(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2015-114258
(P2015-114258A)
(43)公開日　平成27年6月22日(2015.6.22)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
G01N 21/27	(2006.01)	G01N	21/27	F	2G059
G01N 21/35	(2014.01)	G01N	21/35	Z	

審査請求 未請求　請求項の数 14　ＯＬ　（全 18 頁）

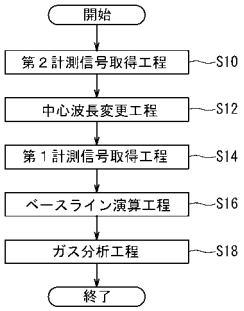
(21)出願番号　特願2013-257941 (P2013-257941)
(22)出願日　平成25年12月13日 (2013.12.13)

(71)出願人　514030104
三菱日立パワーシステムズ株式会社
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目３番１号
(74)代理人　110000785
誠真ＩＰ特許業務法人
(72)発明者　窪田　隆博
東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内
(72)発明者　岡　裕貴
東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内
(72)発明者　川添　浩平
東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ガス分析方法及びガス分析装置

(57)【要約】
【課題】１つの受光素子を用いて、誤差が確実に低減されるガス分析方法及びガス分析装置を提供する。
【解決手段】ガス分析方法は、光路の始端に、中心波長を含む波長範囲で発振波長が可変であり且つ中心波長が可変に構成された波長可変ダイオードレーザを配置する工程と、光路の終端に、受光素子を配置する工程と、分析対象ガスの吸収線を含む第１計測波長範囲で波長可変ダイオードレーザの発振波長を掃引しながら、受光素子により第１計測信号を取得する工程と、分析対象ガスの吸収線を含まない第２計測波長範囲で波長可変ダイオードレーザの発振波長を掃引しながら、受光素子により第２計測信号を取得する工程と、第２計測信号に基づいて第１計測信号におけるベースラインを求める工程と、第１計測信号及びベースラインに基づいて、分析対象ガスを分析する工程とを有する。
【選択図】図４



【特許請求の範囲】
【請求項１】
光路の始端に、中心波長を含む波長範囲で発振波長が可変であり且つ前記中心波長が可変に構成された波長可変ダイオードレーザを配置する工程と、
前記光路の終端に、受光素子を配置する工程と、
前記分析対象ガスの吸収線を含む第１計測波長範囲で前記波長可変ダイオードレーザの発振波長を掃引しながら、前記受光素子により第１計測信号を取得する工程と、
前記分析対象ガスの吸収線を含まない第２計測波長範囲で前記波長可変ダイオードレーザの発振波長を掃引しながら、前記受光素子により第２計測信号を取得する工程と、
前記第２計測信号に基づいて前記第１計測信号におけるベースラインを求める工程と、
前記第１計測信号及び前記ベースラインに基づいて、前記分析対象ガスを分析する工程と
を備えることを特徴とするガス分析方法。
【請求項２】
前記第１計測信号を取得する工程において、前記第１計測波長範囲で前記発振波長の掃引を繰り返しながら、複数の前記第１計測信号を取得し、
前記複数の第１計測信号の各々の最大値に基づいて、前記複数の第１計測信号のうち少なくとも１つの第１計測信号に含まれる外乱に起因する外乱成分を求める工程を更に備え、
前記分析対象ガスを分析する工程において、前記少なくとも１つの第１計測信号、該少なくとも１つの第１計測信号に含まれる前記外乱成分、及び、前記ベースラインに基づいて、前記分析対象ガスを分析する
ことを特徴とする請求項１に記載のガス分析方法。
【請求項３】
前記第１計測信号を取得する工程において、前記第１計測波長範囲での前記発振波長の掃引を繰り返しながら、複数の前記第１計測信号を取得し、
前記複数の第１計測信号の各々の最小値に基づいて、前記複数の第１計測信号のうち少なくとも１つの第１計測信号に含まれる迷光に起因する迷光成分を求める工程を更に備え、
前記分析対象ガスを分析する工程において、前記少なくとも１つの第１計測信号、該少なくとも１つの第１計測信号に含まれる前記迷光成分、及び、前記ベースラインに基づいて、前記分析対象ガスを分析する
ことを特徴とする請求項１又は２に記載のガス分析方法。
【請求項４】
前記第１計測信号を取得する工程において、前記第１計測波長範囲での前記発振波長の掃引をインターバルを置いて繰り返すことを特徴とする請求項３に記載のガス分析方法。
【請求項５】
前記第２計測信号を取得する工程において、前記第２計測波長範囲での前記発振波長の掃引を繰り返しながら、複数の前記第２計測信号を取得し、
前記複数の第２計測信号の各々の最大値に基づいて、前記複数の第２計測信号うち少なくとも１つの第２計測信号に含まれる外乱に起因する外乱成分を求める工程を更に備え、
前記ベースラインを求める工程において、前記少なくとも一つの第２計測信号、及び、該少なくとも一つの第２計測信号に含まれる前記外乱成分に基づいて、前記ベースラインを求める
ことを特徴とする請求項１乃至４の何れか一項に記載のガス分析方法。
【請求項６】
前記第２計測信号を取得する工程において、前記第２計測波長範囲での前記発振波長の掃引を繰り返しながら、複数の前記第２計測信号を取得し、
前記複数の第２計測信号の各々の最小値に基づいて、前記複数の第２計測信号のうち少なくとも１つの第２計測信号に含まれる迷光に起因する迷光成分を求める工程を更に備え

