

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6515749号
(P6515749)

(45) 発行日 令和1年5月22日(2019.5.22)

(24) 登録日 平成31年4月26日(2019.4.26)

(51) Int. Cl.	F I				
GO 1 J 1/42 (2006.01)	GO 1 J	1/42	G		
GO 1 J 1/02 (2006.01)	GO 1 J	1/02	D		
HO 1 J 43/30 (2006.01)	HO 1 J	43/30			

請求項の数 5 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2015-174271 (P2015-174271)	(73) 特許権者	000001993
(22) 出願日	平成27年9月4日(2015.9.4)		株式会社島津製作所
(65) 公開番号	特開2017-49194 (P2017-49194A)		京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地
(43) 公開日	平成29年3月9日(2017.3.9)	(74) 代理人	100114030
審査請求日	平成30年2月27日(2018.2.27)		弁理士 鹿島 義雄
		(72) 発明者	山内 一夫
			京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会 社島津製作所内
		審査官	小澤 瞬

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 検出器システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光強度を検出する光検出素子と、
前記光検出素子を冷却するための冷却手段と、
光導入窓が形成され、前記光検出素子および前記冷却手段が内部に配置された筐体と、
前記光検出素子の温度を検出して検出素子温度情報を出力する検出素子温度センサと、
前記検出素子温度情報が目標温度 T_{ctrl} となるように、前記冷却手段を制御するための出力値を演算して、当該出力値を前記冷却手段に出力する制御部とを備える検出器システムであって、

前記筐体に結露が発生する結露温度 T_{cond} を算出する結露温度予測部と、
結露温度 T_{cond} に基づいて、目標温度 T_{ctrl} を決定する最適冷却温度決定部とを備えることを特徴とする検出器システム。

【請求項2】

冷却温度下限値 T_{best} を記憶する記憶部を備え、
前記最適冷却温度決定部は、冷却温度下限値 T_{best} および結露温度 T_{cond} に基づいて、目標温度 T_{ctrl} を決定することを特徴とする請求項1に記載の検出器システム。

【請求項3】

前記最適冷却温度決定部は、結露温度 T_{cond} にマージン温度差 T_{margin} を加えた温度 ($T_{cond} + T_{margin}$) と、冷却温度下限値 T_{best} とを比較し

て、高い方の温度を目標温度 T_{ctrl} とすることを特徴とする請求項 2 に記載の検出器システム。

【請求項 4】

前記筐体内の湿度を検出して筐体湿度情報を出力する筐体湿度センサと、

前記筐体内の温度を検出して筐体温度情報を出力する筐体温度センサとを備え、

前記結露温度予測部は、前記筐体湿度情報および前記筐体温度情報に基づいて、結露温度 T_{cond} を算出することを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 3 のいずれか 1 項に記載の検出器システム。

【請求項 5】

前記筐体内には、除湿器が配置されていることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 4 のいずれか 1 項に記載の検出器システム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、冷却することで性能が向上する検出器を備える検出器システムに関し、特に光電子増倍管（以下「PMT」という）を備える検出器システムに関する。

【背景技術】

【0002】

本願先行技術の実施例として、例えば、高周波誘導結合プラズマを光源とする発光分析法を用いた ICP 発光分光分析装置等では、溶液化した試料をプラズマトーチに導入して発光させ、放射された光を分光器で各元素のスペクトル光に分光した後、各スペクトル光の強度を光検出器システムで測定して、試料に含まれる各元素の定性や定量を行っている。

20

【0003】

このような光検出器システムは、通常、筐体と、筐体内に配置された光検出素子と、制御基板とを備えており、光検出素子としては、例えば、PMT や半導体検出素子等が使用されている。このとき、要求される感度性能（S/N 比）によっては、PMT 内部で生じる暗電流による検出信号への寄与（サーマルノイズ）を低減させるために、PMT を冷却する場合がある。この場合の冷却手段としては、例えば、筐体内にペルチェ素子と検出素子温度センサとを配置し、検出素子温度センサからの検出素子温度と冷却目標温度とを入力して、ペルチェ素子への電流値を出力設定する PID 制御を、制御基板上で動作する組込みソフトウェア等で行っている。

