

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4504318号
(P4504318)

(45) 発行日 平成22年7月14日(2010.7.14)

(24) 登録日 平成22年4月30日(2010.4.30)

(51) Int. Cl. F 1
GO 1 N 25/68 (2006.01) GO 1 N 25/68 B
GO 1 N 21/47 (2006.01) GO 1 N 21/47 C

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2006-12292 (P2006-12292)	(73) 特許権者	000006666
(22) 出願日	平成18年1月20日 (2006.1.20)		株式会社山武
(65) 公開番号	特開2007-192715 (P2007-192715A)		東京都千代田区丸の内2丁目7番3号
(43) 公開日	平成19年8月2日 (2007.8.2)	(74) 代理人	100064621
審査請求日	平成20年3月18日 (2008.3.18)		弁理士 山川 政樹
		(74) 代理人	100098394
			弁理士 山川 茂樹
		(72) 発明者	金井 良之
			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	岩切 研
			東京都千代田区丸の内2丁目7番3号 株
			式会社 山武内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鏡面冷却式露点計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

正方向への電流の供給を受けて、一方の面が低温側、他方の面が高温側とされる熱電冷却素子と、

この熱電冷却素子の前記一方の面側に取り付けられその鏡面が被測定気体に晒される鏡と、

前記鏡面に対して光を照射する発光手段と、

前記発光手段から前記鏡面に対して照射された光の散乱光を受光する受光手段と、

前記鏡面の温度を検出する温度検出手段と、

前記受光手段が受光する散乱光の受光量に基づいて、前記鏡面に生じる結露の増減がなくなる平衡状態になるように、前記熱電冷却素子へ供給する正方向への電流を制御する制御手段とを備えた鏡面冷却式露点計において、

前記受光手段が受光する散乱光の受光量と予め定められている第1の閾値との比較に基づいて、前記鏡面に生じる結露の増減がなくなる平衡状態からの前記被測定気体の露点の上昇を検出する一方、前記受光手段が受光する散乱光の受光量と予め定められている第2の閾値との比較に基づいて、前記被測定気体の露点の上昇からの前記平衡状態への回復を検出する露点上昇検出手段と、

前記露点の上昇が検出された場合、前記熱電冷却素子へ強制的に前記正方向とは反対の逆方向への電流を流す一方、前記露点の上昇からの平衡状態への回復が検出された場合、前記熱電冷却素子に供給する電流を正方向へ戻す手段と

10

20

を備えたことを特徴とする鏡面冷却式露点計。

【請求項 2】

請求項 1 に記載された鏡面冷却式露点計において、

前記露点上昇検出手段は、

前記受光手段が受光する散乱光の受光量が前記第 1 の閾値を上回った場合を前記露点の上昇として検出する一方、前記第 1 の閾値よりも小さくかつ露点付近での散乱光の受光量に近い値として設定された前記第 2 の閾値を下回った場合を前記露点の上昇からの平衡状態への回復として検出する

ことを特徴とする鏡面冷却式露点計。

【請求項 3】

請求項 1 に記載された鏡面冷却式露点計において、

前記露点上昇検出手段は、

前記受光手段が受光する散乱光の受光量の増加方向への変化量が前記第 1 の閾値を上回った場合を前記露点の上昇として検出する一方、前記第 1 の閾値よりも小さくかつ零に近い値として設定された前記第 2 の閾値を下回った場合を前記露点の上昇からの平衡状態への回復として検出する

ことを特徴とする鏡面冷却式露点計。

【請求項 4】

正方向への電流の供給を受けて、一方の面が低温側、他方の面が高温側とされる熱電冷却素子と、

この熱電冷却素子の前記一方の面側に取り付けられその鏡面が被測定気体に晒される鏡と、

前記鏡面に対して光を照射する発光手段と、

前記発光手段から前記鏡面に対して照射された光の正反射光を受光する受光手段と、

前記鏡面の温度を検出する温度検出手段と、

前記受光手段が受光する正反射光の受光量に基づいて、前記鏡面に生じる結露の増減がなくなる平衡状態になるように、前記熱電冷却素子へ供給する正方向への電流を制御する制御手段とを備えた鏡面冷却式露点計において、

前記受光手段が受光する正反射光の受光量と予め定められている第 1 の閾値との比較に基づいて、前記鏡面に生じる結露の増減がなくなる平衡状態からの前記被測定気体の露点の上昇を検出する一方、前記受光手段が受光する正反射光の受光量と予め定められている第 2 の閾値との比較に基づいて、前記被測定気体の露点の上昇からの前記平衡状態への回復を検出する露点上昇検出手段と、

前記露点の上昇が検出された場合、前記熱電冷却素子へ強制的に前記正方向とは反対の逆方向への電流を流す一方、前記露点の上昇からの平衡状態への回復が検出された場合、前記熱電冷却素子に供給する電流を正方向へ戻す手段と

を備えたことを特徴とする鏡面冷却式露点計。

【請求項 5】

請求項 4 に記載された鏡面冷却式露点計において、

前記露点上昇検出手段は、

前記受光手段が受光する正反射光の受光量が前記第 1 の閾値を下回った場合を前記露点の上昇として検出する一方、前記第 1 の閾値よりも大きくかつ露点付近での正反射光の受光量に近い値として設定された前記第 2 の閾値を下回った場合を前記露点の上昇からの平衡状態への回復として検出する

ことを特徴とする鏡面冷却式露点計。

【請求項 6】

請求項 4 に記載された鏡面冷却式露点計において、

前記露点上昇検出手段は、

前記受光手段が受光する正反射光の受光量の減少方向への変化量が前記第 1 の閾値を上回った場合を前記露点の上昇として検出する一方、前記第 1 の閾値よりも小さくかつ零に

10

20

30

40

50

近い値として設定された前記第2の閾値を下回った場合を前記露点の上昇からの平衡状態への回復として検出する

ことを特徴とする鏡面冷却式露点計。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、被測定気体に晒される鏡面をペルチェ素子などの熱電冷却素子を用いて冷却し、被測定気体に含まれる水蒸気の一部を鏡面上に結露させ、この結露の増減がなくなる平衡状態になったときの鏡面の温度を露点として検出する鏡面冷却式露点計に関するものである。

10

【背景技術】

【0002】

従来より、湿度測定法として、被測定気体の温度を低下させ、その被測定気体に含まれる水蒸気の一部を結露させたときの温度を測定することにより露点を検出する露点検出法が知られている。例えば、寒剤、冷凍機、電子冷却器などを用いて鏡を冷却し、この冷却した鏡の鏡面上の反射光の強度の変化を検出し、この時の鏡面の温度を測定することによって、被測定気体中の水分の露点を検出する鏡面冷却式露点計について知られている。

【0003】

この鏡面冷却式露点計には、利用する反射光の種類によって、2つのタイプがある。1つは、正反射光を利用する正反射光検出方式（例えば、特許文献1参照）、もう1つは、散乱光を利用する散乱光検出方式（例えば、特許文献2参照）である。

