

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-19627

(P2010-19627A)

(43) 公開日 平成22年1月28日(2010.1.28)

(51) Int.Cl.

G 0 1 K 11/20 (2006.01)

G 0 1 J 5/58 (2006.01)

F I

G 0 1 K 11/20

G 0 1 J 5/58

テーマコード (参考)

2 G 0 6 6

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2008-179142 (P2008-179142)
 (22) 出願日 平成20年7月9日(2008.7.9)

(71) 出願人 000006666
 株式会社山武
 東京都千代田区丸の内2丁目7番3号
 (74) 代理人 100103894
 弁理士 冢入 健
 (74) 代理人 100129953
 弁理士 岩瀬 康弘
 (74) 代理人 100142011
 弁理士 小泓 正博
 (74) 代理人 100144428
 弁理士 須藤 雄一郎
 (74) 代理人 100148758
 弁理士 堀 美香

最終頁に続く

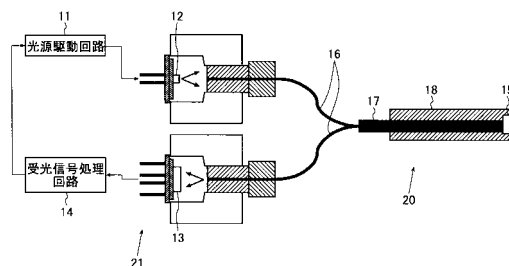
(54) 【発明の名称】 温度センサ、及び温度測定方法

(57) 【要約】

【課題】高い応答速度で正確な測定を行うことができる温度センサ及び温度測定方法を提供すること。

【解決手段】本発明にかかる温度センサは、励起光を射出する光源12と、前記励起光によって蛍光を発生する蛍光体15と、前記蛍光を検出して、蛍光強度に応じた蛍光信号を出力する光検出器13と、前記光検出器13からの蛍光信号に基づいて温度を算出する処理部14とを備え、前記処理部14が、前記蛍光信号が減衰中の予め設定された3以上の期間における前記蛍光信号の積分値をそれぞれ算出し、前記3以上の期間のうち同じ時間幅を有する3以上の期間における前記積分値に基づいて、第1の差分値及び第2の差分値を算出し、前記第1の差分値及び前記第2の差分値の差分比率から、蛍光寿命を算出し、予め記憶された温度と前記蛍光寿命との関係を参照して、前記蛍光寿命を温度に換算している。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

蛍光体で発生した蛍光の寿命に応じて温度を測定する温度センサであって、
 励起光を出射する光源と、
 前記励起光によって蛍光を発生する蛍光体と、
 前記蛍光を検出して、蛍光強度に応じた蛍光信号を出力する光検出器と、
 前記光検出器からの蛍光信号に基づいて温度を算出する処理部と、を備え、
 前記処理部が
 前記蛍光信号が減衰中の予め設定された 3 以上の期間における前記蛍光信号の積分値を
 それぞれ算出し、
 前記 3 以上の期間のうち同じ時間幅を有する 3 以上の期間における前記積分値に基づい
 て、第 1 の差分値及び第 2 の差分値を算出し、
 前記第 1 の差分値及び前記第 2 の差分値の差分比率から、蛍光寿命を算出し、
 予め記憶された温度と前記蛍光寿命との関係を参照して、前記蛍光寿命を温度に換算し
 ている温度センサ。

10

【請求項 2】

前記処理部が
 式 (1) 及び (2) を満たすように、4 つの前記期間を設定し、

【数 1】

$$t_B - t_A = t_D - t_C \quad \cdots (1)$$

20

$$t_C = N t_A \quad \cdots (2)$$

(t_A は第 1 の前記期間の積分開始時刻、 t_B は第 2 の前記期間の積分開始時刻、 t_C は第
 3 の前記期間の積分開始時刻、 t_D は第 4 の前記期間の積分開始時刻、 N は任意の定数)
 前記差分比率を、式 (3) により算出し、

【数 2】

$$\alpha = \frac{S_A - S_B}{S_C - S_D} \quad \cdots (3)$$

30

(α は前記差分比率、 S_A は第 1 の前記期間の積分値、 S_B は第 2 の前記期間の積分値、 S_C
 は第 3 の前記期間の積分値、 S_D は第 4 の前記期間の積分値)

前記蛍光寿命を、式 (4) により算出する、

【数 3】

$$\tau = \frac{(N-1)t_A}{\ln(\alpha)} \quad \cdots (4)$$

40

(τ は前記蛍光寿命)

請求項 1 記載の温度センサ。

【請求項 3】

前記処理部が
 式 (5) 及び (6) を満たすように、3 つの前記期間を設定し、

【数 4】

$$t_B - t_A = t_C - t_B \quad \cdots (5)$$

$$t_B = N t_A \quad \cdots (6)$$

(t_A は第 1 の前記期間の積分開始時刻、 t_B は第 2 の前記期間の積分開始時刻、 t_C は第

50

3 の前記期間の積分開始時刻、N は任意の定数)

前記差分比率を、式 (7) により算出し、

【数 5】

$$\alpha = \frac{S_A - S_B}{S_B - S_C} \quad \dots (7)$$

(α は前記差分比率、 S_A は第 1 の前記期間の積分値、 S_B は第 2 の前記期間の積分値、 S_C は第 3 の前記期間の積分値)

前記蛍光寿命を、式 (8) により算出する、

10

【数 6】

$$\tau = \frac{(N-1)t_A}{\ln(\alpha)} \quad \dots (8)$$

(τ は前記蛍光寿命)

請求項 1 記載の温度センサ。

【請求項 4】

測定する温度のレンジ、前記蛍光信号に含まれるノイズ、前記蛍光強度の分解能、蛍光減衰波形のいずれか 1 以上に応じて、前記期間の設定を変化させる請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の温度センサ。

20

【請求項 5】

励起光によって発生した蛍光の蛍光寿命に応じて温度を測定する温度測定方法であって、

蛍光体に励起光を照射するステップと、

前記励起光によって前記蛍光体で発生した蛍光を検出するステップと、

前記蛍光信号が減衰中の予め設定された 3 以上の期間における前記蛍光信号の積分値をそれぞれ算出するステップと、

前記 3 以上の期間のうち同じ時間幅を有する 3 以上の期間における前記積分値に基づいて、第 1 の差分値及び第 2 の差分値を算出するステップと、

30

前記第 1 の差分値及び前記第 2 の差分値の差分比率から、蛍光寿命を算出するステップと、

予め記憶された温度と前記蛍光寿命との関係を参照して、前記蛍光寿命を温度に換算するステップと、を備えた温度測定方法。

【請求項 6】

式 (9) 及び (10) を満たすように、4 つの前記期間を設定するステップと、

【数 7】

$$t_B - t_A = t_D - t_C \quad \dots (9)$$

$$t_C = N t_A \quad \dots (10)$$

40

(t_A は第 1 の前記期間の積分開始時刻、 t_B は第 2 の前記期間の積分開始時刻、 t_C は第 3 の前記期間の積分開始時刻、 t_D は第 4 の前記期間の積分開始時刻、N は任意の定数)

前記差分比率を、式 (11) により算出するステップと、

【数 8】

$$\alpha = \frac{S_A - S_B}{S_C - S_D} \quad \dots (11)$$

(α は前記差分比率、 S_A は第 1 の前記期間の積分値、 S_B は第 2 の前記期間の積分値、 S_C は第 3 の前記期間の積分値、 S_D は第 4 の前記期間の積分値、N は任意の定数)