30

【0004】

ところで、冷却機能を備えた光検出器システムでは、総じて、冷却時に生じる「結露」が問題となる。例えば、結露が光路上に生じると、その水滴による光の散乱や光量の減衰が起こり、結果として検出信号が劣化する。また、水滴自体が制御基板等に接すると、電子部品や回路基板そのものの劣化や故障が発生し、最悪の場合には、漏電による事故を引き起こしてしまう可能性がある。

【0005】

このような結露問題に対する解決策として、例えば、後記特許文献 1 のような内部の高湿度の空気をパージガスで置換する構成を採用した ICP 発光分光分析装置等が提案されている。図 5 は、このような ICP 発光分光分析装置の構成を示す概略構成図である。ICP 発光分光分析装置 101 は、プラズマトーチ（図示せず）と、分光器 110 と、導光路 120 と、光検出器 130 と、制御部 140 と、ガス源 150 と、ガス流量調整弁 151 とを備える。

40

【0006】

また、導光路 120 と光検出器 130 との間には光検出素子 133 が配置されるとともに、光検出器 130 の筐体内にはペルチェ素子 134 と放熱板 132 と基板 131 と熱交換部 135 とが配置されている。すなわち、冷却機構のうち低温（-20 ~ -10）になる部分が導光路 120 の外側に設置されている。

50

そして、ガス源 150 と導光路 120 内と光検出器 130 の筐体内と外部とは、通気孔 A ~ C を介して連通されている。

【0007】

このような ICP 発光分光分析装置 101 によれば、分析実行前にパージガス（アルゴンガス等）が、導光路 120 に設けられた通気孔 A、導光路 120、導光路 120 から光検出器 130 に通じる通気孔 B、光検出器 130、光検出器 130 に設けられた通気孔 C を経て、大気中に排気される。これにより、導光路 120 内と光検出器 130 の筐体内のガスはパージガスで置換される。このとき、基板 131 はペルチェ素子 134 に設定する電流値を算出して出力する。

その結果、プラズマトーチからの光は、分光器 110 で分光され、分光器 110 の出口窓 111 より導光路 120 を経て光検出素子 133 に入射する。光検出素子 133 に入射した光は光電変換され、検出信号として基板 131 へ伝達される。

10

【0008】

また、結露による光検出器システムの劣化や故障のリスクを軽減させる方法として、結露に至らない温度と湿度を設置／動作環境として制限する制限方法や、光検出素子とペルチェ素子とを「除湿器を備えた密閉筐体」に内包して結露を防ぐ構成とする改良方法等も行われている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

20

【特許文献 1】特開 2007 - 3320 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

上述したような ICP 発光分光分析装置 101 では、その構成要素として、ガス源 150 や、ガス流量調整弁 151 等を備える必要があるため、システム構成全体としては、比較的大きなものとなる。

また、上述した温度と湿度を制限する制限方法では、結露に至らない温度と湿度を設置／動作環境とするため、常に理想的な動作環境でユーザが光検出器システムを使えるとは限らなかった。そのため、ユーザは冷却目標温度を高め温度に設定して光検出器システムを用いたり、さらには、湿度が高いため仕方なく冷却機能を OFF にして光検出器システムを用いたりすることがあった。つまり、本来得られるはずの感度性能（S/N 比）を十分に発揮できない状態でシステムを使わざるを得ない状況が発生するという問題点があった。

30

一方、上述した改良方法、すなわち、光検出素子とペルチェ素子とを「除湿器を備えた密閉筐体」に内包する方法においても、除湿器には性能保証の寿命があるため、その除湿能力が使用時間に比例して低下するという問題点があった。

上記した課題に対し、本発明は、ユーザの利用状況によって、理想的な動作環境ではない状況下であっても、その時々環境に応じて結露しない温度を自動で算出し、常にベストな感度性能を得ることができる検出器システムを提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題を解決するためになされた本発明の検出器システムは、光強度を検出する光検出素子と、前記光検出素子を冷却するための冷却手段と、光導入窓が形成され、前記光検出素子および前記冷却手段が内部に配置された筐体と、前記光検出素子の温度を検出して検出素子温度情報を出力する検出素子温度センサと、前記検出素子温度情報が目標温度 $T_{c_{tr1}}$ となるように、前記冷却手段を制御するための出力値を演算して、当該出力値を前記冷却手段に出力する制御部とを備える検出器システムであって、前記筐体に結露が発生する結露温度 $T_{c_{ond}}$ を算出する結露温度予測部と、結露温度 $T_{c_{ond}}$ に基づいて、目標温度 $T_{c_{tr1}}$ を決定する最適冷却温度決定部とを備える。

