

(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
2012 年 12 月 6 日(06.12.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/165174 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/205 (2006.01) *H01L 21/31* (2006.01)
C23C 16/46 (2006.01) *H05B 3/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/062770
- (22) 国際出願日: 2012 年 5 月 18 日(18.05.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-123145 2011 年 6 月 1 日(01.06.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について):
シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA)
[JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町
2 2 番 2 2 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 今中 崇雄
(IMANAKA, Takao). 坂上 英和 (SAKAGAMI,
Hidekazu).
- (74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所 (Fukami
Patent Office, p.c.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中

之島二丁目 2 番 7 号 中之島セントラルタワー
Osaka (JP).

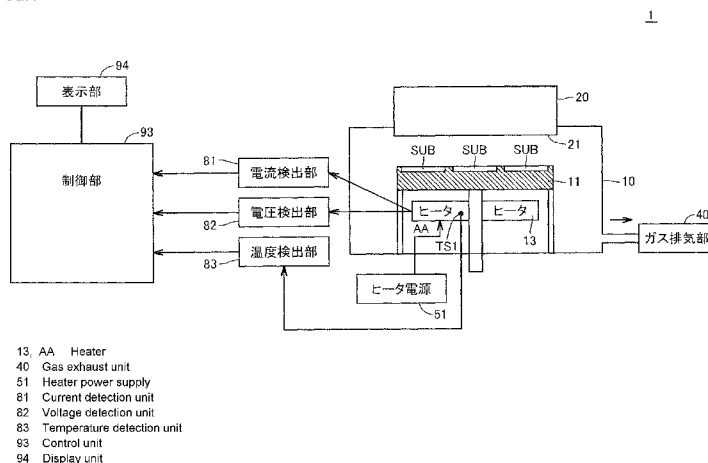
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR DETECTING DEGRADATION OF RESISTANCE HEATING HEATER

(54) 発明の名称: 抵抗加熱ヒータの劣化検出装置および方法

【図1】
FIG.1



(57) Abstract: In a device for detecting the degradation of a resistance heating heater (13), a control unit (93) determines a linear equation representing the relationship between the temperature of the resistance heating heater and the resistance value of the resistance heating heater at least on the basis of the current and voltage values of the resistance heating heater detected when the temperature of the activated resistance heating heater is a first temperature and the current and voltage values of the resistance heating heater detected when the temperature of the activated resistance heating heater is a second temperature different from the first temperature. The control unit calculates a first resistance value by applying, to the linear equation, the temperature of the activated resistance heating heater detected at a determination time after determining the linear equation and calculates a second resistance value from the current and voltage values of the activated resistance heating heater detected at the determination time. The control unit then determines that the resistance heating heater has degraded when the deviation between the first resistance value and the second resistance value or the ratio of the second resistance value to the first resistance value exceeds a threshold value.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/165174 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

抵抗加熱ヒータ（13）の劣化検出装置において、制御部（93）は、通電中の抵抗加熱ヒータの温度が第1の温度のときに検出された抵抗加熱ヒータの電流値および電圧値と、通電中の抵抗加熱ヒータの温度が第1の温度と異なる第2の温度のときに検出された抵抗加熱ヒータの電流値および電圧値とに少なくとも基づいて、抵抗加熱ヒータの温度と抵抗加熱ヒータの抵抗値との間の関係を表わす直線式を決定する。制御部は、この直線式を決定した後である判定時に検出された通電中の抵抗加熱ヒータの温度を、この直線式に当てはめることによって第1の抵抗値を算出し、上記の判定時に検出された通電中の抵抗加熱ヒータの電流値および電圧値から第2の抵抗値を算出する。そして、制御部は、第1の抵抗値と第2の抵抗値との偏差または第1の抵抗値に対する第2の抵抗値の比が閾値を超えたとき抵抗加熱ヒータが劣化したと判定する。

明 細 書

発明の名称：抵抗加熱ヒータの劣化検出装置および方法

技術分野

[0001] この発明は、抵抗加熱ヒータの劣化検出装置および方法に関し、特に結晶成長装置などの半導体製造装置に用いられる抵抗加熱ヒータの劣化検出装置および方法に関する。

背景技術

[0002] 抵抗加熱ヒータは均一な加熱に適しており、MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 装置などの結晶成長装置における基板加熱にしばしば用いられる。結晶成長装置用の抵抗加熱ヒータの材料として、たとえば、強度や耐酸化性に優れたニケイ化モリブデンが代表的である。

[0003] 抵抗加熱ヒータは、使用に伴って日々劣化していく。MOCVD装置の場合に抵抗加熱ヒータが劣化する原因は、サセプタから下方へ流れ込むガスの中の原料ガスが、高温のヒータと反応し、ヒータを腐食させるためである。

[0004] ヒータが劣化すると、最悪の場合にはヒータの断線に至る。突然ヒータが断線すると、ヒータ交換作業のみならず、新たに取付けたヒータを脱ガス処理したり、ヒータに供給する電力と基板温度との関係を再測定したりする作業が必要になる。このような作業が突然生じると生産計画が守れなくなるおそれが生じる。

[0005] 生産計画に影響しないようにするためには、抵抗加熱ヒータの劣化の程度を検出して、ヒータの交換時期を予測できることが望ましい。抵抗加熱ヒータの劣化検出装置の一例として、たとえば、特開2004-319953号公報（特許文献1）に記載された装置が知られている。

[0006] この文献に記載された劣化検出装置は、電流検出手段、電圧検出手段、温度検出手段、テーブルメモリ、およびCPUを含む。電流検出手段は、商用電源によって加熱されたヒータに流れる電流のレベルを検出する。電圧検出手段は、ヒータに印加される電圧のレベルを検出する。温度検出手段は、ヒ

ータ温度を検出する。テーブルメモリは、ヒータの製造時の抵抗を算出するための抵抗温度係数を記憶してある。CPUは、電圧検出手段および電流検出手段による各検出結果に基づいてヒータの検査時の抵抗を算出するとともに、温度検出手段の検出結果とテーブルメモリに記憶してある抵抗温度係数とに基づいてヒータの基準時の抵抗を算出し、ヒータの検査時の抵抗とヒータの基準時の抵抗とに基づいてヒータの劣化の程度を割り出す。ここで、テーブルメモリは、この文献の図3に記載されるように、ヒータの固有の識別番号と、ヒータの抵抗温度係数と、ヒータの長さと、ヒータの断面積と、ヒータの基準時の抵抗、たとえば製造時の基準抵抗とを一組で記憶してあるメモリである。抵抗温度係数は、同図の場合には、20℃、850℃、1000℃に対する値が記憶されている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2004-319953号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 抵抗加熱ヒータに用いられるニケイ化モリブデンなどの抵抗値は、常温で非常に小さく高温になると大きくなるというように、温度依存性がある。このため、上記の特許文献のように基準時のヒータの抵抗値と検査時のヒータの抵抗値との比較によって劣化判定を行なう場合には、基準時のヒータの温度と検査時の抵抗の温度とを同一にする必要がある。上記の特許文献の場合には、複数の温度に対応して抵抗温度係数が予めテーブルメモリに記憶され、この係数を用いて、基準時の温度が検査時の温度に等しくなるように基準時の抵抗値が換算される。

[0009] ところで、結晶成長装置に用いられる抵抗加熱ヒータの劣化判定は、効率上は、結晶成長中に行なわれるのが望ましい。しかしながら、結晶成長中のヒータ温度は、原料ガスの成分や基板上に製膜される材料の膜厚などによっ

て変化し、一定には定まらない。このため、結晶成長中にヒータの劣化判定を行なおうとすると、結晶成長中に取り得る全温度に対して、予め基準抵抗値（上記の特許文献の場合には抵抗温度係数）を検出しておく必要があり、煩雑である。