、
前記ベースラインを求める工程において、前記少なくとも一つの第２計測信号、及び、該少なくとも一つの第２計測信号に含まれる前記迷光成分に基づいて、前記ベースラインを求める
ことを特徴とする請求項１乃至５の何れか一項に記載のガス分析方法。
【請求項７】
前記第２計測信号を取得する工程において、前記第２計測波長範囲での前記発振波長の掃引をインターバルを置いて繰り返すことを特徴とする請求項６に記載のガス分析方法。
【請求項８】
光路の始端に配置され、中心波長を含む波長範囲で発振波長が可変であり且つ前記中心波長が可変に構成された波長可変ダイオードレーザと、
前記光路の終端に配置される受光素子と、
前記受光素子の出力信号に基づいて、分析対象ガスを分析するように構成された計測器とを備え、
前記計測器は、
前記分析対象ガスの吸収線を含む第１計測波長範囲で前記波長可変ダイオードレーザの発振波長が掃引されている間に前記受光素子により第１計測信号を取得し、
前記分析対象ガスの吸収線を含まない第２計測波長範囲で前記波長可変ダイオードレーザの発振波長が掃引されている間に前記受光素子により第２計測信号を取得し、
前記第２計測信号に基づいて前記第１計測信号におけるベースラインを求め、
前記第１計測信号及び前記ベースラインに基づいて、前記分析対象ガスを分析する
ように構成されていることを特徴とするガス分析装置。
【請求項９】
前記計測器は、
前記第１計測波長範囲での前記発振波長の掃引が繰り返されている間における複数の前記第１計測信号を取得し、
前記複数の第１計測信号の各々の最大値に基づいて、前記複数の第１計測信号のうち少なくとも１つの第１計測信号に含まれる外乱に起因する外乱成分を求め、
前記少なくとも１つの第１計測信号、該少なくとも１つの第１計測信号に含まれる前記外乱成分、及び、前記ベースラインに基づいて、前記分析対象ガスを分析する
ように構成されていることを特徴とする請求項８に記載のガス分析装置。
【請求項１０】
前記計測器は、
前記第１計測波長範囲での前記発振波長の掃引が繰り返されている間における複数の前記第１計測信号を取得し、
前記複数の第１計測信号の各々の最小値に基づいて、前記複数の第１計測信号のうち少なくとも１つの第１計測信号に含まれる迷光に起因する迷光成分を求め、
前記少なくとも１つの第１計測信号、該少なくとも１つの第１計測信号に含まれる前記迷光成分、及び、前記ベースラインに基づいて、前記分析対象ガスを分析する
ように構成されていることを特徴とする請求項８又は９に記載のガス分析装置。
【請求項１１】
前記計測器は、前記第１計測波長範囲での前記発振波長の掃引がインターバルを置いて繰り返されている間における複数の前記第１計測信号を取得するように構成されている
ことを特徴とする請求項１０に記載のガス分析装置。
【請求項１２】
前記計測器は、
前記第２計測波長範囲での前記発振波長の掃引が繰り返されている間における複数の前記第２計測信号を取得し、
前記複数の第２計測信号の各々の最大値に基づいて、前記複数の第２計測信号うち少なくとも１つの第２計測信号に含まれる外乱に起因する外乱成分を求め、