20

【0004】

〔正反射光検出方式〕

図11に正反射光検出方式を採用した従来の鏡面冷却式露点計の要部を示す。この鏡面冷却式露点計101は、被測定気体が流入されるチャンバ1と、このチャンバ1の内部に設けられた熱電冷却素子（ペルチェ素子）2を備えている。熱電冷却素子2の冷却面2-1には銅製ブロック3を介してボルト4が取り付けられており、熱電冷却素子2の加熱面2-2には放熱フィン5が取り付けられている。銅製ブロック3に取り付けられたボルト4の上面4-1は鏡面とされている。銅製ブロック3の側部には巻線式測温抵抗体（温度検出素子）6が埋め込まれている（図13参照）。また、チャンバ1の上部には、ボルト4の上面（鏡面）4-1に対して斜めに光を照射する発光素子7と、この発光素子7から鏡面4-1に対して照射された光の正反射光を受光する受光素子8とが設けられている。熱電冷却素子2の周囲には断熱材9が設けられている。

30

【0005】

この鏡面冷却式露点計101において、チャンバ1内の鏡面4-1は、チャンバ1内に流入される被測定気体に晒される。鏡面4-1に結露が生じていなければ、発光素子7から照射された光はそのほぼ全量が正反射し、受光素子8で受光される。したがって、鏡面4-1に結露が生じていない場合、受光素子8で受光される反射光の強度は大きい。

【0006】

熱電冷却素子2への電流を増大し、熱電冷却素子2の冷却面2-1の温度を下げて行くと、被測定気体に含まれる水蒸気が鏡面4-1に結露し、その水の分子に発光素子7から照射した光の一部が吸収されたり、乱反射したりする。これにより、受光素子8で受光される反射光（正反射光）の強度が減少する。この鏡面4-1における正反射光の変化を検出することにより、鏡面4-1上の状態の変化、すなわち鏡面4-1上に水分（水滴）が付着したことを知ることができる。

40

【0007】

さらに、受光素子8で受光される反射光の光量に基づいて、鏡面4-1に生じる結露の増減がなくなる平衡状態になるように、すなわち受光素子8で受光される反射光の光量に変化しなくなる平衡状態になるように、熱電冷却素子2へ供給する電流、すなわち鏡4側の面2-1を低温側、放熱フィン5側の面2-2を高温側とする正方向への電流を制御し

50

、この時の鏡面4-1の温度を温度検出素子6で測定することによって、被測定気体中の水分の露点を知ることができる。

【0008】

〔散乱光検出方式〕

図12に散乱光検出方式を採用した従来の鏡面冷却式露点計の要部を示す。この鏡面冷却式露点計102は、正反射光検出方式を採用した鏡面冷却式露点計101とほぼ同構成であるが、受光素子8の取り付け位置が異なっている。この鏡面冷却式露点計102において、受光素子8は、発光素子7から鏡面4-1に対して照射された光の正反射光を受光する位置ではなく、散乱光を受光する位置に設けられている。

【0009】

この鏡面冷却式露点計102において、鏡面4-1は、チャンバ1内に流入される被測定気体に晒される。鏡面4-1に結露が生じていなければ、発光素子7から照射された光はそのほぼ全量が正反射し、受光素子8での受光量は極微量である。したがって、鏡面4-1に結露が生じていない場合、受光素子8で受光される反射光の強度は小さい。

【0010】

熱電冷却素子2への電流を増大し、熱電冷却素子2の冷却面2-1の温度を下げて行くと、被測定気体に含まれる水蒸気が鏡面4-1に結露し、その水の分子に発光素子7から照射した光の一部が吸収されたり、乱反射したりする。これにより、受光素子8で受光される乱反射された光(散乱光)の強度が増大する。この鏡面4-1における散乱光の変化を検出することにより、鏡面4-1上の状態の変化、すなわち鏡面4-1上に水分(水滴)が付着したことを知ることができる。

【0011】

さらに、受光素子8で受光される反射光の光量に基づいて、鏡面4-1に生じる結露の増減がなくなる平衡状態になるように、すなわち受光素子8で受光される反射光の光量が変化しなくなる平衡状態になるように、熱電冷却素子2へ供給する電流、すなわち鏡4側の面2-1を低温側、放熱フィン5側の面2-2を高温側とする正方向への電流を制御し、この時の鏡面4-1の温度を温度検出素子6で測定することによって、被測定気体中の水分の露点を知ることができる。

【0012】

この鏡面冷却式露点計では、上述した2つのタイプの何れも熱電冷却素子2によって鏡4を冷却するが、測定中に被測定気体の露点が急に高くなることがある。この場合、そのまま鏡4を冷却し続けると露点を計測することができないので、熱電冷却素子2への電流を遮断し、鏡面4-1の温度が自然上昇して露点温度付近となるのを待って、露点温度の計測を再開していた(例えば、特許文献3参照)。

【0013】

【特許文献1】特開昭61-75235号公報

【特許文献2】特公平7-104304号公報

【特許文献3】特開平9-307030号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

しかしながら、従来の鏡面冷却式露点計では、測定中に被測定気体の露点が急に高くなった場合、熱電冷却素子2への電流を遮断し、この熱電冷却素子2への電流の遮断による鏡面4-1の温度の自然上昇に依存していたので、露点温度の計測が可能になるまで長い待ち時間が発生していた。

【0015】

本発明は、このような課題を解決するためになされたもので、その目的とするところは、測定中に被測定気体の露点が急に高くなった場合、素早く鏡面温度を高くし、露点温度の計測までの待ち時間を大幅に短縮することができる鏡面冷却式露点計を提供することにある。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】

【0016】

〔散乱光検出方式〕

このような目的を達成するために、第1発明は、正方向への電流の供給を受けて、一方の面が低温側、他方の面が高温側とされる熱電冷却素子と、この熱電冷却素子の一方の面側に取り付けられその鏡面が被測定気体に晒される鏡と、鏡面に対して光を照射する発光手段と、発光手段から鏡面に対して照射された光の散乱光を受光する受光手段と、鏡面の温度を検出する温度検出手段と、受光手段が受光する散乱光の受光量に基づいて、鏡面に生じる結露の増減がなくなる平衡状態になるように、熱電冷却素子へ供給する正方向への電流を制御する制御手段とを備えた鏡面冷却式露点計において、受光手段が受光する散乱光の受光量と予め定められている第1の閾値との比較に基づいて、鏡面に生じる結露の増減がなくなる平衡状態からの被測定気体の露点の上昇を検出する一方、受光手段が受光する散乱光の受光量と予め定められている第2の閾値との比較に基づいて、被測定気体の露点の上昇からの平衡状態への回復を検出する露点上昇検出手段と、露点の上昇が検出された場合、熱電冷却素子へ強制的に正方向とは反対の逆方向への電流を流す一方、露点の上昇からの平衡状態への回復が検出された場合、熱電冷却素子に供給する電流を正方向へ戻す手段とを設けたものである。