50

【発明の効果】

【0012】

以上のように、本発明の検出器システムによれば、光検出素子の冷却を自動かつその時々々の環境に応じた最適の温度で行うことができるため、ユーザは環境の変化に煩わされることなく、現環境下での最高感度性能を得ることができる。

【0013】

(他の課題を解決するための手段および効果)

また、上記の発明において、冷却温度下限値 T_{best} を記憶する記憶部を備え、前記最適冷却温度決定部は、冷却温度下限値 T_{best} および結露温度 T_{cond} に基づいて、目標温度 T_{ctrl} を決定するようにしてもよい。

10

ここで、「冷却温度下限値 T_{best} 」とは、設計者やユーザ等によって決定される任意の温度であり、製品仕様として要求される感度性能を十分に得るために必要となる冷却温度である。

【0014】

また、上記の発明において、前記最適冷却温度決定部は、結露温度 T_{cond} にマージン温度差 T_{margin} を加えた温度 ($T_{cond} + T_{margin}$) と、冷却温度下限値 T_{best} とを比較して、高い方の温度を目標温度 T_{ctrl} とするようによい。

ここで、「マージン温度差 T_{margin} 」とは、設計者やユーザ等によって決定される任意の温度差であり、測定誤差を考慮した温度差である。

20

【0015】

そして、上記の発明において、前記筐体内の湿度を検出して筐体湿度情報を出力する筐体湿度センサと、前記筐体内の温度を検出して筐体温度情報を出力する筐体温度センサとを備え、前記結露温度予測部は、前記筐体湿度情報および前記筐体温度情報に基づいて、結露温度 T_{cond} を算出するようにしてもよい。

さらに、本発明において、前記筐体内には、除湿器が配置されるようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明に係る分光光度計の一例を示す概略構成図。

【図2】図1の分光光度計による目標温度の時間変化の一例を示すグラフ。

30

【図3】飽和水蒸気量曲線の一例を示すグラフ。

【図4】図1の分光光度計における温調方法を説明するフローチャート。

【図5】従来のICP発光分光分析装置の構成を示す概略構成図。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明の実施形態について図面を用いて説明する。なお、本発明は、以下に説明するような実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々の態様が含まれる。

【0018】

図1は、本発明に係る分光光度計の一例を示す概略構成図である。

40

分光光度計1は、サンプルが配置される配置部(図示せず)と、光源(図示せず)と、分光器10と、光検出器システム30とを備える。

【0019】

光検出器システム30は、光導入窓31が左壁に形成された密閉筐体32を備える。そして、密閉筐体32内には、光強度を検出するPMT(光検出素子)33と、PMT33を冷却するためのペルチェモジュール(冷却手段)34と、除湿器35と、PMT33に取り付けられた検出素子温度センサ36と、筐体内雰囲気湿度と温度を測定するための筐体湿度センサ37および筐体温度センサ38と、雰囲気拡散用ファン39と、制御基板40とが配置されている。また、密閉筐体32外には、ペルチェモジュール34の放熱フィン(放熱用ヒートシンク)51が配置されている。

50

これにより、除湿器 35 によって密閉筐体 32 内の湿度を下げた上で、雰囲気拡散用ファン 39 によって密閉筐体 32 内の温度と湿度を均一にしている。

【0020】

上記ペルチェモジュールとしては、例えばアイシン精機株式会社製の「U-11G236F シリーズ」等が挙げられる。

上記光検出器システムとしては、PMT とペルチェモジュールとが一体になった冷却機能付きの光電子増倍管モジュール（例えば浜松ホトニクス株式会社製の「フォトンカウンティングヘッド；H7421-40」）を用いてもよい。

