下の式により行うように構成されている、
請求項1に記載の基板処理装置。

[数3]

$$T_{TH} = \frac{B}{A - \log_{10}(P + D)} - C$$

ここで、 T_{TH} は前記飽和温度、 A 、 B はアントワン定数、 C はアントワン定数と温度の調整値の和、 D は圧力の調整値、 P は前記配管圧力である。

[請求項5] 前記制御部は、前記最大外れ値と、前記外れ個数とを、ソフトセンサ値として前記主制御部に出力するよう構成されている、

請求項1に記載の基板処理装置。

[請求項6] 前記主制御部は、前記最大外れ値および前記外れ個数を含む前記ソフトセンサ値を前記制御部から取得して、前記外れ個数の累積値を管理し、前記累積値が一定量を超えた場合に前記配管温度および前記配管圧力の前記制御部への出力を行うように構成されている、

請求項5に記載の基板処理装置。

[請求項7] 前記主制御部は、予め記憶保持されているアクション定義テーブルに従い、前記外れ個数の累積値が一定量を超えた場合に、メンテナンスレシピを実行するように構成されている、

請求項6に記載の基板処理装置。

[請求項8] 前記制御部は、前記監視対象の部位毎に、前記外れ個数を前記主制御部に通知するように構成されており、

前記主制御部は、予め記憶保持されているアクション定義テーブルにおける前記外れ個数の累積値に、通知された前記外れ個数を加算するように構成されている、

請求項1に記載の基板処理装置。

[請求項9] 前記主制御部は、前記アクション定義テーブルに予め登録された閾値と前記外れ個数の累積値を比較し、前記閾値よりも前記累積値が上回ったときに、現在実行中のレシピの終了後に前記アクション定義テーブルに登録されたメンテナンスレシピを実行するよう構成されてい

る、

請求項 8 に記載の基板処理装置。

[請求項10] 前記主制御部は、前記メンテナンスレシピの実行後、前記累積値を初期化するように構成されている、

請求項 9 に記載の基板処理装置。

[請求項11] 前記制御部は、前記配管温度と前記飽和温度の差がマイナスになる条件を抽出するように構成されている

請求項 1 に記載の基板処理装置。

[請求項12] 前記制御部は、前記ガスの原料に応じて、定数 A, B, C を設定するように構成されている、

請求項 4 に記載の基板処理装置。

[請求項13] ガスを供給する手順と前記ガスをパージする手順とを少なくとも含むプロセスレシピを実行して基板を処理する基板処理工程を有する半導体装置の製造方法であって、

前記基板処理工程では、

前記プロセスレシピを実行中に、前記ガスの流路となる配管における監視対象の部位についての配管温度および配管圧力を収集しつつ、前記配管温度または前記配管圧力のいずれかの値が変化したときに、前記配管圧力に対する飽和温度を算出する工程と、

前記飽和温度と前記配管温度との差分を外れ値として計算する工程と、

前記前記ガスの原料に応じて決められている蒸気圧曲線の液化領域に該当する前記外れ値を抽出する工程と、

所定の期間内における、前記蒸気圧曲線の液化領域に該当する前記外れ値の個数である外れ個数と、前記外れ値の最大値である最大外れ値と、を出力する工程と、

を有する半導体装置の製造方法。

[請求項14] ガスを供給する手順と前記ガスをパージする手順とを少なくとも含

むプロセスレシピを実行して基板を処理する手順と、

前記ガスの流路となる配管における監視対象の部位についての配管温度および配管圧力を収集しつつ、前記配管温度または前記配管圧力のいずれかの値が変化したときに、前記配管圧力に対する飽和温度を算出する手順と、