[0010] したがって、この発明の目的は、抵抗加熱ヒータの劣化判定を従来よりも簡便に行なうことができる劣化判定装置および方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0011] この発明は、一局面において、抵抗加熱ヒータの劣化検出装置であって、抵抗加熱ヒータに流れる電流を検出する電流検出部と、抵抗加熱ヒータにかかる電圧を検出する電圧検出部と、抵抗加熱ヒータの温度を検出する温度検出部と、制御部とを備える。制御部は、通電中の抵抗加熱ヒータの温度が第1の温度のときに検出された抵抗加熱ヒータの電流値および電圧値と、通電中の抵抗加熱ヒータの温度が第1の温度と異なる第2の温度のときに検出された抵抗加熱ヒータの電流値および電圧値とに少なくとも基づいて、抵抗加熱ヒータの温度と抵抗加熱ヒータの抵抗値との間の関係を表わす直線式を決定する。制御部は、この直線式を決定した後である判定時に検出された通電中の抵抗加熱ヒータの温度を、この直線式に当てはめることによって第1の抵抗値を算出し、上記の判定時に検出された通電中の抵抗加熱ヒータの電流値および電圧値から第2の抵抗値を算出する。そして、制御部は、第1の抵抗値と第2の抵抗値との偏差または第1の抵抗値に対する第2の抵抗値の比が閾値を超えたとき抵抗加熱ヒータが劣化したと判定する。

[0012] 好ましくは、抵抗加熱ヒータは、結晶成長用の基板加熱に用いられる。上記の判定時は、結晶成長中の時間帯に含まれる。

[0013] 好ましくは、結晶成長中の抵抗加熱ヒータの温度は、上記の第1の温度と第2の温度との間に含まれる。

[0014] 好ましくは、上記の閾値は、判定時の抵抗加熱ヒータの温度によらず一定の値である。

この発明は他の局面において、抵抗加熱ヒータの劣化検出方法であって、

通電中の抵抗加熱ヒータの温度が第１の温度のときに抵抗加熱ヒータの電流値および電圧値を検出するステップと、通電中の抵抗加熱ヒータの温度が第１の温度と異なる第２の温度のときに抵抗加熱ヒータの電流値および電圧値とを検出するステップと、第１および第２の温度のときに検出された抵抗加熱ヒータの電流値および電圧値に少なくとも基づいて、抵抗加熱ヒータの温度と抵抗加熱ヒータの抵抗値との間の関係を表わす直線式を決定するステップと、この直線式を決定した後である判定時に、通電中の抵抗加熱ヒータの電流値、電圧値および温度を検出するステップと、この判定時に検出された抵抗加熱ヒータの温度を上記の直線式に当てはめることによって第１の抵抗値を算出するステップと、上記の判定時に検出された抵抗加熱ヒータの電流値および電圧値から第２の抵抗値を算出するステップと、第１の抵抗値と第２の抵抗値との偏差または第１の抵抗値に対する第２の抵抗値の比が閾値を超えたとき抵抗加熱ヒータが劣化したと判定するステップとを備える。

発明の効果

[0015] この発明によれば、抵抗加熱ヒータの温度と抵抗加熱ヒータの抵抗値との間の関係を表わす直線式を決定し、判定時に検出された抵抗加熱ヒータの温度をこの直線式に当てはめることによって基準となる抵抗値を算出するので、抵抗加熱ヒータの劣化判定を従来よりも簡便に行なうことができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図１]この発明の実施の一形態によるヒータの劣化判定装置が適用される結晶成長装置１の構成を示す図である。

[図２]製膜回数とヒータ抵抗値との関係を示す図である。

[図３]製膜回数別のヒータ温度とヒータ抵抗値との関係を示す図である。

[図４]基準となる抵抗－温度特性を決定する手順を示すフローチャートである。

[図５]基準データの取得時における表示部９４の画面の一例を示す図である。

[図６]結晶成長時における図１の結晶成長装置１の動作の概略を示すフローチャートである。

[図7]表示部 9 4 に表示されるシステム・パラメータの入力画面の一例を示す図である。

[図8]ヒータ抵抗値と製膜回数との関係を示す図である。

[図9]表示部 9 4 に表示されるレシピ作成画面の一例を示す図である。

[図10]図 6 のステップ S 2 0 5 に示されたヒータの劣化判定手順を示すフローチャートである。

[図11]ヒータ温度とヒータの抵抗値との関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、この発明の実施の形態について図面を参照して詳しく説明する。なお、同一または相当する部分には同一の参照符号を付して、その説明を繰返さない。

[0018] [結晶成長装置の構成]

図 1 は、この発明の実施の一形態によるヒータの劣化判定装置が適用される結晶成長装置 1 の構成を示す図である。図 1 には MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 法による結晶成長装置 1 (MOCVD 装置 1 と記載する) の全体構成が示される。

[0019] 図 1 を参照して、MOCVD 装置 1 は、InGaAs (インジウムガリウム砒素)、InGaP (インジウムガリウムリン)、InGaN (窒化インジウムガリウム) などの III-V 族半導体結晶の薄膜を基板上に成長させるための装置である。MOCVD 装置 1 は、反応容器 10、サセプタ 11、ヒータ 13、ヒータ電源 51、シャワーヘッド 20、原料ガス供給源 (図示せず)、冷却ポンプ (図示せず)、ガス排気部 40、電流検出部 81、電圧検出部 82、温度センサ TS1、温度検出部 83、制御部 93、および表示部 94 を含む。

[0020] サセプタ 11 は、複数の基板 SUB を均熱保持するための載置台であり、反応容器内の中央付近に設けられる。基板 SUB の表面温度は、放射温度計 (図示せず) によって検出される。

[0021] サセプタ 11 の下方には、サセプタ 11 に載置された基板 SUB をサセプ

タ 1 1 を介して加熱するヒータ 1 3 が設けられる。ヒータ 1 3 として、ニケイ化モリブデンなどを用いた抵抗加熱ヒータが用いられる。反応容器 1 0 の外部には、ヒータ 1 3 に電力を供給するためのヒータ電源 5 1 が設けられる。

[0022] シャワーヘッド 2 0 は、サセプタ 1 1 に対向して基板 S U B の上部に設けられ、原料ガス供給源から供給されたIII族ガス（有機金属ガス）およびV族ガスを基板に均一に照射する。シャワーヘッド 2 0 の前面部 2 1 の温度がサセプタ 1 1 からの輻射熱によって上昇しないように、シャワーヘッド 2 0 は、冷却ポンプから供給された冷媒（たとえば、水）によって冷却される。結晶成長に用いられなかった余分の原料ガスなどはガス排気部 4 0 から排気される。

[0023] 温度センサ T S 1 は、たとえば熱電対であり、ヒータ 1 3 の温度測定のために設けられる。温度検出部 8 3 は、温度センサ T S 1 の出力に基づいてヒータ 1 3 の温度を検出する。温度検出部 8 3 の検出結果は、制御部 9 3 に出力される。

[0024] 電流検出部 8 1 および電圧検出部 8 2 は、通電中のヒータ 1 3 の電流および電圧をそれぞれ検出する。電流検出部 8 1 および電圧検出部 8 2 による検出結果は、制御部 9 3 に出力される。

[0025] 制御部 9 3 は、主制御機器としての P L C（Programmable Logic Controller）を含む。P L C は、予めプログラムされた手順（レシピと称する）に従って、M O C V D 装置 1 をシーケンス制御する。制御部 9 3 は、さらに、電流検出部 8 1、電圧検出部 8 2、および温度検出部 8 3 の検出結果に基づいてヒータ 1 3 の劣化判定を行なう。すなわち、制御部 9 3 は、抵抗加熱ヒータ 1 3 の劣化判定装置としても機能する。劣化判定用のプログラムは P L C 用の制御プログラムに組み込まれている。

[0026] 表示部 9 4 は、タッチパネルによって構成され、入力部も兼ねる。表示部 9 4 は、システム・パラメータやレシピなどを入力するためのユーザインタフェースとして機能する。

[0027] [劣化判定手順の概要]