10

【0017】

この発明によれば、発光手段から鏡の鏡面に対して光が照射され、この照射された光の鏡面からの散乱光が受光手段で受光され、この受光手段が受光する散乱光の受光量に基づいて、鏡面に生じる結露が平衡状態になるように、熱電冷却素子へ供給する正方向への電流が制御される。この場合、鏡面に生じる結露が平衡状態となった時の鏡面の温度が露点温度であり、この露点温度が温度検手段によって検出される。この露点温度の測定中に、被測定気体の露点が上昇すると、鏡面に生じる結露の量が多くなる。本発明では、このような露点の上昇を検出し、熱電冷却素子へ強制的に逆方向への電流を流す。これにより、熱電冷却素子は、それまで低温側とされていた面（一方の面）が高温側とされ、高温側とされていた面（他方の面）が低温側とされ、すなわち冷却面と加熱面とが入れ替わり、鏡が積極的に加熱され、鏡面温度が素早く上昇する。そして、被測定気体の露点の上昇からの平衡状態への回復が検出されると、電冷却素子に供給する電流を正方向へ戻す。

20

【0018】

なお、被測定気体の露点の上昇は、例えば、受光手段が受光する散乱光の受光量が予め定められた閾値を上回った場合として検出したり、受光手段が受光する散乱光の受光量の増加方向への変化量が予め定められた閾値を上回った場合として検出したりすることが可能である。

30

【0019】

〔正反射光検出方式〕

また、第2発明は、正方向への電流の供給を受けて、一方の面が低温側、他方の面が高温側とされる熱電冷却素子と、この熱電冷却素子の一方の面側に取り付けられその鏡面が被測定気体に晒される鏡と、鏡面に対して光を照射する発光手段と、発光手段から鏡面に対して照射された光の正反射光を受光する受光手段と、鏡面の温度を検出する温度検出手段と、受光手段が受光する正反射光の受光量に基づいて、鏡面に生じる結露の増減がなくなる平衡状態になるように、熱電冷却素子へ供給する正方向への電流を制御する制御手段とを備えた鏡面冷却式露点計において、受光手段が受光する正反射光の受光量と予め定められている第1の閾値との比較に基づいて、鏡面に生じる結露の増減がなくなる平衡状態からの被測定気体の露点の上昇を検出する一方、受光手段が受光する正反射光の受光量と予め定められている第2の閾値との比較に基づいて、被測定気体の露点の上昇からの平衡状態への回復を検出する露点上昇検出手段と、露点の上昇が検出された場合、熱電冷却素子へ強制的に正方向とは反対の逆方向への電流を流す一方、露点の上昇からの平衡状態への回復が検出された場合、熱電冷却素子に供給する電流を正方向へ戻す手段とを設けたものである。

40

50

【 0 0 2 0 】

この発明によれば、発光手段から鏡の鏡面に対して光が照射され、この照射された光の鏡面からの正反射光が受光手段で受光され、この受光手段が受光する正反射光の受光量に基づいて、鏡面に生じる結露が平衡状態になるように、熱電冷却素子へ供給する正方向への電流が制御される。この場合、鏡面に生じる結露が平衡状態となった時の鏡面の温度が露点温度であり、この露点温度が温度検手段によって検出される。この露点温度の測定中に、被測定気体の露点が上昇すると、鏡面に生じる結露の量が多くなる。本発明では、このような露点の上昇を検出し、熱電冷却素子へ強制的に逆方向への電流を流す。これにより、熱電冷却素子は、それまで低温側とされていた面（一方の面）が高温側とされ、高温側とされていた面（他方の面）が低温側とされ、すなわち冷却面と加熱面とが入れ替わり、鏡が積極的に加熱され、鏡面温度が素早く上昇する。そして、被測定気体の露点の上昇からの平衡状態への回復が検出されると、電冷却素子に供給する電流を正方向へ戻す。

10

【 0 0 2 1 】

なお、被測定気体の露点の上昇は、例えば、受光手段が受光する正反射光の受光量が予め定められた閾値を下回った場合として検出したり、受光手段が受光する正反射光の受光量の減少方向への変化量が予め定められた閾値を上回った場合として検出したりすることが可能である。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 2 】

本発明によれば、露点温度の測定中に、被測定気体の露点が急に高くなると、熱電冷却素子へ強制的に逆方向への電流が流れ、それまで低温側とされていた面が高温側とされ、高温側とされていた面が低温側とされるので、鏡が積極的に加熱され、素早く鏡面温度を高くし、露点温度の計測までの待ち時間を大幅に短縮することができるようになる。

20

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 3 】

以下、本発明を図面に基づいて詳細に説明する。

〔 実施の形態 1 : 散乱光検出方式 〕

図 1 はこの発明に係る鏡面冷却式露点計の一実施の形態を示す概略構成図である。この鏡面冷却式露点計 2 0 1 はセンサ部 2 0 1 A とコントロール部 2 0 1 B とを有している。

【 0 0 2 4 】

センサ部 2 0 1 A では、熱電冷却素子（ペルチェ素子）2 の冷却面 2 - 1 に鏡 1 0 を取り付けている。鏡 1 0 は、例えばシリコンチップとされ、その表面 1 0 - 1 が鏡面とされている。また、鏡 1 0 と熱電冷却素子 2 の冷却面 2 - 1 との接合面に、例えば白金による薄膜測温抵抗体（温度検出素子）1 1 を形成している。また、熱電冷却素子 2 の加熱面 2 - 2 に円柱状のヒートシンク 1 8 を取り付け、このヒートシンク 1 8 に沿って、その上端部を J 字型に湾曲させたステンレス製のチューブ 1 7 を設けている。

30

【 0 0 2 5 】

チューブ 1 7 としては図 2 に示すような光ファイバを収容した種々のチューブ P を使用することができる。図 2 (a) では、チューブ P 中に、発光側の光ファイバ F 1 と受光側の光ファイバ F 2 とを並設している。チューブ P 中において、発光側の光ファイバ F 1 と受光側の光ファイバ F 2 の周囲は、ポッティング剤で満たされている。図 2 (b) では、チューブ P 中に、発光側（あるいは受光側）の光ファイバ F 1 と受光側（あるいは発光側）の光ファイバ F 2 1 ~ F 2 4 を並行に設けている。図 2 (c) では、チューブ P 中の左半分を発光側の光ファイバ F 1、右半分を受光側の光ファイバ F 2 としている。図 2 (d) では、チューブ P 中に、発光側の光ファイバ F 1 と受光側の光ファイバ F 2 とを混在させている。図 2 (e) では、チューブ P 中の中心部を発光側（あるいは受光側）の光ファイバ F 1、光ファイバ F 1 の周囲を受光側（あるいは発光側）の光ファイバ F 2 としている。

40

【 0 0 2 6 】

図 1 に示した鏡面冷却式露点計 2 0 1 では、チューブ 1 7 として図 2 (a) に示された

50

タイプのチューブPを使用しており、その内部に発光側の光ファイバ17-1と受光側の光ファイバ17-2とを収容している。発光側の光ファイバ17-1と受光側の光ファイバ17-2のJ字型に湾曲された先端部(発光部、受光部)は、鏡10の鏡面10-1に向けられ、この鏡面10-1に対して所定の傾斜角で傾けられている。この結果、光ファイバ17-1からの光の照射方向(光軸)と光ファイバ17-2での光の受光方向(光軸)とが平行とされ、また隣接して同一の傾斜角とされる。