50

c は第3の前記期間の積分値、 S_D は第4の前記期間の積分値)
前記蛍光寿命を、式(12)により算出するステップと、
【数9】

$$\tau = \frac{(N-1)t_A}{\ln(\alpha)} \quad \cdots (12)$$

(τ は前記蛍光寿命)
を備えた請求項5記載の温度測定方法。
【請求項7】

10

式(13)及び(14)を満たすように、3つの前記期間を設定するステップと、
【数10】

$$t_B - t_A = t_C - t_B \quad \cdots (13)$$

$$t_B = N t_A \quad \cdots (14)$$

(t_A は第1の前記期間の積分開始時刻、 t_B は第2の前記期間の積分開始時刻、 t_C は第3の前記期間の積分開始時刻、 N は任意の定数)
前記差分比率を、式(15)により算出するステップと、
【数11】

20

$$\alpha = \frac{S_A - S_B}{S_B - S_C} \quad \cdots (15)$$

(α は前記差分比率、 S_A は第1の前記期間の積分値、 S_B は第2の前記期間の積分値、 S_C は第3の前記期間の積分値)
前記蛍光寿命を、式(16)により算出するステップと、
【数12】

$$\tau = \frac{(N-1)t_A}{\ln(\alpha)} \quad \cdots (16)$$

30

(τ は前記蛍光寿命)
を備えた請求項5記載の温度測定方法。
【請求項8】

測定する温度のレンジ、前記蛍光信号に含まれるノイズ、前記蛍光強度の分解能、蛍光減衰波形のいずれか1以上に応じて、前記期間の設定を変化させるステップを備えた請求項5乃至7のいずれか1項に記載の温度測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、温度センサ、及び温度測定方法に関し、特に詳しくは、蛍光の寿命に応じて温度を測定する温度センサ、温度測定方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

温度センサとして、蛍光体を用いた蛍光式温度センサが広く利用されている。蛍光式温度センサでは、温度により蛍光特性が変化する蛍光体を用いて温度を測定する。具体的には、光源からの励起光を蛍光体に照射して、蛍光体で発生した蛍光を検出する。そして、蛍光寿命などの蛍光特性の変化によって、温度を測定している。

【0003】

50

蛍光体を含む蛍光材料は、光ファイバの先端に配設される。そして、光源から出射した励起光は光ファイバを介して蛍光体に入射する。また、蛍光体で発生した蛍光は光ファイバを介して光センサで検出される。蛍光強度は、例えば、 $I_0 e^{-a \cdot t}$ にしたがって減衰する。なお、 t は時間、 e は自然対数の底(2.718・・・)である。また、 I_0 、及び a は任意の正数である。

【0004】

このような蛍光式温度センサにおいて、蛍光緩和時間を求めて、温度を測定するものが開示されている(特許文献1)。この温度センサでは、LEDが消灯した後、基準光量 S_1 、 S_2 の $1/e$ 倍となるまでの時間を蛍光緩和時間としている。そして、予め計測された蛍光緩和時間と温度 T との関係から、温度を算出している。

10

【0005】

さらに、蛍光強度を積分して、温度を測定するものが開示されている(特許文献2)。この方法では、3つの区間($T_1 \sim T_2$ 、 $T_2 \sim T_3$ 、 $T_3 \sim T_4$)において蛍光強度を積分している(Fig. 8参照)。そして、中央の積分区間($T_2 \sim T_3$)の積分時間を $n_2 \Delta t$ 、両側の積分区間の積分時間($T_1 \sim T_2$ 、 $T_3 \sim T_4$)を $n_1 \Delta t$ 、 $n_3 \Delta t$ とすると、 $n_2 \Delta t = n_1 \Delta t + n_3 \Delta t$ となる。そして、2つの区間($T_1 \sim T_2$ 、 $T_3 \sim T_4$)における積分値の和から、中央の区間($T_2 \sim T_3$)における積分値を引いた値を θ としている。この θ によって、温度を測定している。

【特許文献1】特開2002-71473号公報

【特許文献2】米国特許第4816687号明細書

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

光センサで検出した蛍光強度の信号には、蛍光体で発生した蛍光成分に比べて、ノイズやオフセット(ゼロレベル)が加わっている。すなわち、光センサで実際に検出された蛍光強度の信号には、時間的に変動するノイズや、測定用の電気回路などによって決まるオフセット(ゼロレベル)が不可避免的に加算されてしまう。また、光源を消灯した直後の初期蛍光強度が変動することもある。特許文献1の温度センサでは、ノイズやオフセットが加わったまま、温度を算出している。従って、正確な測定を行うことができない。

【0007】

30

また、特許文献2では、ロックイン検知を用いており、高速な応答が原理的に困難である。すなわち、特許文献2の方法では、積分区間の設定を自由に行うことができず、検出時間が長くなってしまう。従って、一度光源を点灯、消灯すると、次の測定までに時間がかかってしまう。このように、特許文献2の方法では、応答速度を高くすることが困難であるという問題点がある。

【0008】

本発明は、このような問題点を解決するためになされたもので、高い応答速度で正確な測定を行うことができる温度センサ及び温度測定方法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】

【0009】

40

本発明の第1の態様にかかる温度センサは、蛍光体で発生した蛍光の寿命に応じて温度を測定する温度センサであって、励起光を出射する光源と、前記励起光によって蛍光を発生する蛍光体と、前記蛍光を検出して、蛍光強度に応じた蛍光信号を出力する光検出器と、前記光検出器からの蛍光信号に基づいて温度を算出する処理部とを備え、前記処理部が、前記蛍光信号が減衰中の予め設定された3以上の期間における前記蛍光信号の積分値をそれぞれ算出し、前記3以上の期間のうち同じ時間幅を有する3以上の期間における前記積分値に基づいて、第1の差分値及び第2の差分値を算出し、前記第1の差分値及び前記第2の差分値の差分比率から、蛍光寿命を算出し、予め記憶された温度と前記蛍光寿命との関係を参照して、前記蛍光寿命を温度に換算しているものである。

【0010】

50

本発明の第 2 の態様にかかる温度センサは、前記第 1 の態様において、前記処理部が、式 (1) 及び (2) を満たすように、4 つの前記期間を設定し、

【数 1】

$$t_B - t_A = t_D - t_C \quad \dots (1)$$

$$t_C = N t_A \quad \dots (2)$$

(t_A は第 1 の前記期間の積分開始時刻、 t_B は第 2 の前記期間の積分開始時刻、 t_C は第 3 の前記期間の積分開始時刻、 t_D は第 4 の前記期間の積分開始時刻、 N は任意の定数)

【0 0 1 1】

10

前記差分比率を、式 (3) により算出し、

【数 2】

$$\alpha = \frac{S_A - S_B}{S_C - S_D} \quad \dots (3)$$

(α は前記差分比率、 S_A は第 1 の前記期間の積分値、 S_B は第 2 の前記期間の積分値、 S_C は第 3 の前記期間の積分値、 S_D は第 4 の前記期間の積分値)

【0 0 1 2】

前記蛍光寿命を、式 (4) により算出するものである。

20

【数 3】

$$\tau = \frac{(N-1)t_A}{\ln(\alpha)} \quad \dots (4)$$

(τ は前記蛍光寿命)