制御部 93 によって実行される劣化判定手順は、この発明の発明者らによる次のような検討に基づいたものである。すなわち、発明者らの検討によれば、ヒータが切れるまでのヒータの抵抗値は、図 2 に示すように、製膜回数が増加するにつれて、ヒータの抵抗値が徐々に増加し、ヒータが切れる前では上昇カーブすることがわかった。

[0028] また、図 2 の製膜回数の 1 回目（ヒータ初期）、332 回目（ヒータ抵抗値の上昇カーブ開始時）、408 回目（ヒータ切れる直前）での、抵抗加熱ヒータの温度と抵抗加熱ヒータの抵抗値との間の関係を調べたところ、図 3 に示すように、製膜回数にかかわらずそれぞれ直線で近似できることがわかった。

[0029] さらに、どの温度でもヒータ初期の抵抗値とヒータが切れる直前の抵抗値との比または偏差は変わらないこともわかった。例えば、ヒータの温度 1100℃と 1150℃と 1200℃と 1250℃での、332 回目の抵抗値 ÷ 1 回目の抵抗値の値はすべて 1.08 で、408 回目の抵抗値 ÷ 1 回目の抵抗値の値はすべて 1.15 であった。

[0030] 上記の検討結果から、この実施の形態による劣化判定手順では、まず抵抗加熱ヒータの使用初期の状態で、ヒータの温度とヒータの抵抗値との間の関係を表わす基準となる直線式が決定される。その後の劣化判定時において、通電中のヒータの温度を、この直線式に当てはめることによって第 1 の抵抗値が算出され、この劣化判定時に検出された通電中のヒータの電流値および電圧値から第 2 の抵抗値が算出される。そして、第 1 の抵抗値と第 2 の抵抗値との偏差または第 1 の抵抗値に対する第 2 の抵抗値の比が閾値を超えたとき、抵抗加熱ヒータが劣化したと判定される。劣化判定に用いる閾値は、ヒータの温度によらず一定の値に設定できる。

[0031] [基準となる抵抗－温度特性の決定]

抵抗加熱ヒータ 13 について基準となる抵抗－温度特性を決定するために、基準温度および基準抵抗値の組（これらを併せて基準データと称する）を

取得する。この基準データの取得は、ヒータ 13 の交換直後など、ヒータ 13 が新品状態のときに行なわれる。基準データを取得するためには抵抗加熱ヒータに通電する必要があるが、結晶成長とは別に抵抗加熱ヒータに通電することによって基準データを取得してもよいし、結晶成長のために基板温度を昇温する際に基準データを取得してもよい。

[0032] 図 4 は、基準となる抵抗－温度特性を決定する手順を示すフローチャートである。図 4 では、結晶成長とは別に抵抗加熱ヒータに通電することによって基準データが取得される。

[0033] まず、ステップ S 101 で、制御部 93 の制御に従って、ヒータ電源 51 からヒータへの通電が開始される。

[0034] ヒータ 13 の温度が所定の設定温度になった後、測定開始を示す入力をユーザから受けると（ステップ S 102 で YES）、制御部 93 は、温度検出部 83、電流検出部 81、および電圧検出部 82 によって、ヒータ 13 の温度、電流値および電圧値を検出する（ステップ S 103）。

[0035] ヒータ 13 の温度、電流および電圧の測定は、ユーザの入力によらずに、制御部 93 の指令に基づいて行なわれるようにしてもよい。たとえば、ヒータ 13 の温度が所定の設定温度になってから所定の時間が経過したら、ヒータ 13 の温度、電流および電圧を測定するようにしてもよい。もしくは、ヒータ 13 の温度が所定の設定温度に到達した後、放射温度計によって測定される基板温度の面内分布が $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以内になったら、ヒータ 13 の温度、電流および電圧を測定するようにしてもよい。

[0036] 制御部 93 は、検出したヒータ 13 の電流値および電圧値を用いて、ヒータの抵抗値を算出する（ステップ S 104）。

[0037] 上記のステップ S 102～S 104 は、必要な数（少なくとも 2 個）の基準データ（ヒータの温度と抵抗値）が取得されるまで（すなわち、ステップ S 105 で YES となるまで）繰返される。新たな基準データを取得する際には、ヒータ 13 の設定温度（すなわち、ヒータ 13 への投入電力）が変更される（ステップ S 106）。

[0038] 基準データの取得が終了すると、制御部 93 は、ヒータ 13 の温度とヒータ 13 の抵抗値との相関を示す直線式、すなわち、

$$Y = aX + b \quad (\text{ただし、} X : \text{温度、} Y : \text{抵抗値})$$

…(1)

のパラメータ（係数） a 、 b を決定する。基準データとして、2つの温度 X_1 、 X_2 とそれぞれ対応する抵抗値 Y_1 、 Y_2 とが得られているときは、

$$a = (Y_1 - Y_2) / (X_1 - X_2)$$

…(2)

$$b = Y_1 - X_1 \cdot (Y_1 - Y_2) / (X_1 - X_2)$$

…(3)

によって、 a 、 b を求めることができる。3組以上の温度と抵抗値との関係が得られているときは、最小二乗法によって a 、 b を求めることができる。

[0039] 上記の基準温度 X_1 、 X_2 は、結晶成長温度の近傍となるように（たとえば、結晶成長温度が X_1 と X_2 との間に含まれるように）設定されるのが望ましい。抵抗加熱ヒータの抵抗値は通常、金属的な温度依存性（抵抗が温度にほぼ比例する関係）を示すが、 X_1 、 X_2 が製膜温度の近傍に設定されていれば、完全に直線的な関係であるとしても誤差は小さい。

[0040] 制御部 93 は、算出したパラメータ a 、 b を内蔵のメモリに記憶する（ステップ S108）。その後、ヒータ 13 への通電が停止されて処理が終了する（S109）。

[0041] 図 5 は、基準データの取得時における表示部 94 の画面の一例を示す図である。

図 1、図 5 を参照して、画面の左上には、温度検出部 83 によって検出されている現在のヒータ 13 の温度（℃）と、ヒータ 13 の設定温度（℃）とが示されている。

[0042] 画面の右上には、電圧検出部 82 によって検出されたヒータ 13 の電圧値（V）と、電流検出部 81 によって検出されたヒータ 13 を流れる電流値（A）と、検出された電流および電圧から算出されたヒータ 13 の抵抗値（Ω

）と、ヒータ電源 5 1 からヒータ 1 3 に供給される電力（W）とが示されている。

[0043] 画面の中央付近には、ユーザが基準データの測定タイミングを PLC に入力するためのボタン「測定 1」「測定 2」（参照符号 1 0 1, 1 0 2）が配置される。

[0044] 画面の左下には、ユーザが「測定 1」ボタンを押圧したタイミングで検出された測定温度 1 と、同じタイミングで検出されたヒータ電圧およびヒータ電流から算出された測定抵抗値 1 とが示される。画面の右下には、ユーザが「測定 2」ボタンを押圧したタイミングで検出された測定温度 2 と、同じタイミングで検出されたヒータ電圧およびヒータ電流から算出された測定抵抗値 2 とが示される。さらに、これらの測定データから求めた抵抗値変化率（ $\Omega/^{\circ}\text{C}$ ）、すなわち前述の式（2）のパラメータ「a」の値も示される。図 5 に示すように、基準データは、たとえば、ヒータ 1 3 の温度が 1 0 0 0 $^{\circ}\text{C}$ 付近と 1 2 0 0 $^{\circ}\text{C}$ 付近になったときに検出される。

[0045] [ヒータの劣化判定手順]

ヒータの劣化判定は、上記の抵抗－温度特性を決定した後の結晶成長時に行なわれる。

[0046] 劣化判定時には、まず、図 1 のヒータ 1 3 の温度、電流値および電圧値が、温度検出部 8 3、電流検出部 8 1 および電圧検出部 8 2 によってそれぞれ検出される。制御部 9 3 は、この判定時に検出されたヒータ 1 3 の温度を上式（1）の直線式に当てはめることによって第 1 の抵抗値を算出する。さらに制御部 9 3 は、この判定時に検出されたヒータ 1 3 の電流値および電圧値から第 2 の抵抗値を算出する。制御部 9 3 は、算出した第 1 の抵抗値と第 2 の抵抗値との偏差または第 1 の抵抗値に対する第 2 の抵抗値の比が閾値を超えたとき抵抗加熱ヒータが劣化したと判定する。この閾値は、第 1 の抵抗値に所定の許容変化率を乗算することによって得られる。許容変化率はヒータ 1 3 の温度によらず一定の値に設定される。