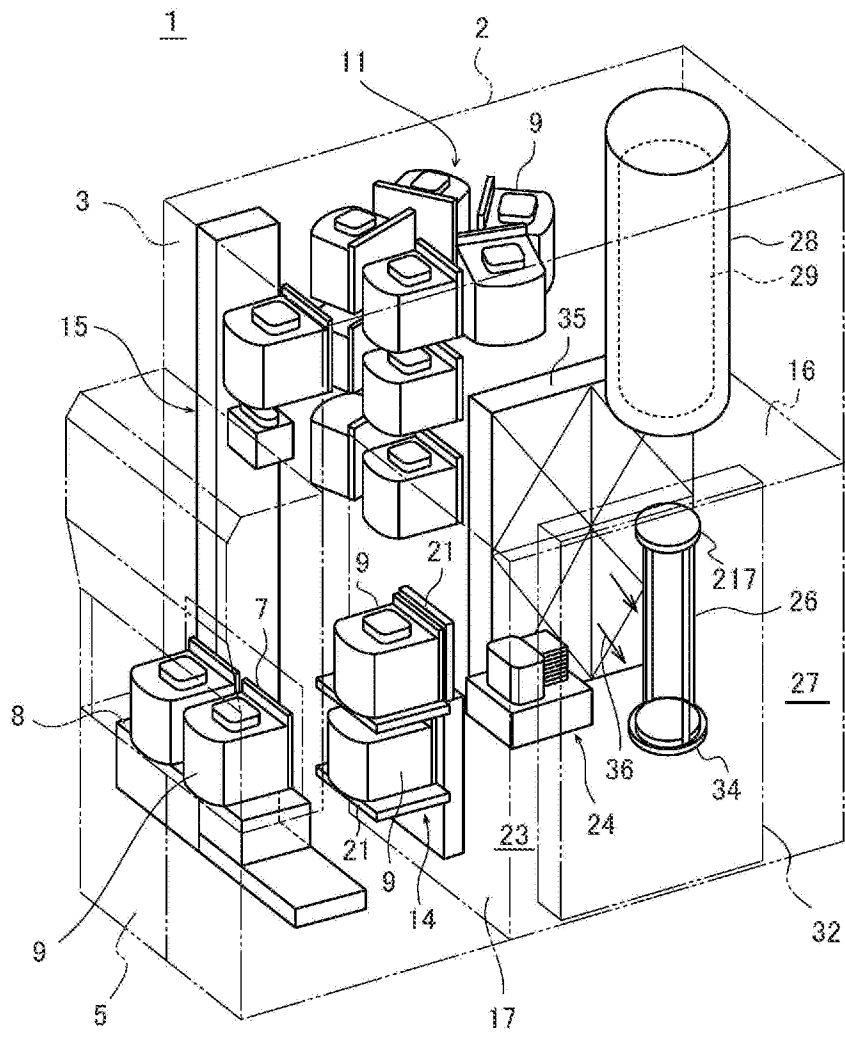
前記飽和温度と前記配管温度との差分を外れ値として計算する手順と、

前記前記ガスの原料に応じて決められている蒸気圧曲線の液化領域に該当する前記外れ値を抽出する手順と、

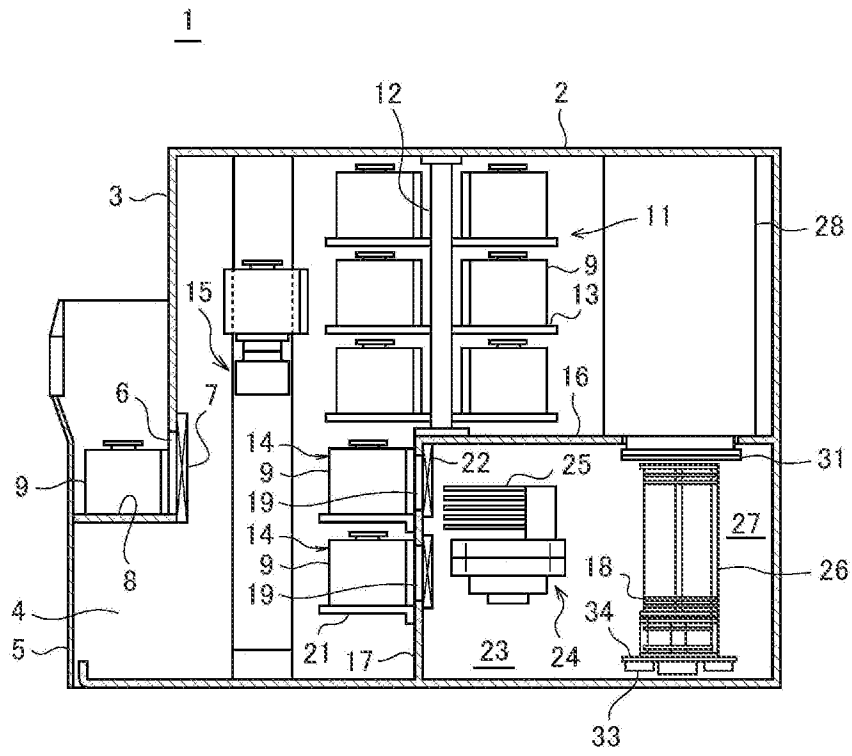
所定の期間内における、前記蒸気圧曲線の液化領域に該当する前記外れ値の個数である外れ個数と、前記外れ値の最大値である最大外れ値と、を出力する手順と、