上記除湿器としては、機器組込み用の除湿素子、例えば菱彩テクニカ株式会社（三菱電機株式会社）製の商品名「ロサール（登録商標）」等が挙げられる。

10

【0021】

筐体湿度センサ 37 は、「結露」を予測するためのものであり、冷却部位周辺雰囲気の結露温度 T_{cond} を予測するために、雰囲気拡散用ファン 39 によって温度と湿度が均一にされた密閉筐体 32 内に取り付けられており、密閉筐体 32 内雰囲気の湿度を検出して、筐体湿度情報 H_{vap} を所定時間間隔 t （例えば 10 sec）で制御基板 40 に入力する。

筐体温度センサ 38 は、筐体湿度センサ 37 と同様に「結露」を予測するためのものであり、雰囲気拡散用ファン 39 によって温度と湿度が均一にされた密閉筐体 32 内に取り付けられており、密閉筐体 32 内雰囲気の温度を検出して、筐体温度情報 T_{vap} を所定時間間隔 t （例えば 10 sec）で制御基板 40 に入力する。

20

【0022】

制御基板 40 は、制御部 41 と記憶部 42 とを備える。なお、組込みソフトウェアで実現される制御部 41 が処理する機能をブロック化して説明すると、筐体湿度情報 H_{vap} と筐体温度情報 T_{vap} とに基づいて結露温度 T_{cond} を算出する結露温度予測部 41a と、冷却温度下限値 T_{best} と結露温度 T_{cond} とに基づいて目標温度 T_{ctrl} を決定する最適冷却温度決定部 41b と、目標温度 T_{ctrl} に基づいてペルチェモジュール 34 を制御する温度制御部 41c と、サンプルの分析が要求されたときに PMT 33 から光強度検出信号を取得する光検出素子制御部 41d と、除湿器 35 および雰囲気拡散用ファン 39 を制御する除湿器制御部 41e とを有する。

【0023】

また、記憶部 42 には、「冷却温度下限値 T_{best} 」と「飽和水蒸気量曲線」と「マージン温度差 T_{margin} 」と「初期除湿時間（例えば 60 min）」とが予め記憶されている。

30

ここで、図 3 は、記憶部 42 に記憶された飽和水蒸気量曲線の一例を示すグラフである。飽和水蒸気量曲線は、飽和水蒸気量 V_{cond} (g/m^3) と結露温度 T_{cond} () との関係を示すものである。

【0024】

結露温度予測部 41a は、筐体湿度センサ 37 から取得した筐体湿度情報 H_{vap} と筐体温度センサ 38 から取得した筐体温度情報 T_{vap} とを所定時間間隔 t （例えば 10 sec）で受信することで、飽和水蒸気量曲線を用いて密閉筐体 32 に結露が発生する結露温度 T_{cond} を算出する制御を行う。

40

例えば、まず、下記式 (1) に示すように、筐体温度情報 T_{vap} を飽和水蒸気量曲線の関数 $V = F(T)$ に代入することにより、その筐体温度情報 T_{vap} における密閉筐体 32 内の飽和水蒸気量 V_{cond} (g/m^3) を算出する。

$$V_{cond} = F(T_{vap}) \quad \dots (1)$$

【0025】

次に、下記式 (2) に示すように、飽和水蒸気量 V_{cond} と筐体湿度情報 H_{vap} とを用いて、密閉筐体 32 内の水蒸気量 V_{mon} (g/m^3) を算出する。

$$V_{mon} = H_{vap} \times V_{cond} \quad \dots (2)$$

最後に、下記式 (3) に示すように、水蒸気量 V_{mon} を飽和水蒸気量曲線の逆関数 T

50

$= F^{-1}(V)$ に代入することにより、密閉筐体 32 内に水蒸気量 V_{mon} が存在したときの結露温度 T_{cond} () を算出する。

$$T_{cond} = F^{-1}(V_{mon}) \dots (3)$$

【0026】

最適冷却温度決定部 41b は、結露温度予測部 41a で算出された結露温度 T_{cond} にマージン温度差 T_{margin} を加えた温度 ($T_{cond} + T_{margin}$) と、冷却温度下限値 T_{best} とを比較して、高い方の温度を目標温度 T_{ctrl} とする制御を行う。