[0047] 図 6 は、結晶成長時における図 1 の結晶成長装置 1 の動作の概略を示すフ

ローチャートである。

[0048] 図6の最初のステップS201で、制御部93に内蔵されたメモリからシステム・パラメータなどが読み出されることによって、装置の初期設定が行なわれる。続いて、制御部93に内蔵されたメモリから予め作成された制御プログラム（制御手順のことをレシピとも称する）が読み出され、読み出されたレシピに従って制御部93（PLC）が制御を開始する。

[0049] まず、制御部93は、シャワーヘッド20を介してV族ガスを反応容器10内に導入する（ステップS202）。続いてヒータ13への通電が開始される（ステップS203）。基板温度が製膜時の温度に達すると、制御部93は、シャワーヘッド20を介してIII族ガスを反応容器10内に導入する（ステップS204）。これによって製膜が開始される。制御部93は、この製膜の途中でヒータの劣化判定を行なう（ステップS205）。所定の製膜時間が経過したら、III族ガスの導入が停止されることによって製膜が終了する（ステップS206）。製膜終了後、ヒータ13への供給電力は徐々に減少され、やがて、ヒータ13への通電が停止される（ステップS207）。さらに、V族ガスの反応容器10内への導入が停止される。

[0050] 図7は、表示部94に表示されるシステム・パラメータの設定画面の一例を示す図である。ヒータ抵抗値の許容変化率は、システム・パラメータの1つとして設定されている。入力された許容変化率に前述の式（1）で表わされる基準抵抗値を乗算した値が閾値（許容偏差）として用いられる。すなわち、判定時に検出されたヒータ13の抵抗値と、式（1）で表わされる基準抵抗値との偏差が、この許容偏差を超えて変化したとき異常と判定される。

[0051] 図8は、ヒータ抵抗値と製膜回数との関係を示す図である。図8では、簡単のために製膜時のヒータ温度は一定としている。

[0052] 図8に示すように、製膜回数が増加するにつれて、ヒータの抵抗値が初期値 R_{ini} から徐々に増加する。図7に示した許容変化率を α とすると、許容偏差（閾値）は $\alpha \times R_{ini}$ で表わされる。したがって、制御部93は、ヒータの抵抗値 R が、 $(1 + \alpha) \times R_{ini}$ （= R_{th} とする）を超えると

異常と判定する。図8では、製膜回数がN以上で抵抗値がR t h以上となっている。

[0053] 図9は、表示部94に表示されるレシピ作成画面の一例を示す図である。レシピは、A列に示されたステップ番号（S t e p s）の順に実行される。ただし、B列に示されたループ（L o o p）欄にL S n（nは数字）が記載されているときには、L Eが記載されているステップ番号まで処理がn回繰返される。L S nとL Eとのペアで1組のループを構成する。図9の場合、ステップ6からステップ10までが第1のループ（繰返し回数：3回）であり、ステップ7からステップ9までが第2のループ（繰返し回数：2回）である。すなわち、第1のループの中に第2のループが入った多重ループとなっている。D列は、コメント（c o m m e n t）の記載欄であり、E列には各ステップの実行時間（T i m e）がMM：SS：0（分：秒）のフォーマットで示される。

[0054] 予めユーザがA c t i o nの欄に「r e s i s t a n c e」を入力し、製膜時に実行ステップが「r e s i s t a n c e」の入力されたステップ番号になると、制御部93はヒータ13の劣化判定を行なう。劣化判定の結果、閾値を超えてヒータの抵抗値が増加していたとき、制御部93は図1の表示部94にヒータの異常を表示する。この劣化判定は、製膜中にリアルタイムで行なうことができる。

[0055] 図10は、図6のステップS205に示されたヒータの劣化判定手順を示すフローチャートである。

[0056] 図10を参照して、劣化判定時には、まず、制御部93は、レシピで設定されている所定時間（たとえば、1分）の間、温度検出部83、電流検出部81、および電圧検出部82によって、ヒータ13の温度、電流値および電圧値を繰返して検出する（ステップS301）。

[0057] 所定時間が経過すると（ステップS302でY E S）、制御部93は、測定したヒータ13の温度、電流値および電圧値をそれぞれ平均化する（ステップS303）。そして、制御部93は、電流の平均値と電圧の平均値から

現在の抵抗値を算出する（ステップS304）。

[0058] 次に、制御部93は、前述の式（1）の相関式 $Y = aX + b$ の温度 X に、求めた温度の平均値を代入することにより、判定時のヒータ温度に対応する基準抵抗値を算出する（ステップS305）。

[0059] 制御部93は、上記のステップS304で得られた現在の抵抗値と、ステップS305で得られた基準抵抗値との偏差または基準抵抗値に対する現在の抵抗値の比を算出し（ステップS306）、算出した偏差または比が所定の許容値（閾値）を超えていたら（ステップS307）、表示部94に異常（ヒータの劣化）を表示する（ステップS308）。

[0060] 図11は、ヒータ温度とヒータの抵抗値との関係を示す図である。図11を参照して、予めヒータ温度 T_1 、 T_2 で基準となる抵抗値 R_1 、 R_2 がそれぞれ検出されているとする。

[0061] 製膜中のヒータ温度は、ガス組成、ガス流量、および膜厚などによって変化するので一定にはならない。たとえば、製膜ごとに図11の $T_a \sim T_g$ のように異なるヒータ温度になっていたとすると、従来の方法では、少なくともヒータ温度 $T_a \sim T_g$ に対応する基準抵抗を予め取得し、メモリ中にテーブルとして記憶しておく必要があった。

[0062] この実施の形態による劣化判定方法によれば、ヒータ温度とヒータ抵抗値との関係を表わす直線式を利用するので、基準となる測定データ（基準温度と抵抗値との組）が少なくとも2組あれば、製膜時のヒータ温度 $T_a \sim T_g$ に対応する基準抵抗値 $R_a \sim R_g$ を正確に推定することができる。このように、この実施の形態による方法は、従来に比べて簡便でありかつメモリ容量も必要としない。このため、結晶成長装置に通常用いられるPLC用の制御プログラムにこの劣化判定方法を容易に組み込むことができる。

[0063] 以上の実施の形態では、MOCVD装置を例に挙げて説明したが、この実施の形態による方法は、有機金属ガスを用いない他のCVD装置を始め、スパッタ法や真空蒸着法などの他の方式の製膜装置にも適用することができる。さらには、製膜装置以外の半導体装置、たとえばアニール装置などにも、

この実施の形態による方法を適用することができる。

[0064] 今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。この発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

[0065] 1 結晶成長装置（MOCVD装置）、10 反応容器、11 サセプタ、13 抵抗加熱ヒータ、20 シャワーヘッド、51 ヒータ電源、81 電流検出部、82 電圧検出部、83 温度検出部、93 制御部、94 表示部、SUB 基板、TS1 温度センサ。

請求の範囲

[請求項1]

抵抗加熱ヒータに流れる電流を検出する電流検出部と、
前記抵抗加熱ヒータにかかる電圧を検出する電圧検出部と、
前記抵抗加熱ヒータの温度を検出する温度検出部と、
制御部とを備え、

前記制御部は、通電中の前記抵抗加熱ヒータの温度が第1の温度のときに検出された前記抵抗加熱ヒータの電流値および電圧値と、通電中の前記抵抗加熱ヒータの温度が前記第1の温度と異なる第2の温度のときに検出された前記抵抗加熱ヒータの電流値および電圧値とに少なくとも基づいて、前記抵抗加熱ヒータの温度と前記抵抗加熱ヒータの抵抗値との間の関係を表わす直線式を決定し、