をコンピュータを介して基板処理装置に実行させるプログラム。

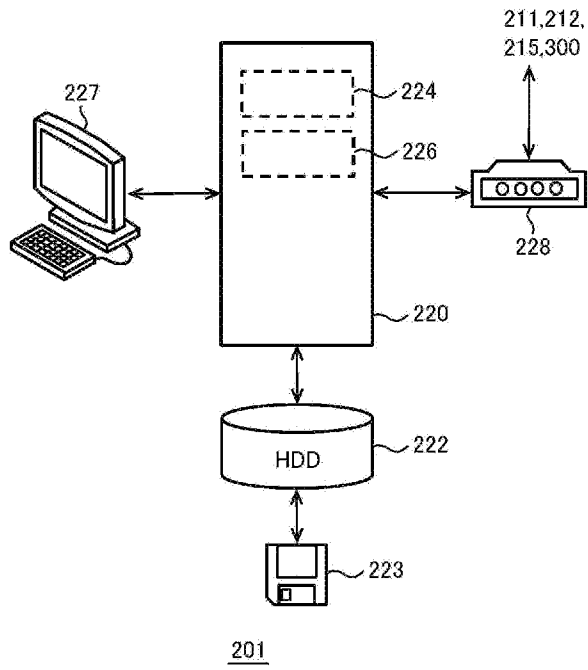
[図1]



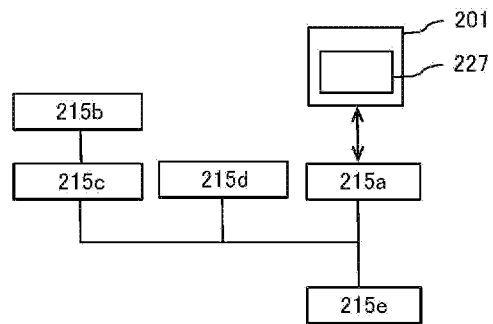
[図2]



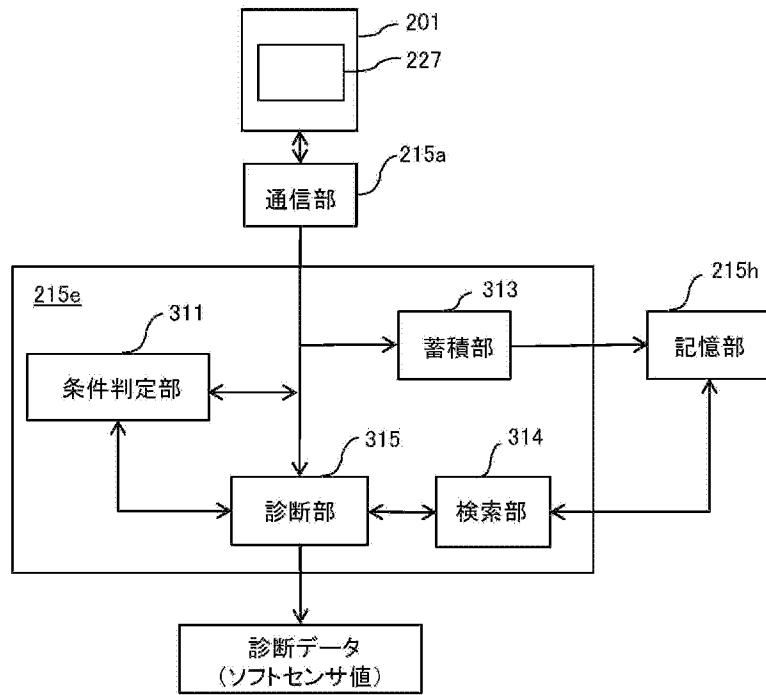
[図4]