【0 0 1 3】

本発明の第 3 の態様にかかる温度センサは、前記第 1 の態様において、前記処理部が、式 (5) 及び (6) を満たすように、3 つの前記期間を設定し、

【数 4】

30

$$t_B - t_A = t_C - t_B \quad \dots (5)$$

$$t_B = N t_A \quad \dots (6)$$

(t_A は第 1 の前記期間の積分開始時刻、 t_B は第 2 の前記期間の積分開始時刻、 t_C は第 3 の前記期間の積分開始時刻、 N は任意の定数)

【0 0 1 4】

前記差分比率を、式 (7) により算出し、

【数 5】

40

$$\alpha = \frac{S_A - S_B}{S_B - S_C} \quad \dots (7)$$

(α は前記差分比率、 S_A は第 1 の前記期間の積分値、 S_B は第 2 の前記期間の積分値、 S_C は第 3 の前記期間の積分値)

【0 0 1 5】

前記蛍光寿命を、式 (8) により算出するものである。

【数 6】

$$\tau = \frac{(N-1)t_A}{\ln(\alpha)} \quad \cdots (8)$$

(τ は前記蛍光寿命)

【0016】

本発明の第4の態様にかかる温度センサは、前記第1及至3のいずれか1つの態様において、測定する温度のレンジ、前記蛍光信号に含まれるノイズ、前記蛍光強度の分解能、蛍光減衰波形のいずれか1以上に応じて、前記期間の設定を変化させるものである。

10

【0017】

本発明の第5の態様にかかる温度測定方法は、励起光によって発生した蛍光の蛍光寿命に応じて温度を測定する温度測定方法であって、蛍光体に励起光を照射するステップと、前記励起光によって前記蛍光体で発生した蛍光を検出するステップと、前記蛍光信号が減衰中の予め設定された3以上の期間における前記蛍光信号の積分値をそれぞれ算出するステップと、前記3以上の期間のうち同じ時間幅を有する3以上の期間における前記積分値に基づいて、第1の差分値及び第2の差分値を算出するステップと、前記第1の差分値及び前記第2の差分値の差分比率から、蛍光寿命を算出するステップと、予め記憶された温度と前記蛍光寿命との関係を参照して、前記蛍光寿命を温度に換算するステップとを備えたものである。

20

【0018】

本発明の第6の態様にかかる温度測定方法は、前記第5の態様において、式(9)及び(10)を満たすように、4つの前記期間を設定するステップと、

【数 7】

$$t_B - t_A = t_D - t_C \quad \cdots (9)$$

$$t_C = N t_A \quad \cdots (10)$$

(t_A は第1の前記期間の積分開始時刻、 t_B は第2の前記期間の積分開始時刻、 t_C は第3の前記期間の積分開始時刻、 t_D は第4の前記期間の積分開始時刻、 N は任意の定数)

30

【0019】

前記差分比率を、式(11)により算出するステップと、

【数 8】

$$\alpha = \frac{S_A - S_B}{S_C - S_D} \quad \cdots (11)$$

(α は前記差分比率、 S_A は第1の前記期間の積分値、 S_B は第2の前記期間の積分値、 S_C は第3の前記期間の積分値、 S_D は第4の前記期間の積分値)

【0020】

40

前記蛍光寿命を、式(12)により算出するステップとを備えたものである。

【数 9】

$$\tau = \frac{(N-1)t_A}{\ln(\alpha)} \quad \cdots (12)$$

(τ は前記蛍光寿命)

【0021】

本発明の第7の態様にかかる温度測定方法は、前記第5の態様において、式(13)及び(14)を満たすように、3つの前記期間を設定するステップと、

50

【数 1 0】

$$t_B - t_A = t_C - t_B \quad \cdots (13)$$

$$t_B = N t_A \quad \cdots (14)$$

(t_A は第 1 の前記期間の積分開始時刻、 t_B は第 2 の前記期間の積分開始時刻、 t_C は第 3 の前記期間の積分開始時刻、 N は任意の定数)

【0 0 2 2】

前記差分比率を、式 (15) により算出するステップと、

【数 1 1】

$$\alpha = \frac{S_A - S_B}{S_B - S_C} \quad \cdots (15)$$

(α は前記差分比率、 S_A は第 1 の前記期間の積分値、 S_B は第 2 の前記期間の積分値、 S_C は第 3 の前記期間の積分値)

【0 0 2 3】

前記蛍光寿命を、式 (16) により算出するステップとを備えたものである。

【数 1 2】

$$\tau = \frac{(N-1)t_A}{\ln(\alpha)} \quad \cdots (16)$$

(τ は前記蛍光寿命)

【0 0 2 4】

本発明の第 8 の態様にかかる温度測定方法は、前記第 5 及至 7 のいずれか 1 つの態様において、測定する温度のレンジ、前記蛍光信号に含まれるノイズ、前記蛍光強度の分解能、蛍光減衰波形のいずれか 1 以上に応じて、前記期間の設定を変化させるステップを備えたものである。

【発明の効果】

【0 0 2 5】

本発明によれば、高い応答速度で正確な測定を行うことができる温度センサ及び温度測定方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0 0 2 6】

発明の実施の形態 1 .

以下に、本発明を適用した具体的な実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。図 1 は、温度センサの構成を模式的に示す図である。

【0 0 2 7】

温度センサは、光源駆動回路 11、光源 12、受光素子 13、受光信号処理回路 14、蛍光体 15、光ファイバ 16、導波路ロッド 17、及び保護管 18 を有している。本実施の形態にかかる温度センサは、温度により蛍光特性が変化する蛍光体 15 を用いて温度を測定する蛍光式温度センサである。従って、蛍光体 15 が設けられている部分が感熱部となる。そして感熱部を測定試料に当接させると、蛍光体 15 の温度が変化する。すなわち、測定試料から蛍光体 15 への熱伝導、又はその反対の熱伝導によって、蛍光体 15 の温度が測定試料と等しくなる。蛍光体 15 はその温度によって、蛍光寿命が変化する。従って、蛍光寿命に応じて温度を測定することができる。すなわち、蛍光の減衰曲線に基づいて、温度を測定することができる。

【0 0 2 8】

蛍光体 15 と、導波路ロッド 17 と、保護管 18 とが、センサプロープ 20 を構成する

10

20

30

40

50

。光源駆動回路 11 と、光源 12 と、受光素子 13 と、受光信号処理回路 14 とが、本体部 21 を構成する。そして、センサプローブ 20 を本体部 21 に取り付けられた状態で測定を行う。

【0029】

光源 12 は、蛍光体 15 を励起するための励起光を照射する。そして、この励起光が光ファイバ 16 及び導波路ロッド 17 を通って、蛍光体 15 に入射する。蛍光体 15 は、励起光によって、励起され、蛍光を発生する。この蛍光が光ファイバ 16 及び導波路ロッド 17 を通って、受光素子 13 で検出される。

【0030】

光源駆動回路 11 は、光源 12 を駆動するための駆動信号を出力する。光源 12 は、例えば LED などであり、所定のパルス幅、パルス波形の光を出射する。すなわち、光源 12 は、光源駆動回路 11 からの駆動信号に応じたパルス光を出射する。ここでは、受光素子 13 で検出された信号が Ae^{-at} にしたがって、減衰するようなパルス波形にする。t は時間、e は自然対数の底 (2.718...) である。また、A 及び a は任意の正数である。なお、光源 12 から出射するパルス光の波形は、特に限定されるものではない。