つまり、 $(T_{cond} + T_{margin}) < T_{best}$ であるときには、 $T_{ctrl} = T_{best}$ とし、 $(T_{cond} + T_{margin}) > T_{best}$ であるときには、 $T_{ctrl} = (T_{cond} + T_{margin})$ とする。

10

【0027】

温度制御部 41c は、検出素子温度センサ 36 から検出素子温度情報 T_t を所定時間間隔 t (例えば 1 sec) で受信し、PMT 33 の温度が目標温度 T_{ctrl} となるように、比例先行型 PID 制御 (I-PD 制御) を用いて電流値 I_t を算出し、ペルチェモジュール 34 に出力する制御を行う。

【0028】

ここで、本発明の分光光度計 1 を起動 (電源 ON) してから、上記 PMT 33 の温度調整 (目標温度 = T_{ctrl}) に至るまでの手順を、図 4 を用いて説明する。

まず、ユーザが分光光度計 1 の電源を ON にした直後、ステップ S101 の処理において、除湿器制御部 41e は、除湿器 35 と雰囲気拡散用ファン 39 を作動させる。

20

【0029】

次に、ステップ S102 の処理において、「初期除湿時間 (例えば 60 min)」が経過するまで待機する。そして、「初期除湿時間 (例えば 60 min)」が経過すると、次のステップ S103 に進む。

【0030】

ステップ S103 の処理において、結露温度予測部 41a は、筐体湿度センサ 37 から取得した筐体湿度情報 H_{vap} と筐体温度センサ 38 から取得した筐体温度情報 T_{vap} とを受信して、結露温度 T_{cond} を算出する。

【0031】

30

次に、ステップ S104 の処理において、最適冷却温度決定部 41b は、結露温度 T_{cond} にマージン温度差 T_{margin} を加えた温度 ($T_{cond} + T_{margin}$) と、冷却温度下限値 T_{best} とを比較する。 $(T_{cond} + T_{margin}) < T_{best}$ であるときには、ステップ S105 の処理において、目標温度 $T_{ctrl} = T_{best}$ とする。

一方、 $(T_{cond} + T_{margin}) > T_{best}$ であるときには、ステップ S106 の処理において、目標温度 $T_{ctrl} = (T_{cond} + T_{margin})$ とする。

【0032】

ステップ S105 の処理またはステップ S106 のいずれかの処理が終了したときには、ステップ S107 の処理において、温度制御部 41c は、検出素子温度センサ 36 から検出素子温度情報 T_t を受信することで、PMT 33 の温度が目標温度 T_{ctrl} となるように、電流値 I_t を算出してペルチェモジュール 34 に出力する。

40

【0033】

次に、ステップ S108 の処理において、電流値 I_t をペルチェモジュール 34 に出力してから「1 sec」が経過したか否かを判定し、「1 sec」が経過するまで、ステップ S108 の処理を繰り返す。

一方、「1 sec」が経過したと判定したときには、ステップ S109 の処理において、最新の目標温度 T_{ctrl} を設定してから「10 sec」が経過したか否かを判定し、「10 sec」が経過していないと判定したときには、ステップ S107 の処理に戻る。

一方、「10 sec」が経過したと判定したときには、ステップ S103 の処理に戻る

50

。つまり、新たな目標温度 T_{ctrl} を更新する処理に移行する。

【0034】

なお、図2は、図1の分光光度計1で温調された目標温度 T_{ctrl} の時間変化の一例を示すグラフである。ある時間までは、冷却温度下限値 T_{best} まで冷却しても結露しないため、目標温度 T_{ctrl} を冷却温度下限値 T_{best} に設定し、ある時間以降は冷却温度下限値 T_{best} まで冷却すると結露するため、目標温度 T_{ctrl} を温度 ($T_{cond} + T_{margin}$) に設定している。

【0035】

以上のように、本発明の分光光度計1によれば、PMT33の冷却を自動かつその時々 10
の環境に応じた最適の温度で行うことができるため、ユーザは環境の変化に煩わされることなく、その環境での最高感度性能を得ることができる。