前記制御部は、前記直線式を決定した後である判定時に検出された通電中の前記抵抗加熱ヒータの温度を、前記直線式に当てはめることによって第1の抵抗値を算出し、前記判定時に検出された通電中の前記抵抗加熱ヒータの電流値および電圧値から第2の抵抗値を算出し、

前記制御部は、前記第1の抵抗値と前記第2の抵抗値との偏差または前記第1の抵抗値に対する前記第2の抵抗値の比が閾値を超えたとき前記抵抗加熱ヒータが劣化したと判定する、抵抗加熱ヒータの劣化検出装置。

[請求項2]

前記抵抗加熱ヒータは、結晶成長用の基板加熱に用いられ、

前記判定時は、結晶成長中の時間帯に含まれる、請求項1に記載の抵抗加熱ヒータの劣化検出装置。

[請求項3]

結晶成長中の前記抵抗加熱ヒータの温度は、前記第1の温度と前記第2の温度との間に含まれる、請求項2に記載の抵抗加熱ヒータの劣化検出装置。

[請求項4]

前記閾値は、前記判定時の前記抵抗加熱ヒータの温度によらず一定の値である、請求項1に記載の抵抗加熱ヒータの劣化検出装置。

[請求項5]

通電中の抵抗加熱ヒータの温度が第1の温度のときに前記抵抗加熱

ヒータの電流値および電圧値を検出するステップと、

通電中の前記抵抗加熱ヒータの温度が前記第 1 の温度と異なる第 2 の温度のときに前記抵抗加熱ヒータの電流値および電圧値とを検出するステップと、

前記第 1 および第 2 の温度のときに検出された前記抵抗加熱ヒータの電流値および電圧値に少なくとも基づいて、前記抵抗加熱ヒータの温度と前記抵抗加熱ヒータの抵抗値との間の関係を表わす直線式を決定するステップと、

前記直線式を決定した後である判定時に、通電中の前記抵抗加熱ヒータの電流値、電圧値および温度を検出するステップと、

前記判定時に検出された前記抵抗加熱ヒータの温度を前記直線式に当てはめることによって第 1 の抵抗値を算出するステップと、

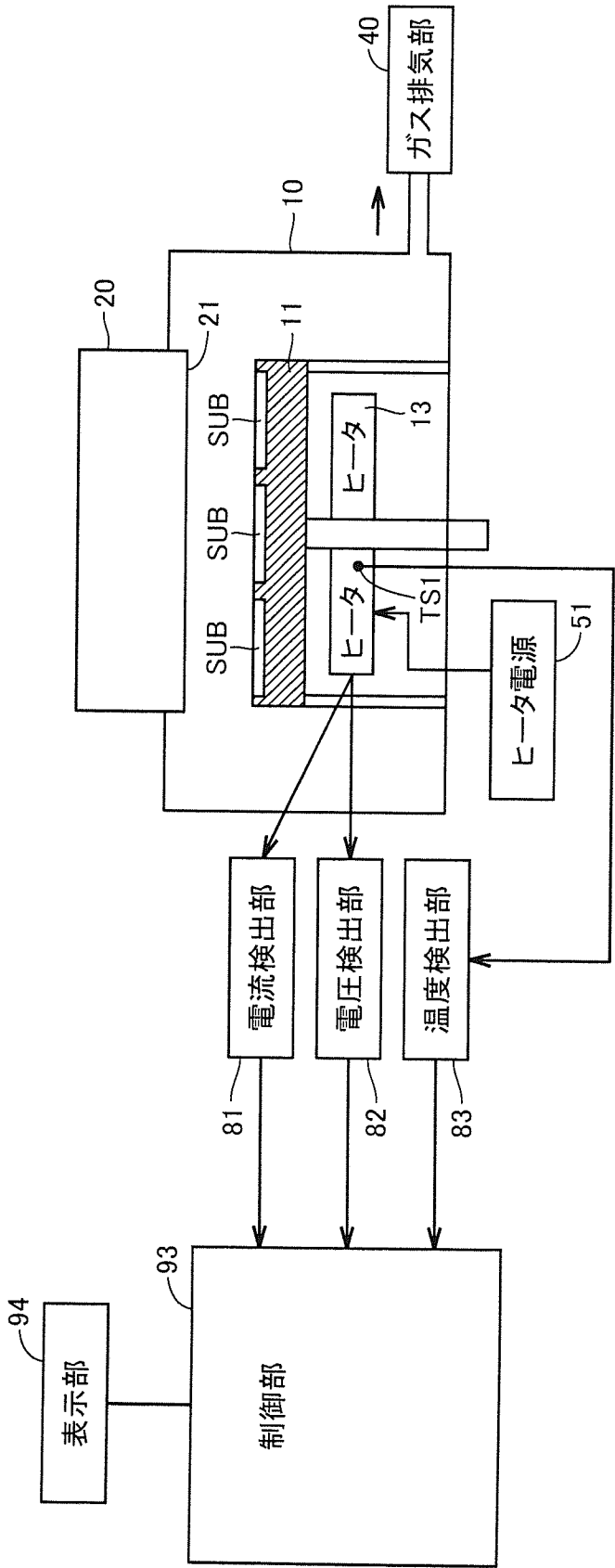
前記判定時に検出された前記抵抗加熱ヒータの電流値および電圧値から第 2 の抵抗値を算出するステップと、

前記第 1 の抵抗値と前記第 2 の抵抗値との偏差または前記第 1 の抵抗値に対する前記第 2 の抵抗値の比が閾値を超えたとき前記抵抗加熱ヒータが劣化したと判定するステップとを備える、抵抗加熱ヒータの劣化検出方法。

[図1]