【0031】

導波路ロッド 17 は、細長いロッド形状を有している。導波路ロッド 17 は、例えば、光を伝播する石英ロッドや光ファイバなどの導波路部材である。さらには、複数の光ファイバを束ねたバンドルファイバを用いてもよい。従って、導波路ロッド 17 は、石英やガラスなどの屈折率の高い透明材質により構成されている。光源 12 からの励起光、及び蛍光体 15 で発生した蛍光は、導波路ロッド 17 及び光ファイバ 16 内で全反射を繰り返し伝播していく。すなわち、導波路ロッド 17 及び光ファイバ 16 は、励起光を蛍光体 15 に照射するための投光路となる。なお、図 1 中、光ファイバ 16 が分岐して図示されているが、1 本のロッドやファイバであってもよい。そして、本体部 21 中に設けられたハーフミラーなどによって、励起光と蛍光が分離される。

【0032】

蛍光体 15 としては、例えば、ルビーやアレクサンドライトなどを用いることができる。ここでは、ルビーを蛍光体として用いている。また、接着剤などを用いて所定の蛍光材料を含む蛍光体 15 を導波路ロッド 17 の先端に固着してもよい。

【0033】

受光素子 13 は、例えば、フォトダイオードなどの光検出器である。従って、受光素子 13 は、受光量に応じた強度の信号を、受光信号処理回路 14 に出力する。ここで、受光素子 13 から出力される信号を、蛍光信号とする。蛍光信号は、蛍光体 15 で発生した蛍光の強度に応じた値になる。また、蛍光信号には、蛍光体 15 で発生した蛍光成分のみならず、ノイズやゼロレベル (オフセットレベル) が加わっている。

【0034】

受光信号処理回路 14 は、図 2 に示すように、蛍光信号測定モジュール 31 とデータ記憶装置 32 とを有している。受光信号処理回路 14 は、蛍光信号から温度を測定するための演算処理を行う。受光信号処理回路 14 は、CPU (Central Processing Unit)、ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory)、通信用のインターフェースなどを有し、測定のための各種信号処理を行う。例えば、受光信号処理回路 14 としてマイコンなどを用いることができる。受光信号処理回路 14 は、例えば ROM に格納された演算処理プログラムに従って各種の演算を実行する。もちろん、デジタル回路であってもよく、アナログ回路であってもよい。さらには、これらを組み合わせてもよい。受光信号処理回路 14 は、物理的に単一の装置に限られるものではない。

【0035】

例えば、蛍光信号測定モジュール 31 が、蛍光信号から温度を算出するための演算処理を行う。そして、蛍光信号測定モジュール 31 での演算結果が、適宜、データ記憶装置 32 に記憶される。データ記憶装置 32 は例えば、メモリなどの記憶デバイスである。すなわち、蛍光信号測定モジュール 31 は、データ記憶装置 32 に記憶されているデータを読

10

20

30

40

50

み出して、所定の演算処理を行う。そして、演算処理結果をデータ記憶装置 32 に記憶させる。

【0036】

データ記憶装置 32 は、蛍光強度記憶モジュール 33 と、積分光量記憶モジュール 34 と、差分比率記憶モジュール 35 と、蛍光寿命記憶モジュール 36、関係記憶モジュール 37 と、温度記憶モジュール 38 とを有している。なお、これらのモジュールは物理的に同一のメモリであってもよい。

【0037】

蛍光強度記憶モジュール 33 は、蛍光信号に基づいて蛍光強度を記憶する。すなわち、蛍光強度記憶モジュール 33 は、蛍光信号の強度を順番に蓄積していく。蛍光強度記憶モジュール 33 は蛍光信号のデータを時系列にしたがって蓄積していく。従って、蛍光強度記憶モジュール 33 には、蛍光を検出した時間に応じた数の蛍光信号のデータが蓄積される。この蛍光強度は、図 3 に示すようになっている。なお、図 3 は、受光素子 13 で検出された蛍光信号の時間変化を示す図である。図 3 の横軸は時間を示し、縦軸は蛍光信号の強度を示している。

【0038】

蛍光強度は、図 3 中の蛍光減衰曲線 $e^{-t/\tau}$ に示すように、光源 12 の消灯時刻から時間とともに減衰していく。すなわち、時間が経過すると蛍光強度が弱くなっていく。蛍光強度が減衰する速度は、蛍光体 15 の温度に依存している。蛍光信号には、オフセット電圧であるベースライン電圧（以下、ゼロレベル C）が重畳されている。すなわち、蛍光が減衰しきった後でも、蛍光強度は 0 にならず、ゼロレベル C で一定になる。さらに、蛍光信号には、白色雑音のように振舞うノイズが存在する。このノイズを $n(t)$ とする。このノイズは時間によって変動するため、時間 t の関数になっている。ノイズ $n(t)$ はランダムに発生する。このように、蛍光信号は、実際に蛍光体 15 で発生した蛍光成分にノイズ $n(t)$ とゼロレベル C が重畳された強度となる。そして、光源 12 を消灯後、蛍光信号は、指数関数的に減衰していく。従って、光源 12 を消灯後、十分な時間が経過すると、ノイズ $n(t)$ を除いた蛍光強度は、ゼロレベル C で略一定になる。

【0039】

そして、蛍光信号測定モジュール 31 は、蛍光強度記憶モジュール 33 に記憶されている蛍光強度のデータに基づいて、蛍光強度を積分する。算出された積分光量は、積分光量記憶モジュール 34 に記憶される。ここでは、図 3 に示すように、予め設定されている 4 つの期間 A、B、C、D に対してそれぞれ積分光量（積分値）を算出する。例えば、期間 A における積分光量は、時間 $t_A \sim t_A + \Delta t$ までの蛍光強度の総和になる。さらに、期間 A ～ 期間 D は同じ時間幅 Δt になるように設定されている。したがって、期間 B の積分光量は、時間 $t_B \sim t_B + \Delta t$ までの蛍光強度の総和になる。また、期間 C の積分光量は、時間 $t_C \sim t_C + \Delta t$ までの蛍光強度の総和になる。このように、期間 A ～ D の蛍光強度を積分して、各期間の積分値を求める。

【0040】

なお、期間 A ～ D での積分光量を $S_A \sim S_D$ とすると、積分光量 $S_A \sim S_D$ は以下の式（17）～（20）で示される。

10

20

30

40

【数 1 3】

$$S_A = I_0 \int_{t_A}^{t_A+\Delta t} (e^{-t/\tau} + n(t) + C) dt = I_0 \frac{e^{-t_A/\tau} - e^{-(t_A+\Delta t)/\tau}}{\tau} + I_0 C \Delta t = I_0 \frac{e^{-t_A/\tau} (1 - e^{-\Delta t/\tau})}{\tau} + I_0 C \Delta t \quad \cdots (17)$$

$$S_B = I_0 \int_{t_B}^{t_B+\Delta t} (e^{-t/\tau} + n(t) + C) dt = I_0 \frac{e^{-t_B/\tau} - e^{-(t_B+\Delta t)/\tau}}{\tau} + I_0 C \Delta t = I_0 \frac{e^{-t_B/\tau} (1 - e^{-\Delta t/\tau})}{\tau} + I_0 C \Delta t \quad \cdots (18)$$

$$S_C = I_0 \int_{t_C}^{t_C+\Delta t} (e^{-t/\tau} + n(t) + C) dt = I_0 \frac{e^{-t_C/\tau} - e^{-(t_C+\Delta t)/\tau}}{\tau} + I_0 C \Delta t = I_0 \frac{e^{-t_C/\tau} (1 - e^{-\Delta t/\tau})}{\tau} + I_0 C \Delta t \quad \cdots (19)$$

$$S_D = I_0 \int_{t_D}^{t_D+\Delta t} (e^{-t/\tau} + n(t) + C) dt = I_0 \frac{e^{-t_D/\tau} - e^{-(t_D+\Delta t)/\tau}}{\tau} + I_0 C \Delta t = I_0 \frac{e^{-t_D/\tau} (1 - e^{-\Delta t/\tau})}{\tau} + I_0 C \Delta t \quad \cdots (20)$$