【0027】

コントロール部201Bには、露点温度表示部12と、結露検知部13と、ペルチェ出力制御部14と、信号変換部15と、受光量急上昇検出部16Aと、電源供給部19とが設けられている。露点温度表示部12には温度検出素子11が検出する鏡10の温度が表示される。結露検知部13は、光ファイバ17-1の先端部より鏡10の鏡面10-1に対して斜めに所定の周期でパルス光を照射させるとともに、光ファイバ17-2を介して受光される反射パルス光(散乱光)の上限値と下限値との差を反射パルス光の強度として求め、この反射パルス光の強度に応じた信号S1をペルチェ出力制御部14および受光量急上昇検出部16Aへ送る。

10

【0028】

受光量急上昇検出部16Aは、結露検知部13からの反射パルス光の強度に応じた信号S1を受けて、反射パルス光の強度の急上昇、すなわち光ファイバ17-1の先端部から鏡面10-1に対して照射された光の散乱光の受光量の急上昇を検出し、ペルチェ出力制御部14へ逆電流を流す旨の指示S4を与える。

20

【0029】

ペルチェ出力制御部14は、結露検知部13からの信号S1を受けて、反射パルス光の強度と予め定められている閾値 t_{h1} とを比較し、反射パルス光の強度が閾値 t_{h1} に達していない場合には、熱電冷却素子2への電流を信号S1の値に応じて増大させる制御信号S2を、反射パルス光の強度が閾値 t_{h1} を超えている場合には、熱電冷却素子2への電流を信号S1の値に応じて減少させる制御信号S2を信号変換部15へ出力する。

【0030】

また、ペルチェ出力制御部14は、受光量急上昇検出部16Aからの逆電流を流す旨の指示S4を受けた場合、結露検知部13からの反射パルス光の強度に応じた信号S1に従う制御を中断し、熱電冷却素子2への電流をそれまでの正方向から逆方向への電流値に強制的に切り替える信号S2'を信号変換部15へ送る。信号変換部15は、ペルチェ出力制御部14からの制御信号S2, S2'で指示される電流S3, S3'を電源供給部19を介して熱電冷却素子2へ供給する。

30

【0031】

〔露点温度の測定〕

この鏡面冷却式露点計201において、センサ部201Aは被測定気体中に置かれる。また、結露検知部13は、光ファイバ17-1の先端部より、鏡10の鏡面10-1に対して斜めに所定の周期でパルス光を照射させる(図3(a)参照)。鏡面10-1は被測定気体に晒されており、鏡面10-1に結露が生じていなければ、光ファイバ17-1の先端部から照射されたパルス光はそのほゞ全量が正反射し、光ファイバ17-2を介して受光される鏡面10-1からの反射パルス光(散乱光)の量は極微量である。したがって、鏡面10-1に結露が生じていない場合、光ファイバ17-2を介して受光される反射パルス光の強度は小さい。

40

【0032】

結露検知部13では、光ファイバ17-2を介して受光される反射パルス光の上限値と下限値との差を反射パルス光の強度として求め、反射パルス光の強度に応じた信号S1をペルチェ出力制御部14および受光量急上昇検出部16Aへ送る。この場合、反射パルス光の強度はほゞ零であり、閾値 t_{h1} に達していないので、ペルチェ出力制御部14は、熱電冷却素子2への電流を増大させる制御信号S2を信号変換部15へ送る。これにより、熱電冷却素子2へ供給される電流S3が増大し、熱電冷却素子2の冷却面2-1の温度

50

が下げられて行く。

【 0 0 3 3 】

熱電冷却素子 2 の冷却面 2 - 1 の温度、すなわち鏡 1 0 の温度を下げると、被測定気体に含まれる水蒸気が鏡 1 0 の鏡面 1 0 - 1 に結露し、その水の分子に光ファイバ 1 7 - 1 の先端部から照射されたパルス光の一部が吸収されたり、乱反射したりする。これにより、光ファイバ 1 7 - 2 を介して受光される鏡面 1 0 - 1 からの反射パルス光（散乱光）の強度が増大する。

【 0 0 3 4 】

結露検知部 1 3 は、受光される反射パルス光の 1 パルス毎に、その 1 パルスの上限値と下限値との差を求め、これを反射パルス光の強度とする。すなわち、図 3 (b) に示すように、反射パルス光の 1 パルスの上限値 L_{max} と下限値 L_{min} との差 L を求め、この L を反射パルス光の強度とする。この結露検知部 1 3 での処理により、反射パルス光に含まれる外乱光 X が除去され、外乱光による誤動作が防止される。この結露検知部 1 3 でのパルス光を用いた外乱光による誤動作防止の処理方式をパルス変調方式と呼ぶ。この処理によって、この鏡面冷却式露点計 2 0 1 では、センサ部 2 0 1 A からチャンバをなくすことができている。

【 0 0 3 5 】

ここで、光ファイバ 1 7 - 2 を介して受光される反射パルス光の強度が閾値 t_{h1} を超えると、ペルチェ出力制御部 1 4 は、熱電冷却素子 2 への電流を減少させる制御信号 S_2 を信号変換部 1 5 へ送る。これにより、熱電冷却素子 2 の冷却面 2 - 1 の温度の低下が抑えられ、結露の発生が抑制される。この結露の抑制により、光ファイバ 1 7 - 2 を介して受光される反射パルス光の強度が小さくなり、閾値 t_{h1} を下回ると、ペルチェ出力制御部 1 4 から熱電冷却素子 2 への電流を増大させる制御信号 S_2 が信号変換部 1 5 へ送られる。この動作の繰り返しによって、光ファイバ 1 7 - 2 を介して受光される反射パルス光の強度が閾値 t_{h1} とほぼ等しくなるように、熱電冷却素子 2 の冷却面 2 - 1 の温度が調整される。この調整された温度、すなわち鏡面 1 0 - 1 に生じた結露が平衡状態に達した温度（露点温度）が、露点温度として露点温度表示部 1 2 に表示される。

【 0 0 3 6 】

この鏡面冷却式露点計 2 0 1 では、発光側の光ファイバ 1 7 - 1 と受光側の光ファイバ 1 7 - 2 の取り付け部が 1 箇所にとまとめられており、検出部 2 0 1 A の小型化に貢献している。また、発光側の光ファイバ 1 7 - 1 と受光側の光ファイバ 1 7 - 2 とがチューブ 1 7 に収容されているので、発光側の光ファイバ 1 7 - 1 と受光側の光ファイバ 1 7 - 2 との間での位置決めは必要なく、組立時の作業性がよくなる。

【 0 0 3 7 】

また、この鏡面冷却式露点計 2 0 1 では、センサ部 2 0 1 A からチャンバをなくし、吸引ポンプや吸引用チューブ、排気用チューブ、流量計など省略することができているので、部品点数が削減され、センサ部 2 0 1 A のさらなる小型化が図られ、組立性が向上し、コストもダウンする。また、吸引ポンプや吸引用チューブ、排気用チューブ、流量計などを装着しなくてもよいので、測定エリア（被測定気体中）への設置も容易となる。また、センサ部 2 0 1 A には吸引ポンプや吸引用チューブ、排気用チューブ、流量計などの装着が伴わず、センサ部 2 0 1 A とコントロール部 2 0 1 B との 2 つの構成となるので、持ち運びが容易となる。