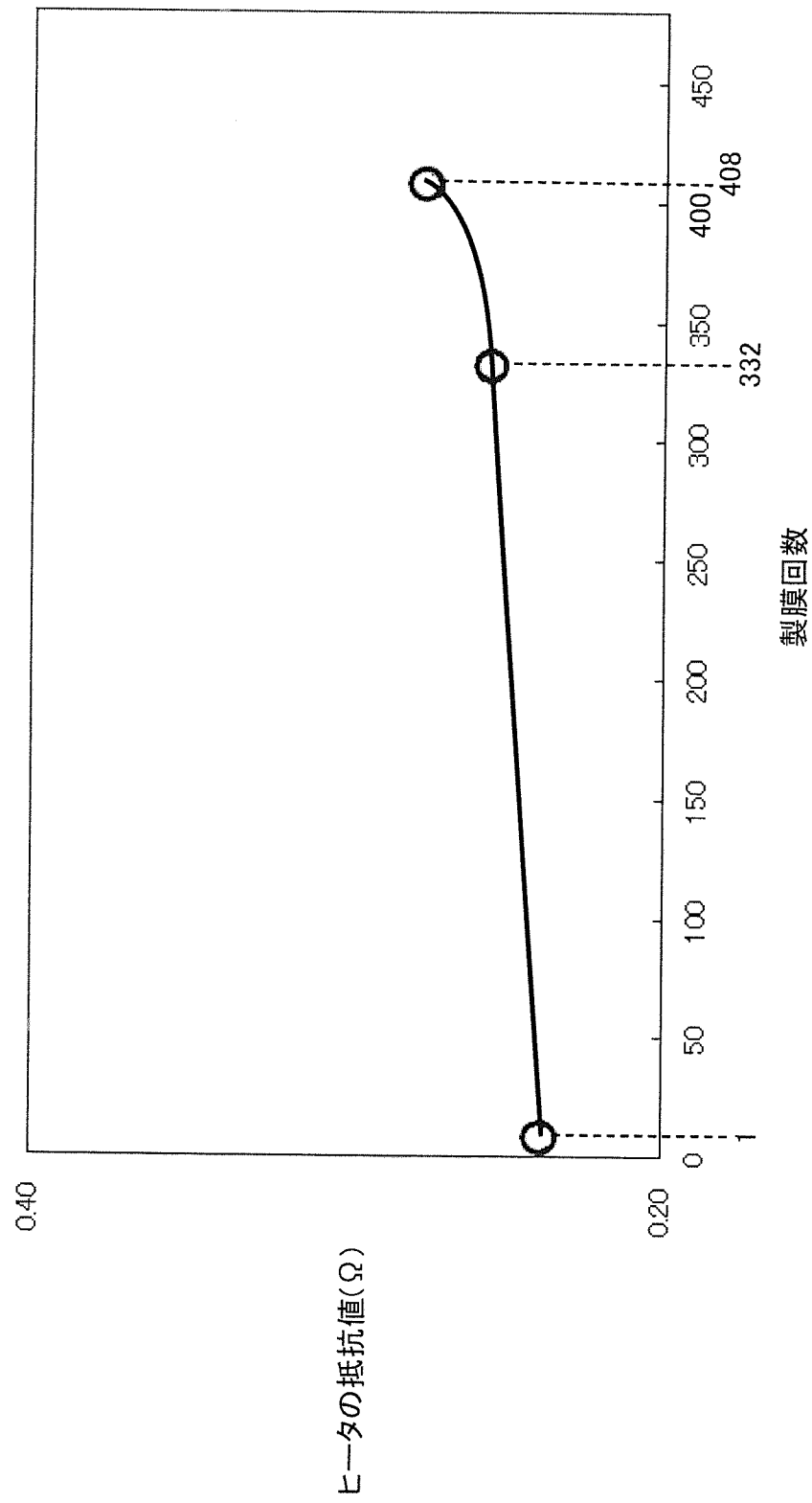
1

FIG.1

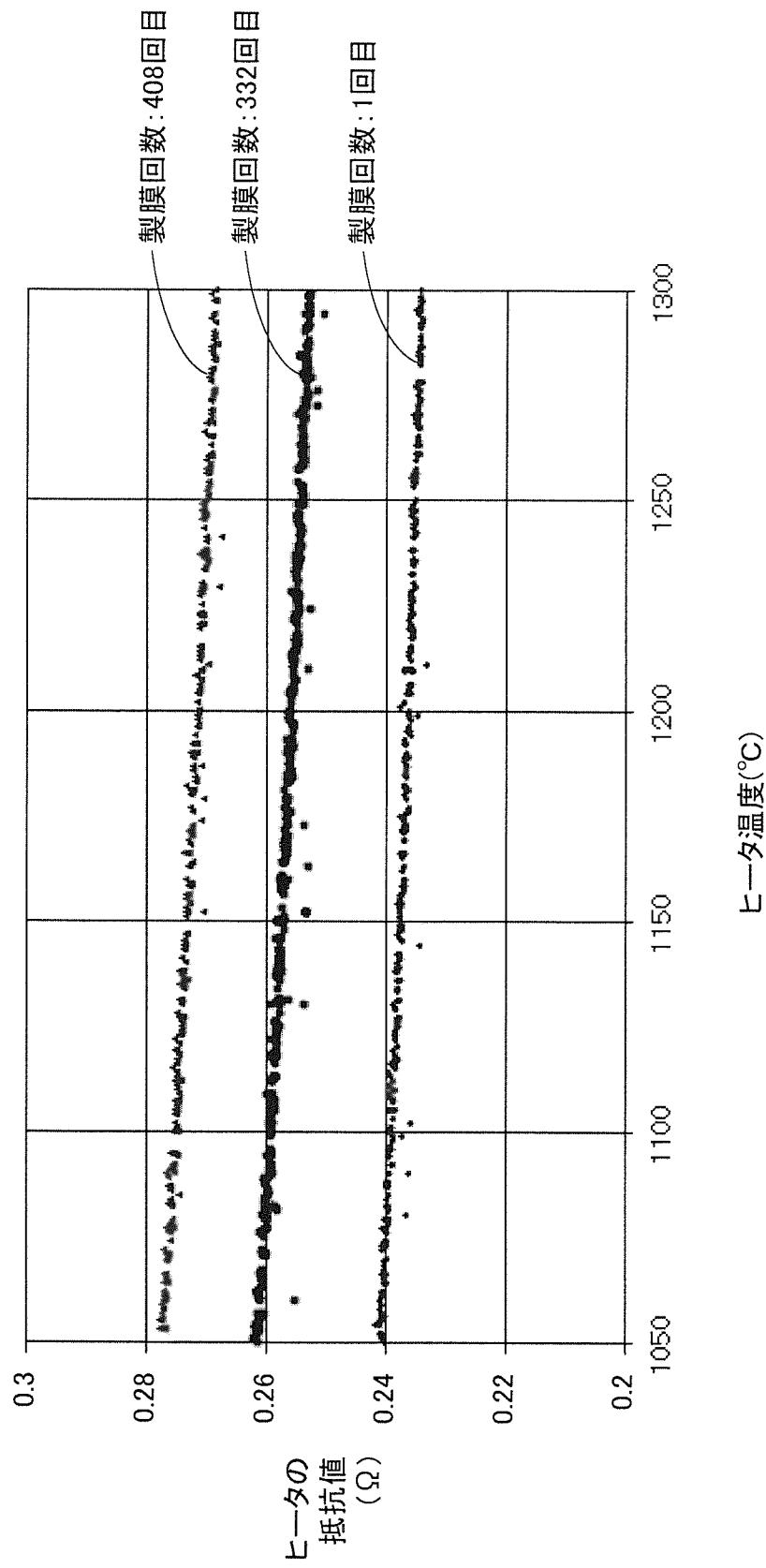


[図2]