【0 0 4 1】

$e^{-t/\tau}$ は、蛍光減衰曲線を示す関数である。 I_0 は、初期蛍光強度であり、 $t = 0$ 、たとえば、光源消灯時刻での蛍光強度になる。また、光源消灯直後の蛍光強度にノイズが含まれる場合は光源消灯直後から数 m s e c 後の蛍光強度としてもよい。 τ は、蛍光寿命であり、周囲の温度 T の関数となるため、 $\tau = \tau(T)$ となる。 $n(t)$ は、前記ノイズを表す関数である。 C は、前記オフセットを表す定数である。

【0 0 4 2】

そして、蛍光信号測定モジュール 3 1 は、前記期間 A ~ D を、以下の式 (2 1) 及び (2 2) に基づいて設定する。すなわち、式 (2 1) 及び (2 2) を満たすような積分開始時刻 t_A 、 t_B 、 t_C 、 t_D が設定される。

【数 1 4】

$$t_B - t_A = t_D - t_C \quad \cdots (21)$$

$$t_C = N t_A \quad \cdots (22)$$

【0 0 4 3】

なお、式 (2 2) 中の N は、任意に設定可能な定数であり、整数であることに限定されるものではない。

【0 0 4 4】

蛍光信号測定モジュール 3 1 は、上記のようにして設定した期間 A ~ D の積分光量 S_A ~ S_D の差分比率を求める。この差分比率を α とおくと、差分比率 α は、以下の式 (2 3) により算出される。算出された差分比率 α は、差分比率記憶モジュール 3 5 に記憶される。

【数 1 5】

$$\alpha = \frac{S_A - S_B}{S_C - S_D} \quad \cdots (23)$$

【0 0 4 5】

積分光量 S_A ~ S_D は、前記積分光量記憶モジュール 3 4 に記憶されたデータを読み出すことにより得られる。ここでは、 $S_A - S_B$ 及び $S_C - S_D$ の 2 つの差分値についての比率を算出している。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 6 】

ここで、積分光量 $S_A \sim S_D$ には、式 (1 7) ~ (2 0) に示されるように、ゼロレベル C とノイズ $n(t)$ の項が存在する。しかし、 $S_A - S_B$ 及び $S_C - S_D$ のように 2 つの積分値の差分を求めることによって、ゼロレベル C 及びノイズ $n(t)$ を補正することができる。すなわち、各期間の時間幅 Δt が同じであるため、ゼロレベル $C \times \Delta t$ がキャンセルされる。また、時間幅 Δt をある程度長くすると、期間 $A \sim D$ でノイズ $n(t)$ が 0 に収束していく。さらに、時間幅 Δt が等しいため、期間 $A \sim D$ でノイズ $n(t)$ が略同じ値になる。よって、ノイズ $n(t)$ の差が 0 に収束していき、ノイズ成分がキャンセルされる。これにより、ノイズによる影響を排除することができ、精度の高い測定を行うことができる。また、差分の比率を取ることによって、初期蛍光強度の変動による影響が低減される。

10

【 0 0 4 7 】

次いで、蛍光信号測定モジュール 3 1 は、前記差分比率 α に基づいて、蛍光寿命 τ を算出する。蛍光寿命 τ は、以下の式 (2 4) により算出される。算出された蛍光寿命 τ は、蛍光寿命記憶モジュール 3 6 に記憶される。

【 数 1 6 】

$$\tau = \frac{(N-1)t_A}{\ln(\alpha)} \quad \cdots (24)$$

20

【 0 0 4 8 】

以下に、式 (2 4) がどのようにして導かれるかを説明する。前記差分比率 α は、式 (2 3) 及び式 (1 7) ~ (2 0) により、以下の式 (2 5) に書き換えることができる。

【 数 1 7 】

$$\alpha = \frac{S_A - S_B}{S_C - S_D} = \frac{e^{-t_A/\tau} - e^{-t_B/\tau}}{e^{-t_C/\tau} - e^{-t_D/\tau}} = \frac{e^{-t_A/\tau} \{1 - e^{-(t_B - t_A)/\tau}\}}{e^{-t_C/\tau} \{1 - e^{-(t_D - t_C)/\tau}\}} \quad \cdots (25)$$

【 0 0 4 9 】

30

式 (2 5) に、式 (2 1) 及び (2 2) の関係を当てはめると、以下の式 (2 6) が導かれる。

【 数 1 8 】

$$\alpha = \exp \{ (N-1)t_A/\tau \} \quad \cdots (26)$$

【 0 0 5 0 】

式 (2 6) の両項に自然対数をとると、以下の式 (2 7) が導かれ、この式 (2 7) から前記式 (2 4) が導かれる。

【 数 1 9 】

40

$$(1/\tau) = \ln(\alpha) / \{(N-1)t_A\} \quad \cdots (27)$$

【 0 0 5 1 】

このように、蛍光寿命 τ は、式 (2 1) 及び (2 2) を満たすように期間 $A \sim D$ (積分開始時刻 $t_A \sim t_D$) を設定することによって、積分開始時刻 t_A 、定数 N 、及び差分比率 α から算出することができる。

【 0 0 5 2 】

そして、蛍光信号測定モジュール 3 1 は、前記蛍光寿命 τ に基づいて温度を決定する。すなわち、蛍光寿命 τ が測定温度によって変化する変数となる。そして、変数である蛍光寿命 τ が温度に換算される。減衰曲線は、周囲の温度 T によって変化する。

50

【 0 0 5 3 】

このように、蛍光減衰曲線関数 $e^{-t/\tau}$ は、温度に応じて変化する。このため、蛍光寿命 τ も温度 T によって変化する。すなわち、蛍光寿命 τ が決まると温度 T が決まる。蛍光信号測定モジュール 31 は、予め用意されている蛍光寿命 τ と温度 T との関係を参照して、蛍光寿命 τ を温度 T に変換する。蛍光寿命 τ と温度 T との関係は、関係記憶モジュール 37 に記憶されている。