【 0 0 3 8 】

〔測定中に被測定気体の露点が急に高くなった場合〕

上述した露点温度の測定中に、被測定気体の露点が急に高くなると、鏡面 1 0 - 1 に生じる結露の量が急に多くなる。このため、光ファイバ 1 7 - 1 の先端部から鏡面 1 0 - 1 に対して照射された光の散乱光が急に多くなり、光ファイバ 1 7 - 2 を介して受光される鏡面 1 0 - 1 からの散乱光の受光量が急上昇する。結露検知部 1 3 では、光ファイバ 1 7 - 2 を介して受光される反射パルス光の上限値と下限値との差を反射パルス光の強度として求め、反射パルス光の強度に応じた信号 S_1 を受光量急上昇検出部 1 6 A へ送る。受光

10

20

30

40

50

量急上昇検出部 16 A は、結露検知部 13 からの反射パルス光の強度に応じた信号 S 1 を受けて、反射パルス光の強度の急上昇（露点の急上昇）を検出し、ペルチェ出力制御部 14 へ逆電流を流す旨の指示 S 4 を与える。この実施の形態 1 では、受光量急上昇検出部 16 A が本発明でいう露点上昇検出手段に相当する。

【0039】

図 4 に受光量急上昇検出部 16 A における反射パルス光の強度の急上昇の検出処理の一例を示す。受光量急上昇検出部 16 A は、結露検知部 13 からの反射パルス光の強度に応じた信号 S 1 より散乱光の受光量を求め、この散乱光の受光量と予め定められている閾値 1 とを比較する（ステップ 401）。

【0040】

散乱光の受光量が閾値 1 以上であった場合（ステップ 401 の YES）、受光量急上昇検出部 16 A は、散乱光の受光量の急上昇と判断し、ペルチェ出力制御部 14 へ逆電流を流す旨の指示 S 4 を出力する（ステップ 402）。この逆電流を流す旨の指示 S 4 は、散乱光の受光量が予め定められている閾値 2（ $2 < 1$ ）以下となるまで（ステップ 403 の YES）、ペルチェ出力制御部 14 へ出力され続ける。

【0041】

なお、この例において、閾値 1 は、ペルチェ出力制御部 14 からの信号 S 2 に基づく通常の制御では散乱光の受光量がとり得ることのない十分大きな値として設定しておく。また、閾値 2 は、露点温度付近での散乱光の受光量に近い値として設定しておく。

【0042】

図 5 に受光量急上昇検出部 16 A における反射パルス光の強度の急上昇の検出処理の別の例を示す。受光量急上昇検出部 16 A は、結露検知部 13 からの反射パルス光の強度に応じた信号 S 1 より散乱光の受光量を求め、この散乱光の受光量と所定時間前に求められた散乱光の受光量との差を受光量変化量として求める（ステップ 501）。そして、この受光量変化量が増加方向への受光量変化量であるのか減少方向への受光量変化量であるのかをチェックし（ステップ 502）、増加方向への受光量変化量であれば（ステップ 502 の YES）、予め定められている閾値 1 と比較する（ステップ 503）。

【0043】

増加方向への受光量変化量が閾値 1 以上であった場合（ステップ 503 の YES）、受光量急上昇検出部 16 A は、散乱光の受光量の急上昇と判断し、ペルチェ出力制御部 14 へ逆電流を流す旨の指示 S 4 を出力する（ステップ 504）。この逆電流を流す旨の指示 S 4 は、増加方向への受光量変化量が予め定められている閾値 2（ $2 < 1$ ）以下となるまで（ステップ 505 の YES）、ペルチェ出力制御部 14 へ出力され続ける。

【0044】

なお、この例において、閾値 1 は、ペルチェ出力制御部 14 からの信号 S 2 に基づく通常の制御では増加方向への受光量変化量がとり得ることのない十分な大きな値として設定しておく。また、閾値 2 は、零に近い値として設定しておく。

【0045】

ペルチェ出力制御部 14 は、受光量急上昇検出部 16 A からの逆電流を流す旨の指示 S 4 を受けると、結露検知部 13 からの反射パルス光の強度に応じた信号 S 1 に従う制御を中断し、熱電冷却素子 2 への電流をそれまでの正方向から逆方向への電流値に強制的に切り替える信号 S 2' を信号変換部 15 へ送る。信号変換部 15 は、ペルチェ出力制御部 14 からの制御信号 S 2' で指示される電流（逆電流）S 3' を電源供給部 19 を介して熱電冷却素子 2 へ供給する。

【0046】

これにより、熱電冷却素子 2 は、それまで低温側とされていた面 2 - 1 が高温側とされ、高温側とされていた面 2 - 2 が低温側とされ、すなわち冷却面と加熱面とが入れ替わり、鏡 10 が積極的に加熱され、鏡面温度が素早く上昇する。そして、鏡面 10 - 1 の温度が露点温度付近となれば、ペルチェ出力制御部 14 からの制御信号 S 2' が S 2 へ切り替えられ、通常の制御に戻される。これにより、従来の熱電冷却素子 2 への電流を遮断する

10

20

30

40

50

場合と比較して、露点温度計測までの待ち時間が大幅に短縮される。

【 0 0 4 7 】

図 6 に測定中に被測定気体の露点が急に高くなった場合の鏡面温度のグラフを示す。同図において、特性 I は被測定気体の露点温度の変化を示し、特性 II は被測定気体の露点の急上昇時に熱電冷却素子への電流を遮断した場合の露点温度の変化（従来）を示し、特性 III は被測定気体の露点の急上昇時に熱電冷却素子へ逆電流を流した場合の露点温度の変化（本願）を示す。このグラフからも、被測定気体の露点の急上昇時には逆電流を流した場合の方が応答性が速いことが分かる。

【 0 0 4 8 】

なお、図 1 に示した鏡面冷却式露点計 2 0 1 では、センサ部 2 0 1 A において発光側の光ファイバ 1 7 - 1 と受光側の光ファイバ 1 7 - 2 とを收容したチューブ 1 7 を用いたが、図 7 に示すセンサ部 2 0 1 A ' のように、発光側の光ファイバ 1 7 - 1 に代えて発光ダイオード 1 9 を、受光側の光ファイバ 1 7 - 2 に代えてフォトカプラ 2 0 を設けるようにしてもよい。

【 0 0 4 9 】

〔実施の形態 2：正反射光検出方式〕

図 8 はこの発明に係る鏡面冷却式露点計の他の実施の形態を示す概略構成図である。この鏡面冷却式露点計 2 0 2 では、発光側の光ファイバ 1 7 - 1 と受光側の光ファイバ 1 7 - 2 とを同方向ではなく、鏡 1 0 を挟んでその左右に対称に設けている。発光側の光ファイバ 1 7 - 1 と受光側の光ファイバ 1 7 - 2 の J 字型に湾曲された先端部は、鏡 1 0 の鏡面 1 0 - 1 に向けられ、この鏡面 1 0 - 1 に対して左右対称に所定の傾斜角で傾けられている。

【 0 0 5 0 】

〔露点温度の測定〕

この鏡面冷却式露点計 2 0 2 において、センサ部 2 0 2 A は被測定気体中に置かれる。また、結露検知部 1 3 は、光ファイバ 1 7 - 1 の先端部より、鏡 1 0 の鏡面 1 0 - 1 に対して斜めに所定の周期でパルス光を照射させる。鏡面 1 0 - 1 は被測定気体に晒されており、鏡面 1 0 - 1 に結露が生じていなければ、光ファイバ 1 7 - 1 の先端部から照射されたパルス光はそのほぼ全量が正反射し、光ファイバ 1 7 - 2 を介して受光される。したがって、鏡面 1 0 - 1 に結露が生じていない場合、光ファイバ 1 7 - 2 を介して受光される反射パルス光（正反射光）の強度は大きい。