【0036】

<他の実施形態>

<1> 上述した分光光度計1においては、「10sec」ごとに新たに目標温度 T_{ctrl} を設定する構成としたが、目標温度 T_{ctrl} の急激な変化は検出信号への外乱として働き、好ましくないため、目標温度 T_{ctrl} を算出する際に移動平均処理(フィルタ)を適度にかけるような構成としてもよい。

【0037】

<2> 上述した分光光度計1において、分光光度計1の電源がONにされると、結露温度 20
予測部41aと最適冷却温度決定部41bとが起動する構成としたが、ユーザの業務や実行する測定の内容によっては、「PMT33を冷却するほどの感度性能は必要ない」という場合や、「PMT33の冷却は必要だが、目標温度 T_{ctrl} の自動変更は好ましくない」という場合もあるので、ユーザが前もって自動設定機能のON/OFFを選択できるようにしたり、それらの自動設定機能の特徴づけるパラメータ(「冷却温度下限値 T_{best} 」や「マージン温度差 T_{margin} 」や「10sec」等)もある程度の範囲内で変更できるようにしたりするような構成としてもよい。

【0038】

<3> なお、実サンプルの検出信号を取得する前に、PMT33への光を遮断した状態で取得した検出信号を「暗電流値」として保持し、実サンプルの分析時に「補正データ」として演算時に用いているが、本発明の分光光度計1では目標温度 T_{ctrl} が変更されると「暗電流値」も変化するため、以下のような機能を備えるようにしてもよい。 30

a: ステップS103の処理を実行する前に、「暗電流値1」と、そのときの検出素子温度情報 T_t (「温度1」と)を記憶する。

b: ステップS103の処理~ステップS109の処理を実行する。

c: 検出素子温度情報 T_t が目標温度 T_{ctrl} に近づき、温調が安定する(例えば、ある規定時間以上において、 T_t と T_{ctrl} との差が規定温度差以下を保つ)ようになったら、その時点での「暗電流値2」と、そのときの検出素子温度情報 T_t (「温度2」と)を記憶する。

d: 上記a以後(c以後を含む)において、実サンプルの分析が要求されたときには、その時点での検出素子温度情報 T_t と、最も直近に取得した「暗電流」取得時の検出素子温度(例えば、「温度1」や「温度2」と)とを比べ、それらの差が ± 2 以上乖離している(例えば、 T_t が上記「温度1」や「温度2」と比べて ± 2 以上乖離している)場合には、「暗電流値」を測定し直す。このとき、再測定した「暗電流値」と、そのときの検出素子温度情報 T_t とを、最も直近に取得した「暗電流値」、およびそのときの検出素子温度として記憶(上書き保存)する。 40