【 0 0 5 4 】

例えば、蛍光寿命 τ と温度 T との関係は、図 4 に示すようになる。図 4 において、横軸は蛍光寿命 τ 、縦軸は周囲の温度 T を示している。なお、図 4 は、積分時間を 1 m s e c としたときの結果を示すグラフである。すなわち、消灯時間を 0 とすると、 S_A は 0 ~ 1 m s e c の積分値、 S_B は 1 ~ 2 m s e c の積分値、 S_C は 2 ~ 3 m s e c の積分値、 S_D は 3 ~ 4 m s e c の積分値となっている。例えば、校正用の基準温度を何点か測定して、関係式を算出する。すなわち、温度が既知の測定試料に対して測定を行い、蛍光寿命 τ を求める。そして、異なる温度で測定を複数回を行い、関係式（校正関数）を導出する。ここでは、蛍光寿命 τ と温度 T との関数を多項式で近似することによって、蛍光寿命 τ と温度 T との関係式を求めている。なお、近似式は、任意の次数の多項式を用いることができる。もちろん、多項式以外の式で近似してもよい。このような近似式に蛍光寿命 τ を代入することで、温度 T が算出される。もちろん、近似式ではなく、蛍光寿命 τ と温度 T との関係を示す換算テーブルを参照して、蛍光寿命 τ を温度 T に換算してもよい。蛍光信号測定モジュール 31 は、測定した温度を温度記憶モジュール 38 に記憶させる。温度記憶モジュール 38 は、測定した温度を順次蓄積していく。

【 0 0 5 5 】

このような処理で温度を求めることで、より正確に測定することができる。すなわち、積分光量の差分を求めることで、オフセット及びノイズの影響を排除することができる。さらに、差分比率を求めることで、初期蛍光強度 I_0 の変動の影響を排除することができる。これにより、瞬時の変動の影響を抑制することができ、高精度化が可能になる。また、積分期間 A ~ D を上記式（21）及び（22）を満たすように設定することにより、蛍光寿命 τ を式（24）を用いて簡便に算出することができる。これにより、処理速度を向上させることができる。また、メモリの使用容量を減らすことができる。

【 0 0 5 6 】

さらに、上記の測定では、期間 A ~ D を自由に設定することができる。よって、期間 A ~ D を蛍光強度が減衰しきる前の時間帯に設定することができる。また、最小自乗法や、フィードバック制御を用いずに測定することが可能になり、演算処理を短時間で行うことができる。このため、処理速度を向上することができる。すなわち、蛍光強度が減衰しきるまで待たなくてよくなるため、測定時間を短縮することができる。よって、温度センサの応答性を向上することができる。さらに、期間 A ~ D は一部が重なっていてもよく、離れていてもよい。

【 0 0 5 7 】

さらに、測定温度のレンジに応じて、積分期間を変更することで、より精度の高い測定が可能になる。例えば、低温レンジでは、蛍光の減衰曲線は比較的なだらかなるため、積分光量の差分が小さくなるが、積分開示時刻や積分時間範囲を調整することで、十分な差分を測定することが可能となる。また、高温レンジでは、光源 12 を消灯後の早い時間帯に積分期間を設定することができるため、応答性を向上させることができる。

【 0 0 5 8 】

なお、測定レンジの判別については、例えば、最も早い期間である期間 A の積分光量を用いることができる。すなわち、積分光量 S_A に応じて、高温レンジか低温レンジかを判別する。そして、実際に使用する期間を使い分ける。積分光量 S_A が所定の範囲ならば、時間幅を維持する。積分光量 S_A が所定の範囲以下の場合は、高温レンジとして、積分時間を短くする。また、積分光量 S_A が所定の範囲よりも大きい場合、時間幅を長くする。このようにすることで、低温時でも高温時でも精度の高い測定が可能になる。

【 0 0 5 9 】

このように、測定レンジに応じて期間の設定を変更することができる。これにより、精度の高い測定が可能になる。期間の設定を変更する場合、期間 A ~ D と異なる期間 E、F、Gなどを予め設定しておいてもよい。予め5以上の期間を設定しておき、測定レンジに応じて期間を使い分けるようにしてもよい。もちろん、測定レンジの判別は特に限定されるものではない。このように、各期間の開始時間、及び時間幅の設定を可変にすることで、より精度の高い温度測定を行うことができる。また、期間を使い分ける場合は、それぞれの蛍光寿命 τ に対する関係式、又は換算テーブルを記憶させておく。また、上述したように測定レンジに応じて期間の設定を行うほか、蛍光信号に含まれるノイズの大きさ、蛍光強度の分解能、蛍光減衰波形に応じて期間の設定を行っても良い。例えばノイズが小さい場合は期間を小さく設定しても良いし、デジタルデータ化された蛍光強度の時間変化が、たとえば A / D 変換の分解能に対して小さいときには、それに応じて期間を設定できる。また、図3に示したような蛍光減衰波形が指数関数的な挙動を示す範囲に限定して期間を設定するようにしても良い。これらの要素のうち、いずれか1以上を考慮して期間の設定を行うようにすることが好ましい。

10

【 0 0 6 0 】

さらに、差分比率 α は、式(23)に限定されるものではない。すなわち、同じ時間幅を有する2つの期間の差分値に基づいたものであればよい。このように、ノイズ $n(t)$ 、ゼロレベル C の影響が低減できるような比率であればよい。したがって、同じ時間幅を有する2期間における積分値に基づいて、差分値を算出する。そして、測定温度によって変化する変数を2つの差分値の比から算出すればよい。すなわち、2つの差分値に基づいて変数を算出すればよい。このようにすることで、初期蛍光強度 I_0 の変動、ノイズ $n(t)$ 、ゼロレベル C の影響を低減することができる。

20

【 0 0 6 1 】

次に、図5を用いて、本実施の形態に係る温度センサを用いた温度測定方法について説明する。まず、センサプローブ20の感熱部を測定試料に接触させた状態で、光源12を点灯する(ステップS101)。そして、一定の時間経過後、光源12を消灯する(ステップS102)。すなわち、所定のパルス幅だけ、光源12を点灯させる。そして、そして、励起光によって発生した蛍光を受光素子13で検出して、蛍光強度のデータをメモリに取り込む(ステップS103)。これにより、蛍光強度記憶モジュール33に、蛍光強度のデータが記憶される。

30

【 0 0 6 2 】

そして、期間 A の積分光量 S_A を算出して(ステップS104)、メモリに取り込む(ステップS105)。また、期間 B の積分光量 S_B を算出して(ステップS106)、メモリに取り込む(ステップS107)。期間 C の積分光量 S_C を算出して(ステップS108)、メモリに取り込む(ステップS109)。期間 D の積分光量 S_D を算出して(ステップS110)、メモリに取り込む(ステップS111)。これらの期間 A ~ D (積分開始時刻 $t_A \sim t_D$) は、前記式(21)及び(22)に基づいて、予め設定されている。これらの処理は、並列して行ってもよい。

【 0 0 6 3 】

そして、差分値、差分比率 α 、及び蛍光寿命 τ を求めるための計算を行う(ステップS112)。ここでは、同じ積分時間の2つの積分値に対する差分値を算出する。また、これらの2つの差分値から差分比率 α を算出する。さらに、この差分比率 α を用いて蛍光寿命 τ を算出する。差分比率 α 及び蛍光寿命 τ の計算結果をメモリに取り込む(ステップS113)。差分比率 α は差分比率記憶モジュール36に記憶される。蛍光寿命 τ は蛍光寿命記憶モジュール37に記憶される。また、予め記憶されている換算テーブルを読み出し(ステップS114)、温度を照合する(ステップS115)。これにより、蛍光寿命 τ が温度 T に変換される。

40

【 0 0 6 4 】

照合した温度をメモリに取り込む(ステップS116)とともに、表示画面上に表示させ

50

る（ステップ S 1 1 7）。これにより、温度測定が終了する。このようにして温度を測定することで、測定精度を高くすることができる。また、短時間で測定することができるため、応答性を速くすることができる。さらに、演算処理に使用するメモリ容量を削減することができる。