【 0 0 5 1 】

結露検知部 1 3 では、光ファイバ 1 7 - 2 を介して受光される反射パルス光の上限値と下限値との差を反射パルス光の強度として求め、この反射パルス光の強度に応じた信号 S 1 をペルチェ出力制御部 1 4 および受光量急降下検出部 1 6 B へ送る。この場合、反射パルス光の強度は大きく、閾値 t_{h2} を超えているので、ペルチェ出力制御部 1 4 は、熱電冷却素子 2 への電流を増大させる制御信号 S 2 を信号変換部 1 5 へ送る。これにより、熱電冷却素子 2 へ供給される電流 S 3 が増大し、熱電冷却素子 2 の冷却面 2 - 1 の温度が下げられて行く。

【 0 0 5 2 】

熱電冷却素子 2 の冷却面 2 - 1 の温度、すなわち鏡 1 0 の温度を下げると、被測定気体に含まれる水蒸気が鏡 1 0 の鏡面 1 0 - 1 に結露し、その水の分子に光ファイバ 1 7 - 1 の先端部から照射されたパルス光の一部が吸収されたり、乱反射したりする。これにより、光ファイバ 1 7 - 2 を介して受光される鏡面 1 0 - 1 からの反射パルス光（正反射光）の強度が減少する。

【 0 0 5 3 】

ここで、光ファイバ 1 7 - 2 を介して受光される反射パルス光の強度が閾値 t_{h2} を下回ると、ペルチェ出力制御部 1 4 は、熱電冷却素子 2 への電流を減少させる制御信号 S 2 を信号変換部 1 5 へ送る。これにより、熱電冷却素子 2 の冷却面 2 - 1 の温度の低下が抑えられ、結露の発生が抑制される。この結露の抑制によって、光ファイバ 1 7 - 2 を介し

10

20

30

40

50

て受光される反射パルス光の強度が大きくなり、閾値 t_{h2} を上回ると、ペルチェ出力制御部 14 から熱電冷却素子 2 への電流を増大させる制御信号 S_2 が信号変換部 15 へ送られる。この動作の繰り返しによって、光ファイバ 17 - 2 を介して受光される反射パルス光の強度が閾値 t_{h2} とほぼ等しくなるように、熱電冷却素子 2 の冷却面 2 - 1 の温度が調整される。この調整された温度、すなわち鏡面 10 - 1 に生じた結露が平衡状態に達した温度（露点温度）が、露点温度として露点温度表示部 12 に表示される。

【0054】

〔測定中に被測定気体の露点が急に高くなった場合〕

上述した露点温度の測定中に、被測定気体の露点が急に高くなると、鏡面 10 - 1 に生じる結露の量が急に多くなる。このため、光ファイバ 17 - 1 の先端部から鏡面 10 - 1 に対して照射された光の正反射光が急に少なくなり、光ファイバ 17 - 2 を介して受光される鏡面 10 - 1 からの正反射光の受光量が急降下する。結露検知部 13 では、光ファイバ 17 - 2 を介して受光される反射パルス光の上限値と下限値との差を反射パルス光の強度として求め、反射パルス光の強度に応じた信号 S_1 を受光量急降下検出部 16 B へ送る。受光量急降下検出部 16 B は、結露検知部 13 からの反射パルス光の強度に応じた信号 S_1 を受けて、反射パルス光の強度の急降下（露点の急上昇）を検出し、ペルチェ出力制御部 14 へ逆電流を流す旨の指示 S_4 を与える。この実施の形態 2 では、受光量急降下検出部 16 B が本発明でいう露点上昇検出手段に相当する。

【0055】

図 9 に受光量急降下検出部 16 B における反射パルス光の強度の急降下の検出処理の一例を示す。受光量急降下検出部 16 B は、結露検知部 13 からの反射パルス光の強度に応じた信号 S_1 より正反射光の受光量を求め、この正反射光の受光量と予め定められている閾値 1 とを比較する（ステップ 601）。

【0056】

正反射光の受光量が閾値 1 以下であった場合（ステップ 601 の YES）、受光量急降下検出部 16 B は、正反射光の受光量の急降下と判断し、ペルチェ出力制御部 14 へ逆電流を流す旨の指示 S_4 を出力する（ステップ 602）。この逆電流を流す旨の指示 S_4 は、正反射光の受光量が予め定められている閾値 2 ($2 > 1$) 以上となるまで（ステップ 603 の YES）、ペルチェ出力制御部 14 へ出力され続ける。

【0057】

なお、この例において、閾値 1 は、ペルチェ出力制御部 14 からの信号 S_2 に基づく通常の制御では正反射光の受光量がとり得ることのない十分小さな値として設定しておく。また、閾値 2 は、露点温度付近での正反射光の受光量に近い値として設定しておく。

【0058】

図 10 に受光量急降下検出部 16 B における反射パルス光の強度の急降下の検出処理の別の例を示す。受光量急降下検出部 16 B は、結露検知部 13 からの反射パルス光の強度に応じた信号 S_1 より正反射光の受光量を求め、この正反射光の受光量と所定時間前に求められた正反射光の受光量との差を受光量変化量として求める（ステップ 701）。そして、この受光量変化量が増加方向への受光量変化量か減少方向への受光量変化量であるのかをチェックし（ステップ 702）、減少方向への受光量変化量であれば（ステップ 702 の YES）、予め定められている閾値 1 と比較する（ステップ 703）。

【0059】

受光量急降下検出部 16 B は、減少方向への受光量変化量が閾値 1 以上であれば（ステップ 703 の YES）、正反射光の受光量の急降下と判断し、ペルチェ出力制御部 14 へ逆電流を流す旨の指示 S_4 を出力する（ステップ 704）。この逆電流を流す旨の指示 S_4 は、減少方向への受光量変化量が予め定められている閾値 2 ($2 < 1$) 以下となるまで（ステップ 705 の YES）、ペルチェ出力制御部 14 へ出力され続ける。

【0060】

なお、この例において、閾値 1 は、ペルチェ出力制御部 14 からの信号 S_2 に基づく通常の制御では減少方向への受光量変化量がとり得ることのない十分な大きな値として設

10

20

30

40

50

定しておく。また、閾値 2 は、零に近い値として設定しておく。

【0061】

ペルチェ出力制御部 14 は、受光量急降下検出部 16B からの逆電流を流す旨の指示 S4 を受けると、結露検知部 13 からの反射パルス光の強度に応じた信号 S1 に従う制御を中断し、熱電冷却素子 2 への電流をそれまでの正方向から逆方向への電流値に強制的に切り替える信号 S2' を信号変換部 15 へ送る。信号変換部 15 は、ペルチェ出力制御部 14 からの制御信号 S2' で指示される電流（逆電流）S3' を電源供給部 19 を介して熱電冷却素子 2 へ供給する。