FIG.2

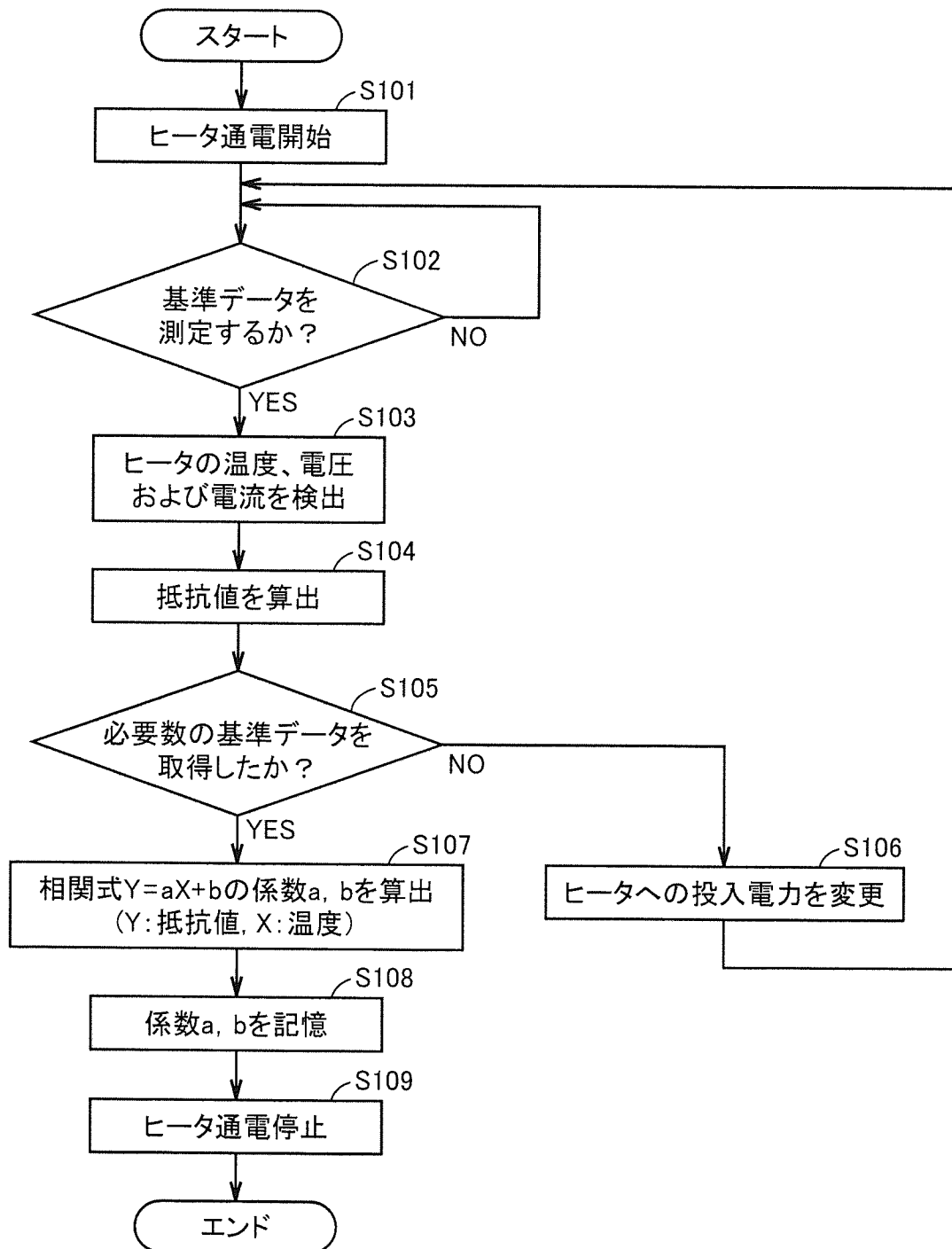


[図3]



[図4]

FIG.4



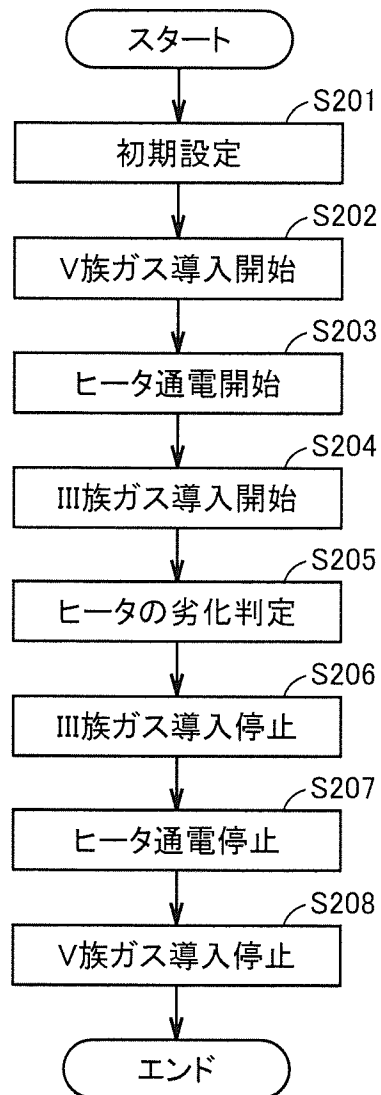
[図5]

FIG.5

ヒータTH-01 現在温度(°C) XXXX 設定温度(°C) XXXX 測定1 101 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><thead><tr><th style="width: 50%;">項目</th><th style="width: 50%;">TH-01</th></tr></thead><tbody><tr><td>測定温度1</td><td style="text-align: center;">984 °C</td></tr><tr><td>測定抵抗値1</td><td style="text-align: center;">0.115 Ω</td></tr></tbody></table>	項目	TH-01	測定温度1	984 °C	測定抵抗値1	0.115 Ω	ヒータTH-01 電圧(V) XXX. XXX 電流(A) XXX. XXX 抵抗(Ω) XXX. XXX 電力(W) XXX. XXX 測定2 102 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><thead><tr><th style="width: 50%;">項目</th><th style="width: 50%;">TH-01</th></tr></thead><tbody><tr><td>測定温度2</td><td style="text-align: center;">1230 °C</td></tr><tr><td>測定抵抗値2</td><td style="text-align: center;">0.117 Ω</td></tr></tbody></table> 抵抗値変化率 Ω/°C 0.000	項目	TH-01	測定温度2	1230 °C	測定抵抗値2	0.117 Ω
項目	TH-01												
測定温度1	984 °C												
測定抵抗値1	0.115 Ω												
項目	TH-01												
測定温度2	1230 °C												
測定抵抗値2	0.117 Ω												

[図6]

FIG.6



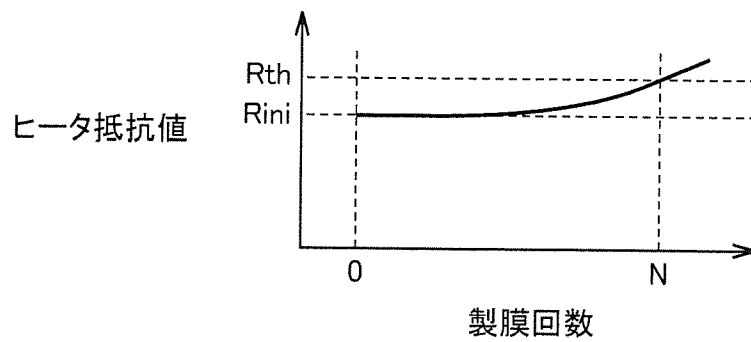
[図7]

FIG.7

システム・パラメータ			
項目名	設定値	単位	コメント
ヒータ抵抗値の許容変化率	±XX.XX	%	初期値の±XX.XX%を超える変動幅のとき異常

[図8]

FIG.8



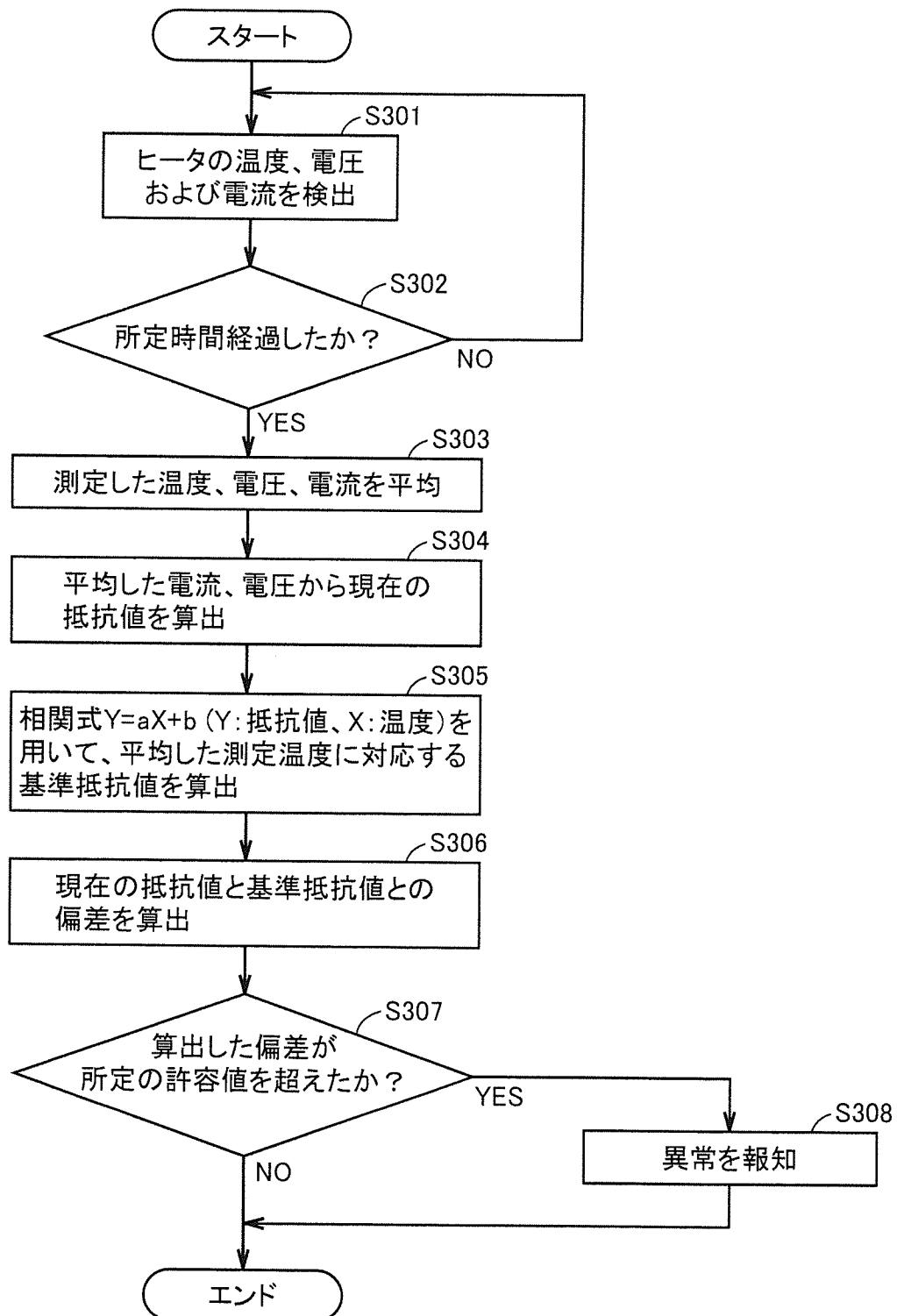
[図9]