【 0 0 6 5 】

図 6 に示すのは、上記図 5 のステップ S 1 1 4 において換算テーブルを用いるのに対し、校正用の計算式（近似式）を用いる場合のフローチャートである。この場合には、前記ステップ S 1 1 4 及びステップ S 1 1 5 の替わりに、予め記憶された校正用の計算式を読み出し（ステップ S 2 1 4）、温度を算出する（ステップ S 2 1 5）。校正用の計算式は、関係記憶モジュール 3 7 に記憶されている。図 6 に示すフローチャートの前記ステップ S 2 1 4 及びステップ S 2 1 5 以外の部分については、図 5 に示すフローチャートと同様である。

10

【 0 0 6 6 】

次に、図 7 を用いて、温度の校正方法について説明する。校正は、例えば、温度センサの受光信号処理回路 1 4 が外部処理装置に接続された状態で行われる。外部処理装置としては、例えば、関係式を求めるためのプログラムが格納されたパソコンを用いることができる。まず、基準温度を測定するための試料を用意して、試料にセンサプローブ 2 0 の感熱部を接触させる。そして、光源を点灯し（ステップ S 3 0 1）、所定の時間経過後、光源を消灯する（ステップ S 3 0 2）。蛍光を消灯した後の蛍光データを内部メモリに取り込む（ステップ S 3 0 3）。すなわち、蛍光強度記憶モジュール 3 3 に蛍光強度のデータを記憶させる。そして、蛍光データを外部メモリに転送する（ステップ S 3 0 4）。すなわち、受光信号処理回路 1 4 を外部処理装置であるパソコンに接続して、蛍光データを外部処理装置の外部メモリに転送する。このパソコンには、関係式を求めるためのプログラムが格納されている。

20

【 0 0 6 7 】

さらに、ステップ S 3 0 2 ～ステップ S 3 0 4 と並行して、周囲温度を測定する（ステップ S 3 0 5）。ここでの温度測定は、別の温度センサによって行われる。例えば、既に校正が終了している蛍光式の温度センサを用いて温度を測定する。もちろん、蛍光式温度センサ以外の温度センサを用いて測定してもよい。そして、この周囲温度が校正を行うための基準温度となる。周囲温度を別の温度センサの内部メモリに取り込む（ステップ S 3 0 6）。そして、その周囲温度を外部メモリに転送する（ステップ S 3 0 7）。この外部メモリは、上記の蛍光データが転送された外部処理装置に設けられているメモリである。

30

【 0 0 6 8 】

そして、蛍光データの減衰曲線に対して、期間を設定する（ステップ S 3 0 8）。ここでは、4 つの期間に対して、開始時刻、時間幅、終了時間などが設定される。期間の設定は、操作者が行ってもよく、予め定められていてもよい。これらの期間は蛍光強度が減衰しきるまでの時間帯で設定される。そして、蛍光寿命 τ を算出する（ステップ S 3 0 9）。そして、異なる温度で複数回測定を行い、基準温度との関係式を導出する（ステップ S 3 1 0）。ここでは、最小自乗法などを用いて、蛍光寿命 τ と温度 T との関係式を多項式で近似する。従って、多項式の各項の係数が算出される。これにより、図 4 のようなグラフを得ることができる。

40

【 0 0 6 9 】

そして、測定器メモリの関係式を保存する（ステップ S 3 1 1）。これにより、関係記憶モジュール 3 7 に関係式が記憶される。もちろん、関係式を求めたときの期間の設定も記憶させる。このようにして、温度センサの校正が終了する。さらに、5 以上の期間を設定しておいてもよい。この場合、使い分ける期間に応じて、それぞれ蛍光寿命と温度の関係式を算出しておく。すなわち、使い分ける期間毎に関係式を予め求めて、校正を行う。もちろん、関係式に限らず、換算テーブルを関係記憶モジュール 3 7 に記憶させてもよい。

【 0 0 7 0 】

50

発明の実施の形態 2 .

図 8 において、積分期間を 3 つとした場合の例が示されている。この場合には、蛍光信号測定モジュール 31 は、期間 A ~ C、すなわち積分開始時刻 $t_A \sim t_C$ を、以下の式 (28) 及び (29) を満たすように設定する。

【数 20】

$$t_B - t_A = t_C - t_B \quad \cdots (28)$$

$$t_B = N t_A \quad \cdots (29)$$

【0071】

10

これにより、各期間 A ~ C の蛍光積分 $S_A \sim S_C$ の積分比率 α は、以下の式 (30) のように表される。

【数 21】

$$\alpha = \exp \{ (N-1) t_A / \tau \} \quad \cdots (30)$$

【0072】

そして、式 (30) の両項に自然対数をとると、以下の式 (31) が導かれる。

【数 22】

$$(1/\tau) = \ln(\alpha) / \{ (N-1) t_A \} \quad \cdots (31)$$

20

【0073】

このように、積分期間を 3 つとした場合には、式 (28) 及び (29) を満たすように期間 A ~ C (積分開始時刻 $t_A \sim t_C$) を設定することによって、式 (31) のように、積分開始時刻 t_A 、定数 N、及び差分比率 α から蛍光寿命 τ を算出することができる。なお、定数 N は、上記実施の形態 1 と同様に、整数に限定されるものではない。

【0074】

このようにして算出された蛍光寿命 τ を用いて、上記実施の形態 1 と同様に、温度 T を求めることができる。これにより、上記実施の形態 1 と同様の効果に加え、積分演算処理の減少による処理速度の向上、またメモリ使用量の削減を図ることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0075】

【図 1】本発明にかかる温度センサの構成を模式的に示す図である。

【図 2】受信信号処理回路の構成を示すブロック図である。

【図 3】実施の形態 1 における蛍光の減衰曲線及び積分期間を示すグラフである。

【図 4】蛍光寿命と温度の関係を示すグラフである。

【図 5】本発明にかかる温度センサを用いた温度測定方法を示すフローチャートである。

【図 6】本発明にかかる温度センサを用いた別の温度測定方法を示すフローチャートである。

【図 7】本発明にかかる温度センサにおいて、校正方法を示すフローチャートである。

40

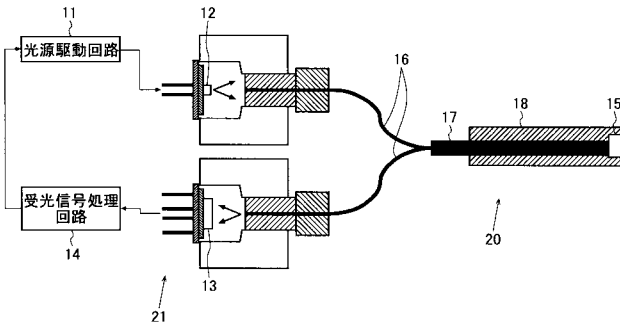
【図 8】実施の形態 2 における蛍光の減衰曲線及び積分期間を示すグラフである。