【0062】

これにより、熱電冷却素子 2 は、それまで低温側とされていた面 2-1 が高温側とされ、高温側とされていた面 2-2 が低温側とされ、すなわち冷却面と加熱面とが入れ替わり、鏡 10 が積極的に加熱され、鏡面温度が素早く降下する。そして、鏡面 10-1 の温度が露点温度付近となれば、ペルチェ出力制御部 14 からの制御信号 S2' が S2 へ切り替えられ、通常の制御に戻される。これにより、従来の熱電冷却素子 2 への電流を遮断する場合と比較して、露点温度計測までの待ち時間が大幅に短縮される。

【0063】

なお、制御信号 S2' で指示される電流（逆電流）S3' の電流値は予め定められる任意の値としてもよいし、制御信号 S2' が指示される直前に流れていた S3 と同じ値（但し、流れ方向は逆）としてもよく、任意に決めてよい。

【図面の簡単な説明】

【0064】

【図 1】本発明に係る鏡面冷却式露点計の一実施の形態（実施の形態 1）を示す概略構成図である。

【図 2】発光側の光ファイバと受光側の光ファイバとを 1 つのチューブ中に並行して設ける構成を例示する図である。

【図 3】検出面裏面に対して照射されるパルス光および検出面裏面から受光される反射パルス光を示す図である。

【図 4】受光量急上昇検出部における反射パルス光の強度の急上昇の検出処理の一例を示すフローチャートである。

【図 5】受光量急上昇検出部における反射パルス光の強度の急上昇の検出処理の別の例を示すフローチャートである。

【図 6】測定中に被測定気体の露点が急に高くなった場合の鏡面温度の変化を示すグラフである。

【図 7】実施の形態 1 の鏡面冷却式露点計のセンサ部の変形例を示す図である。

【図 8】本発明に係る鏡面冷却式露点計の他の実施の形態（実施の形態 2）を示す概略構成図である。

【図 9】受光量急降下検出部における反射パルス光の強度の急降下の検出処理の一例を示すフローチャートである。

【図 10】受光量急降下検出部における反射パルス光の強度の急降下の検出処理の別の例を示すフローチャートである。

【図 11】正反射光検出方式を採用した従来の鏡面冷却式露点計の要部を示す図である。

【図 12】散乱光検出方式を採用した従来の鏡面冷却式露点計の要部を示す図である。

【図 13】従来の鏡面冷却式露点計における鏡や温度検出素子の取り付け構造を示す斜視図である。

【符号の説明】

【0065】

2 ... 熱電冷却素子（ペルチェ素子）、2-1 ... 冷却面、2-2 ... 加熱面、10 ... 鏡、10-1 ... 鏡面、11 ... 温度検出素子（薄膜測温抵抗体）、12 ... 露点温度表示部、13 ... 結露検知部、14 ... ペルチェ出力制御部、15 ... 信号変換部、16A ... 受光量急上昇検出部、16B ... 受光量急降下検出部、17 ... チューブ、17-1 ... 発光側の光ファイバ、1

10

20

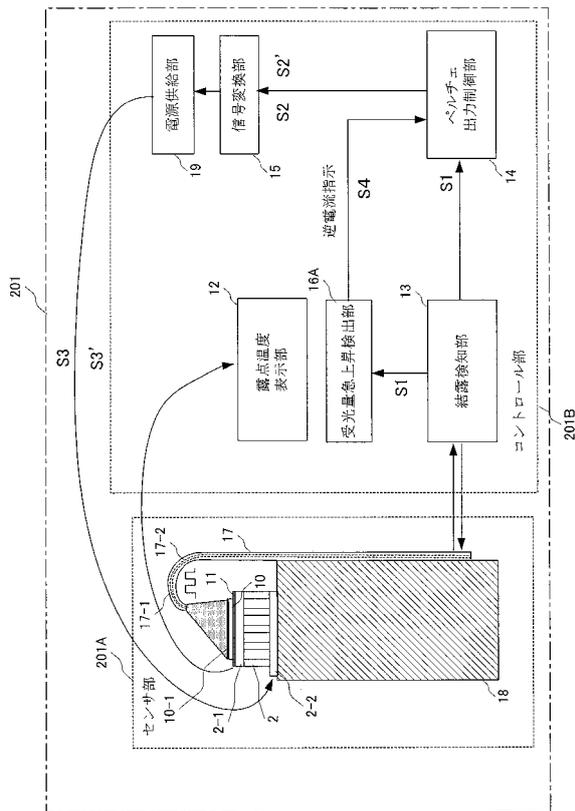
30

40

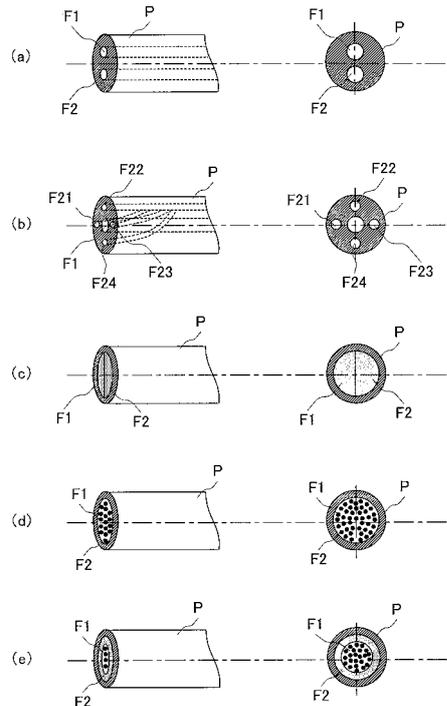
50

7 - 2 ... 受光側の光ファイバ、18 ... ヒートシンク、19 ... 電源供給部、201, 202 ... 鏡面冷却式露点計、201A, 202A ... センサ部、201B, 202B ... コントロール部。