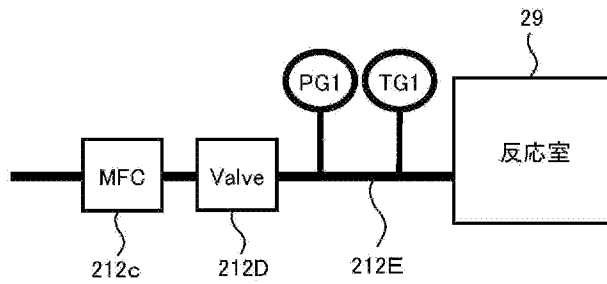
[図5]



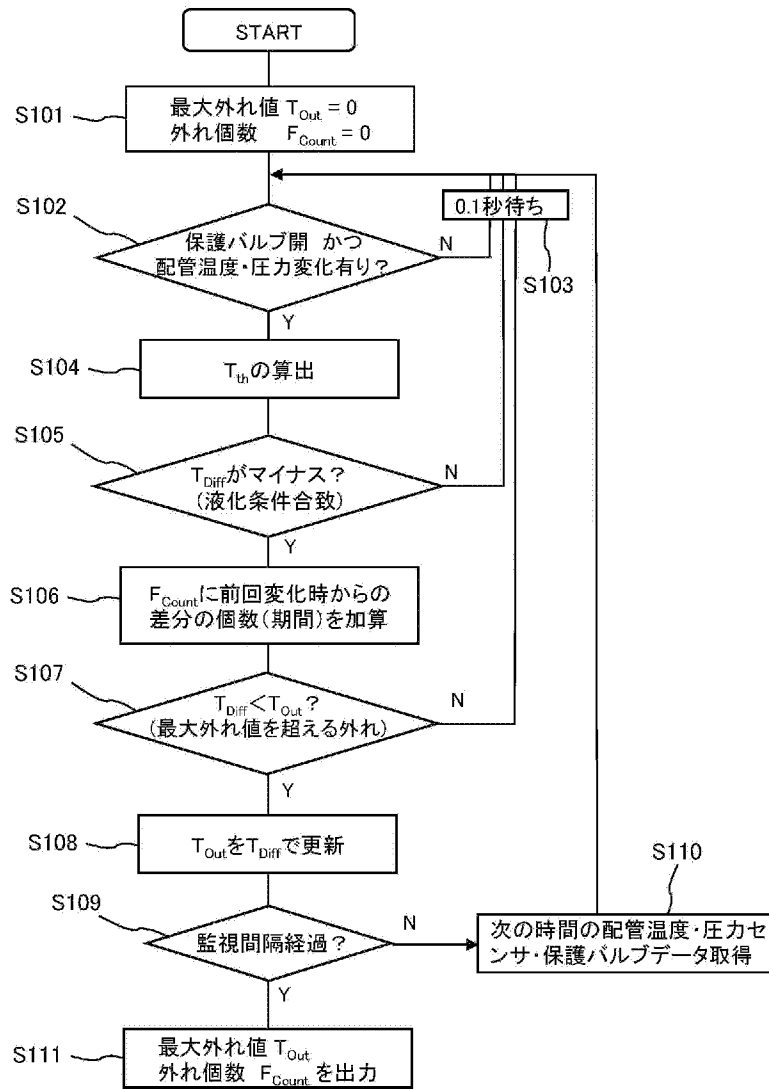
[図6]



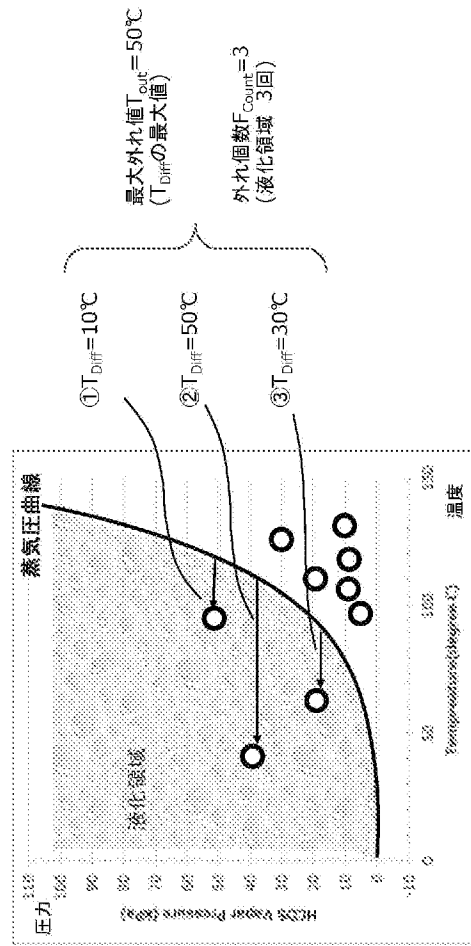
[図7]