【符号の説明】

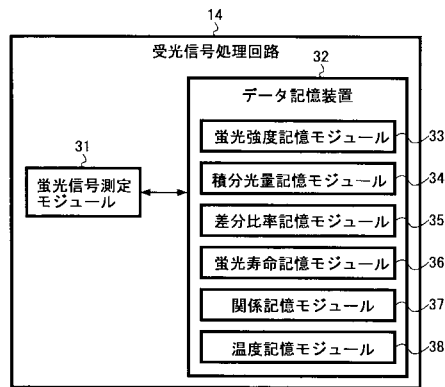
【0076】

11 光源駆動回路、12 光源、13 受光素子、14 受信信号処理回路、15 蛍光体、16 光ファイバ、17 導波路ロッド、20 センサプロブ、21 本体部、31 蛍光信号測定モジュール、32 データ記憶装置、33 蛍光強度記憶モジュール、34 積分光量記憶モジュール、35 差分比率記憶モジュール、36 蛍光寿命記憶モジュール、37 関係記憶モジュール、38 温度記憶モジュール

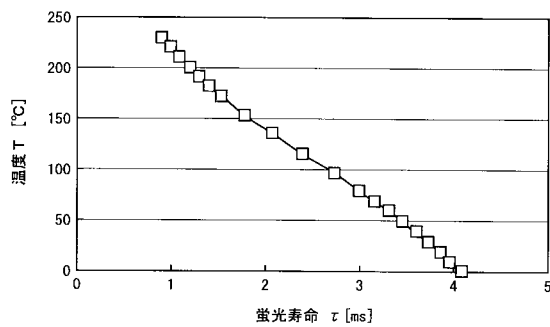
【図 1】



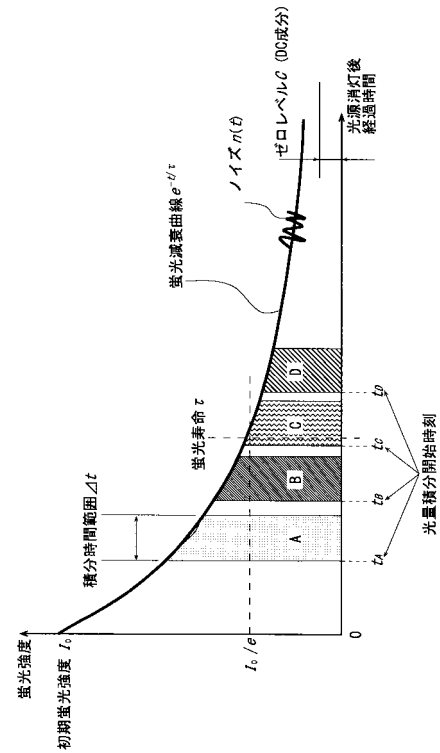
【図 2】



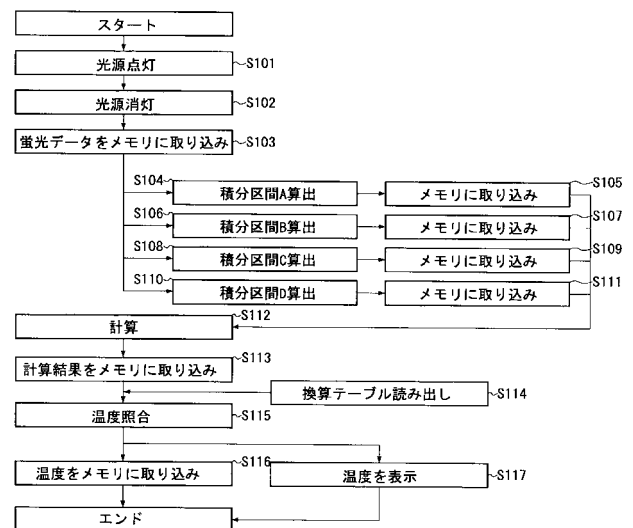
【図 4】



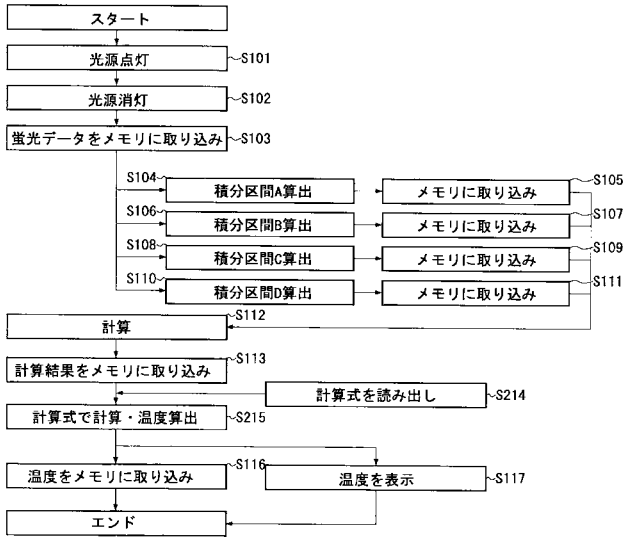
【図 3】



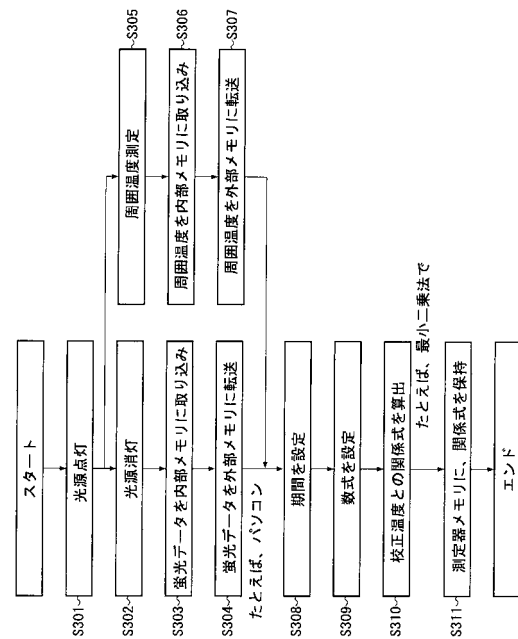
【図 5】



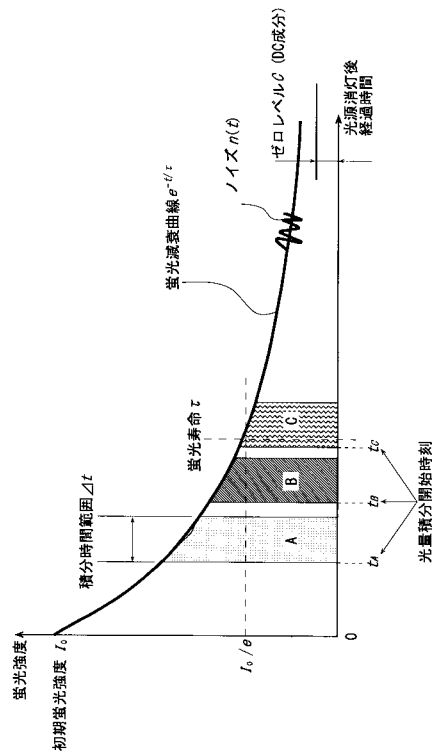
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

- (72)発明者 衣笠 静一郎
東京都千代田区丸の内 2 丁目 7 番 3 号 株式会社山武内
- (72)発明者 加藤 淳之
東京都千代田区丸の内 2 丁目 7 番 3 号 株式会社山武内
- (72)発明者 市田 俊司
東京都千代田区丸の内 2 丁目 7 番 3 号 株式会社山武内
- (72)発明者 柳川 雄成
東京都千代田区丸の内 2 丁目 7 番 3 号 株式会社山武内
- F ターム(参考) 2G066 AA20 BA19 BA38 BC02 BC30