【産業上の利用可能性】

【0039】

本発明は、光電子増倍管(PMT)を備える検出器システム等に利用することができる。

【符号の説明】

10

20

30

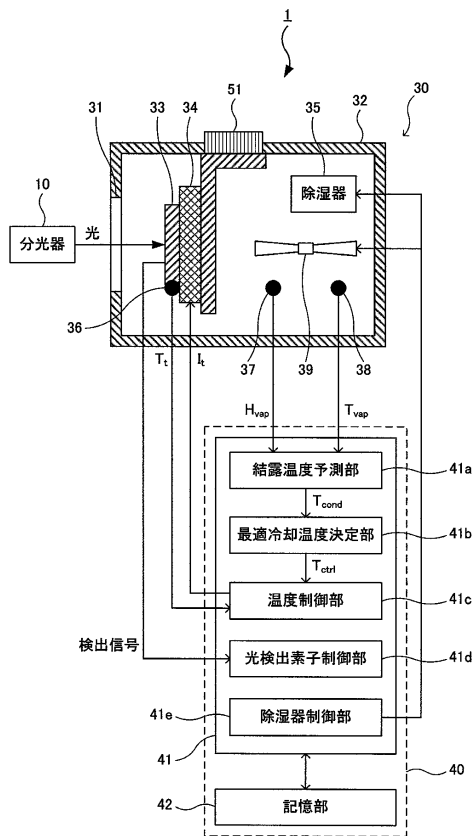
40

50

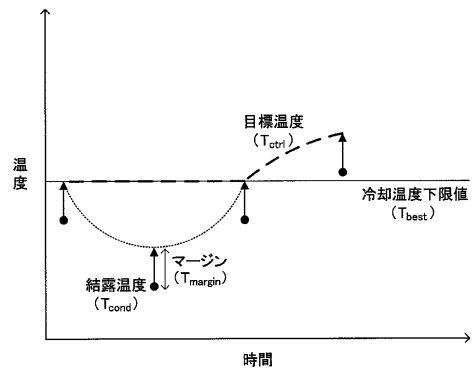
【 0 0 4 0 】

- 3 0 光検出器システム
- 3 1 光導入窓
- 3 2 密閉筐体
- 3 3 P M T (光検出素子)
- 3 4 ペルチェモジュール (冷却手段)
- 3 6 検出素子温度センサ
- 4 1 制御部
- 4 1 a 結露温度予測部
- 4 1 b 最適冷却温度決定部

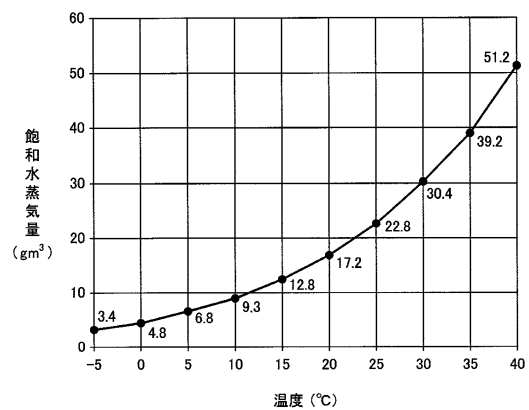
【 図 1 】



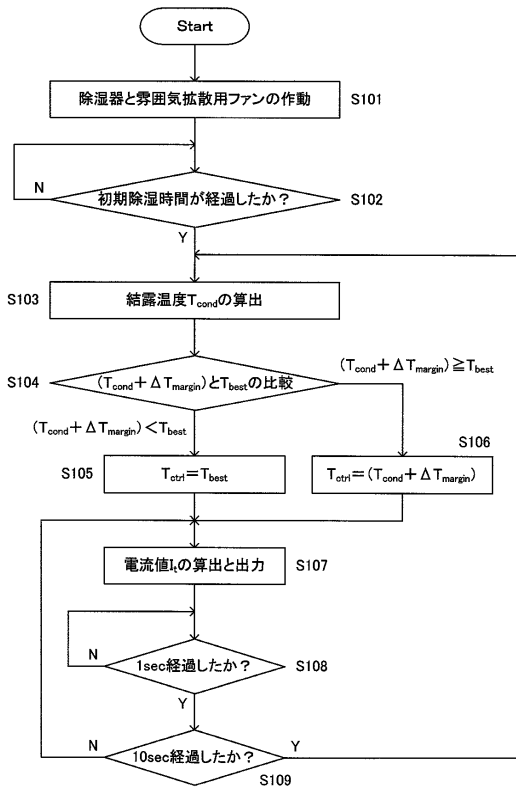
【 図 2 】



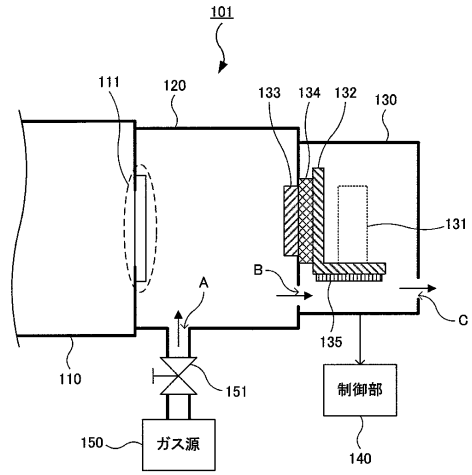
【 図 3 】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平09 - 145644 (JP, A)
特開平06 - 294683 (JP, A)
特開2010 - 164382 (JP, A)
特開平08 - 167732 (JP, A)
特開平06 - 088746 (JP, A)
特開2004 - 200768 (JP, A)
特表2012 - 527617 (JP, A)
特開平05 - 118925 (JP, A)
米国特許出願公開第2011/0032614 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01J 1/00 - 1/60
5/00 - 5/62
11/00
H01J 40/00 - 49/48