[図8]



[図9]



[10]

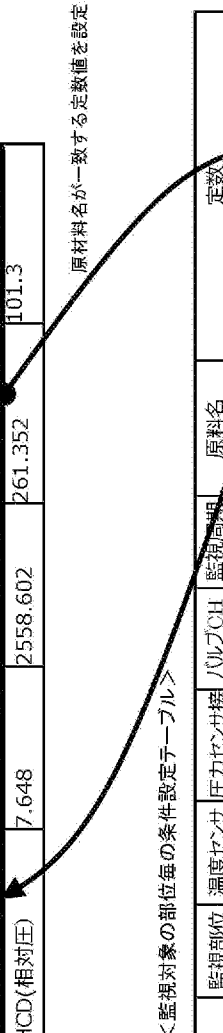
<アントワン定数管理テーブル>

原料名	アントワン定数値			
	A	B	C	D
水(絶対圧)	7.152	1705.616	231.405	0
水(相対圧計)	7.152	1705.616	231.405	101.3
HCD(絶対圧)	7.648	2558.602	261.352	0
HCD(相対圧)	7.648	2558.602	261.352	101.3

原材料名が一致する定数値を設定

<監視対象の部位毎の条件設定テーブル>

#	監視部位	温度センサ 接続CH	圧力センサ接 続CH	バルブCH	監視周知	原料名	定数			
							A	B	C	D
1	タンク出口	CH1	CH45	AV36	3分	HCD(絶対圧)	7.648	2558.602	261.352	0
2	供給部 1	CH32	CH65	AV56	3分	HCD(相対圧)	7.648	2558.602	261.352	101.3



[図11]

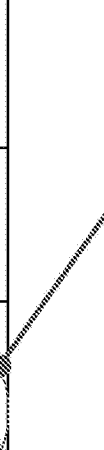
<ノブトセンサ値>

#	時刻	外れ個数	ポンプ手前
1	4/12 8:15	タンク出口 3個	供給部 30個 25個

<アクション定義テーブル>

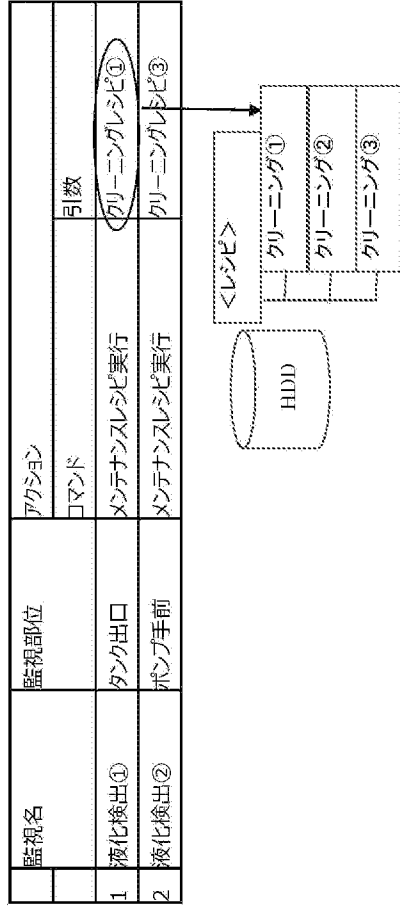
#	監視名	監視部位	アクション	外れ個数管理
1	濃化検出①	タンク出口	メンテナンスレジビ実行	引数 クリーニングレジビ①
			コマンド	累積値 998 → 1001
				累積閾値 1000

+3個



[図12]