FIG.9

	A	B	C	D	E
1	Steps	Loop	Action	Comment	Time
2					
3					
4					
5					
6	1				MM:SS.0
7	2				30:30.0
8	3				30:30.0
9	4				40:40.0
10	5				30:30.0
11	6	LS3			30:30.0
12	7	LS2			
13	8				
14	9	LE			
15	10	LE			
16	11				
17	12				
18	13				
19	14				
20	15				
21	16				
22	17				
23	18				
24	19		resistance		1:00.0
25	20				

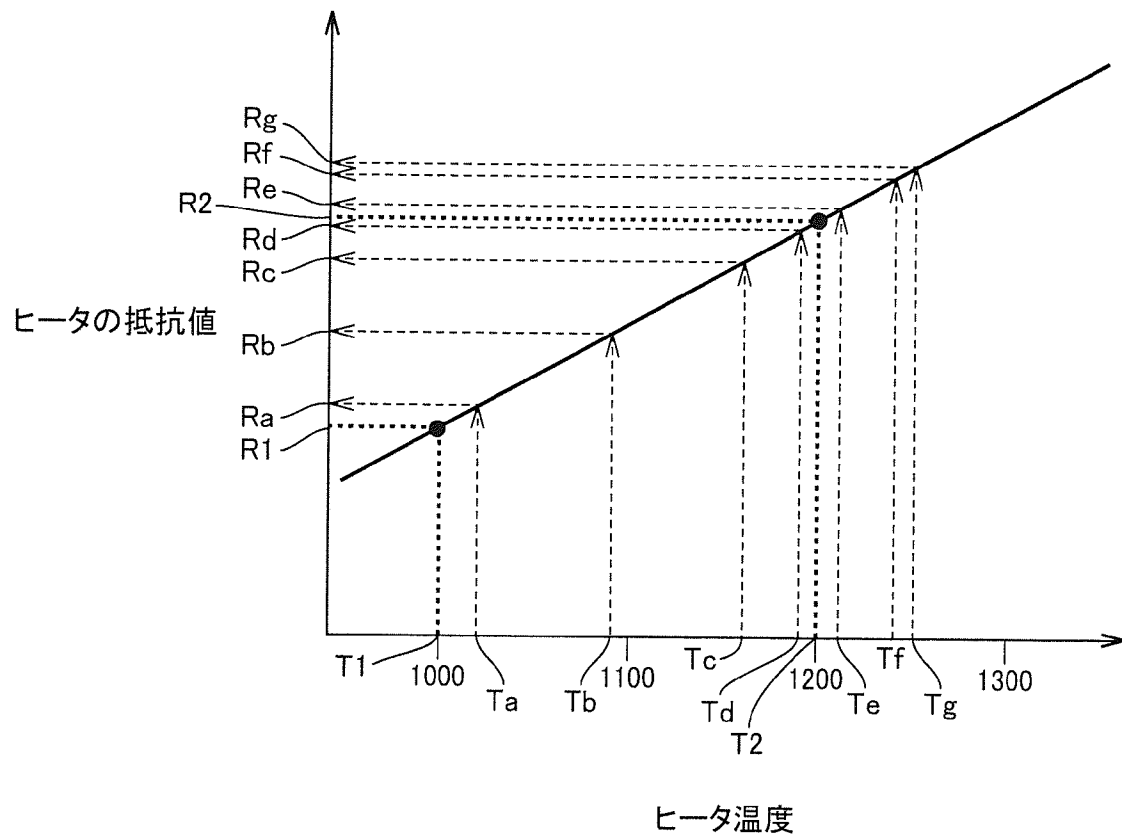
[図10]

FIG.10



[図11]

FIG.11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/062770

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/205(2006.01)i, C23C16/46(2006.01)i, H01L21/31(2006.01)i, H05B3/00(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)

H01L21/205, C23C16/46, H01L21/31, H05B3/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
X Y	JP 2006-165200 A (Kokusai Electric Semiconductor Service Inc.), 22 June 2006 (22.06.2006), paragraphs [0017] to [0088]; fig. 5 to 16 (Family: none)	1, 5 2-4
X Y	JP 2009-281837 A (Tokyo Electron Ltd.), 03 December 2009 (03.12.2009), paragraphs [0019] to [0070]; fig. 1 (Family: none)	1, 5 2-4
Y	JP 2009-141158 A (Noboru NARUO), 25 June 2009 (25.06.2009), paragraph [0005]; fig. 1 (Family: none)	2-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“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)

“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

“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

“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

“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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
19 June, 2012 (19.06.12)

Date of mailing of the international search report
03 July, 2012 (03.07.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/062770

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The search revealed that the matter common to the inventions of claims 1-5 is not novel, since the invention of claim 1 is disclosed in JP 2006-165200 A (Kokusai Electric Semiconductor Service Inc.), 22 June 2006 (22.06.2006), paragraphs [0017] to [0088], fig. 5 to 16 (Family: none) or JP 2009-281837 A (Tokyo Electron Ltd.), 03 December 2009 (03.12.2009), paragraphs [0019] to [0070], fig. 1 (Family: none).

As a result, the above-said common matter is not a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence, since the matter does not make a contribution over the prior art.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01L21/205 (2006.01)i, C23C16/46 (2006.01)i, H01L21/31 (2006.01)i, H05B3/00 (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 (I P C))

Int.Cl. H01L21/205, C23C16/46, H01L21/31, H05B3/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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
X Y	JP 2006-165200 A (株式会社国際電気セミコンダクターサービス) 2006.06.22, 段落【0017】 - 【0088】, 第5-16図 (ファミリーなし)	1, 5 2-4
X Y	JP 2009-281837 A (東京エレクトロン株式会社) 2009.12.03, 段落【0019】 - 【0070】, 第1図 (ファミリーなし)	1, 5 2-4
Y	JP 2009-141158 A (成尾 昇) 2009.06.25, 段落【0005】, 第1図 (ファミリーなし)	2-4

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

1 9 . 0 6 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 3 . 0 7 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

宮本 靖史

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 7 1

4 R

3 7 6 0

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

調査の結果、請求項1に係る発明は、JP 2006-165200 A（株式会社国際電気セミコンダクターサービス）2006.06.22, 段落【0017】－【0088】, 第5-16図（ファミリーなし）、又は、JP 2009-281837 A（東京エレクトロン株式会社）2009.12.03, 段落【0019】－【0070】, 第1図（ファミリーなし）に開示されているから、請求項1－5に係る発明における共通事項は新規でないことが明らかとなった。

結果として、前記共通事項は先行技術の域を出ないから、PCT規則13.2の第2文の意味において、前記共通事項は特別な技術的特徴ではない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。