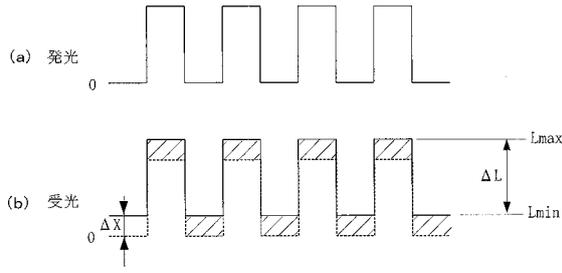
【図1】



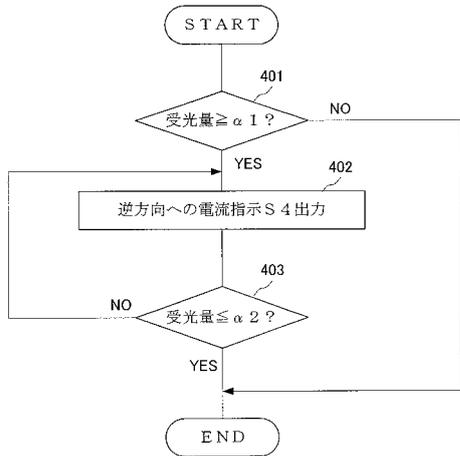
【図2】



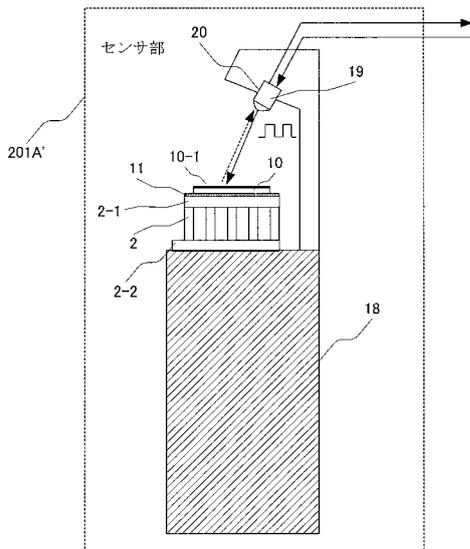
【図3】



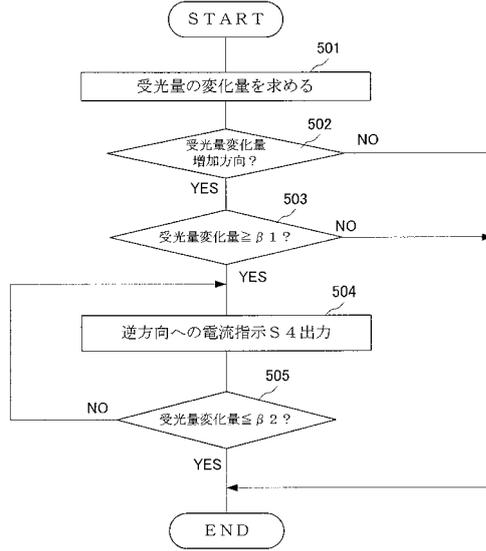
【図4】



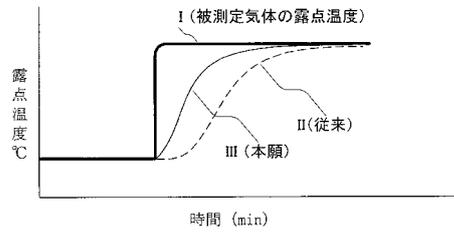
【図7】



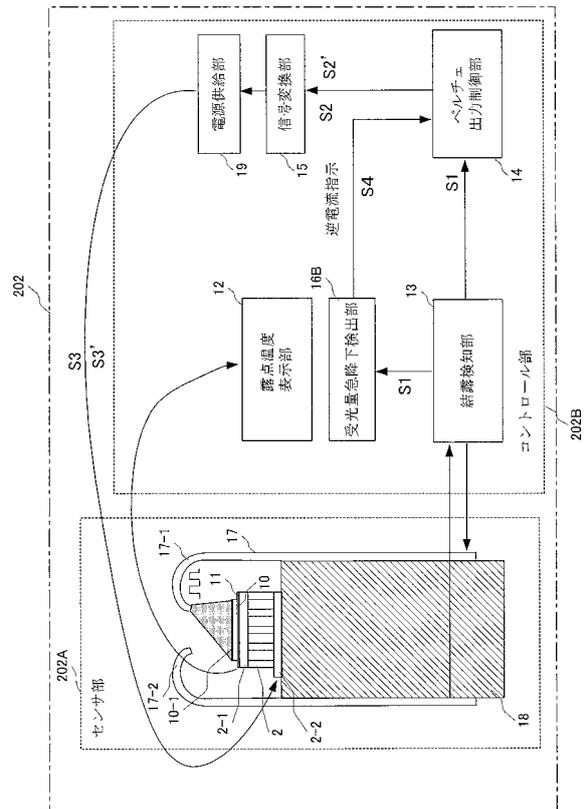
【図5】



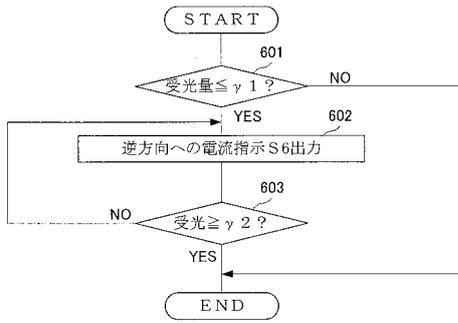
【図6】



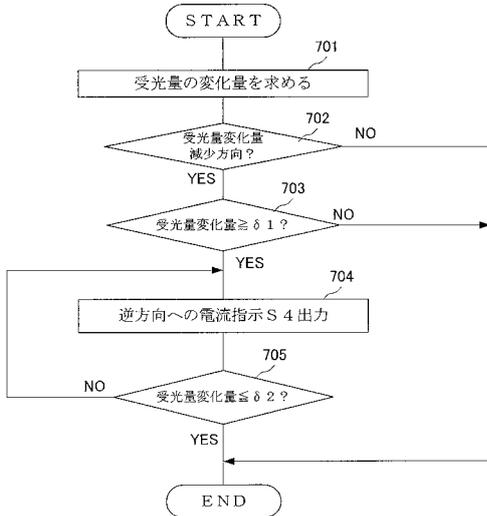
【図8】



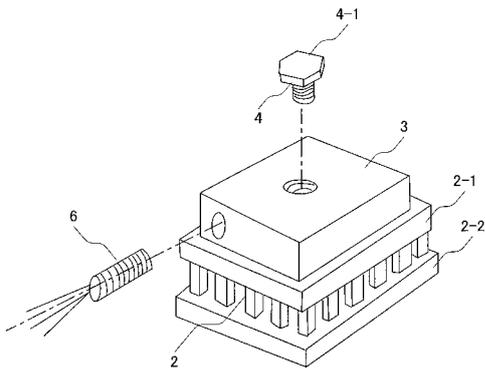
【図 9】



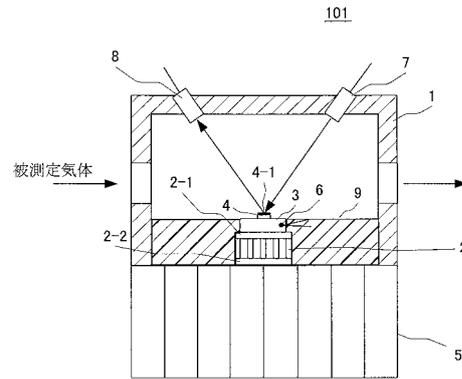
【図 10】



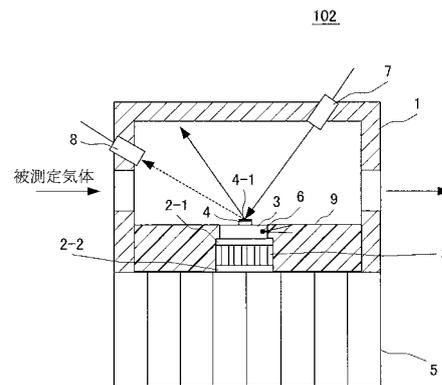
【図 13】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

- (72)発明者 武智 昌樹
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 増本 新吾
東京都千代田区丸の内2丁目7番3号 株式会社 山武内

審査官 高橋 亨

- (56)参考文献 特開平06-058891(JP,A)
特開昭58-113839(JP,A)
実開昭57-101952(JP,U)
特表平11-511242(JP,A)
特開2003-194756(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| G01N | 25/68 |
| G01N | 21/47 |