<アクション定義テーブル>



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/034764

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 Int. Cl. H01L21/31 (2006.01) i, C23C16/455 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 Int. Cl. H01L21/31, C23C16/455

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-357300 A (THE BOC GROUP, INC.) 13 December 2002, paragraphs [0002], [0008]-[0032], fig. 1-7 & US 2002/0144542 A1, paragraphs [0002], [0017]-[0055] & EP 1248100 A2 & TW 567311 B & KR 10-2002-0079494 A	1-14
Y	JP 2012-216697 A (HITACHI KOKUSAI ELECTRIC INC.) 08 November 2012, paragraphs [0005]-[0007], [0052]-[0054], [0056]-[0117], fig. 3, 4, 8-10 & US 2012/0253724 A1, paragraphs [0006]-[0008], [0069]-[0071], [0073]-[0135] & TW 201246116 A	1-14
Y	JP 2009-295906 A (HITACHI KOKUSAI ELECTRIC INC.) 17 December 2009, paragraphs [0003], [0004], [0030]-[0052], fig. 4-7 (Family: none)	1-14

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 26.11.2018	Date of mailing of the international search report 04.12.2018
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/034764

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2016-207768 A (TOKYO ELECTRON LTD., IMEC) 08 December 2016, paragraph [0055], fig. 10 & US 2016/0307732 A1, paragraphs [0063], [0064] & EP 3086358 A1 & KR 10-2016-0124678 A & CN 106067410 A & TW 201705272 A	4, 12
Y	JP 08-188495 A (HITACHI, LTD.) 23 July 1996, paragraphs [0017]-[0025] (Family: none)	7-10
Y	JP 2013-048186 A (TOKYO ELECTRON LTD.) 07 March 2013, paragraphs [0055]-[0065], fig. 5, 6 (Family: none)	7-10
A	JP 11-063400 A (FUJIKIN KK, TOKYO ELECTRON LTD.) 05 March 1999, entire text, all drawings (Family: none)	1-14
A	JP 2017-194951 A (HITACHI KOKUSAI ELECTRIC INC.) 26 October 2017, entire text, all drawings & US 2017/0300044 A1 & CN 107305855 A & KR 10-2017-0119620 A	1-14

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L21/31(2006.01)i, C23C16/455(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L21/31, C23C16/455

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2002-357300 A (ザ・ビーオーシー・グループ・インコーポレーテッド) 2002.12.13, 段落[0002], [0008]-[0032], 図1-7 & US 2002/0144542 A1, 段落[0002], [0017]-[0055] & EP 1248100 A2 & TW 567311 B & KR 10-2002-0079494 A	1-14
Y	JP 2012-216697 A (株式会社日立国際電気) 2012.11.08, 段落[0005]-[0007], [0052]-[0054], [0056]-[0117], 図3, 4, 8-10 & US 2012/0253724 A1, 段落[0006]-[0008], [0069]-[0071], [0073]-[0135] & TW 201246116 A	1-14

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
- 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
- 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
- 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
- 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
- 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
- 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
- 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

26.11.2018

国際調査報告の発送日

04.12.2018

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
長谷川 直也

50 4549

電話番号 03-3581-1101 内線 3559

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2009-295906 A (株式会社日立国際電気) 2009.12.17, 段落[0003]-[0004], [0030]-[0052], 図 4-7 (ファミリーなし)	1-14
Y	JP 2016-207768 A (東京エレクトロン株式会社, アイメック) 2016.12.08, 段落[0055], 図 10 & US 2016/0307732 A1, 段落[0063]-[0064] & EP 3086358 A1 & KR 10-2016-0124678 A & CN 106067410 A & TW 201705272 A	4, 12
Y	JP 08-188495 A (株式会社日立製作所) 1996.07.23, 段落[0017]-[0025] (ファミリーなし)	7-10
Y	JP 2013-048186 A (東京エレクトロン株式会社) 2013.03.07, 段落[0055]-[0065], 図 5, 6 (ファミリーなし)	7-10
A	JP 11-063400 A (株式会社フジキン, 東京エレクトロン株式会社) 1999.03.05, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-14
A	JP 2017-194951 A (株式会社日立国際電気) 2017.10.26, 全文, 全図 & US 2017/0300044 A1 & CN 107305855 A & KR 10-2017-0119620 A	1-14