前記少なくとも一つの第２計測信号、及び、該少なくとも一つの第２計測信号に含まれる前記外乱成分に基づいて、前記ベースラインを求める
ように構成されている
ことを特徴とする請求項８乃至１１の何れか一項に記載のガス分析装置。
【請求項１３】
前記計測器は、
前記第２計測波長範囲での前記発振波長の掃引が繰り返されている間における複数の前記第２計測信号を取得し、
前記複数の第２計測信号の各々の最小値に基づいて、前記複数の第２計測信号のうち少なくとも１つの第２計測信号に含まれる迷光に起因する迷光成分を求め、
前記少なくとも一つの第２計測信号、及び、該少なくとも一つの第２計測信号に含まれる前記迷光成分に基づいて、前記ベースラインを求める
ように構成されている
ことを特徴とする請求項８乃至１２の何れか一項に記載のガス分析装置。
【請求項１４】
前記計測器は、前記第２計測波長範囲での前記発振波長の掃引がインターバルを置いて繰り返されている間における複数の前記第２計測信号を取得するように構成されている
ことを特徴とする請求項１３に記載のガス分析装置。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示はガス分析方法及びガス分析装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
赤外吸収分光法及び赤外吸収分光装置は、赤外線領域での光の吸収を調べることにより、分析対象のガスに含まれる成分の濃度等を分析するのに用いられる。
一般的に、赤外吸収分光法では、計測信号用及びリファレンス信号用の２つの受光素子が用意される。光源から出射した光は２つに分配され、一方の光が、分析対象のガスを通過してから計測信号用の受光素子に入射させられ、他方の光が、ガスを透過せずにリファレンス信号用受光素子に入射させられる。ガスの分析には、計測信号とリファレンス信号の差が用いられる。
【０００３】
かかる従来の方法に対し、特許文献１は、赤外線吸光スペクトルのベースライン補正方法を開示しており、該方法により得られる補正されたベースラインを用いれば、リファレンス信号の測定が不要になるものと考えられる。より詳しくは、特許文献１に記載された方法では、電気的スペクトルにおいてピークが検出され、該ピークに対応する領域のデータが消去され、そして、消去された領域の両側の２点を基準にしてデータが補間される。
【０００４】
一方、赤外吸収分光装置には、光源として、波長可変ダイオードレーザを用いるものがある。この種の赤外吸収分光装置として、例えば特許文献２に記載されたレーザ計測装置では、光源から出射するレーザ光の波長及び強度が掃引される。このレーザ計測装置では、計測信号とリファレンス信号の両方が測定されており、レーザ光の強度が三角波状に掃引されていても、計測信号とリファレンス信号の差をとることで、掃引の影響を除去することができる。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特開２００１－３４３３２４号公報

【特許文献２】特開２０１２－１３７４２９号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
２つの受光素子を用いる場合、光を分配してからそれぞれの受光素子に至るまでの光学系が厳密には同一ではなく、光学系の相違による誤差が生じてしまう。
また、２つの受光素子を用いる場合、環境光や熱輻射により、２つの受光素子の動作特性に相違が発生し、誤差が生じてしまうこともある。
【０００７】
これに対し、特許文献１に記載されるように、補正されたベースラインを用いれば、２つの受光素子を用いることに起因する誤差は解消されるものと考えられる。しかしながら、ピークに対応する領域の両側の点を特定するのは困難であり、これらの点の設定によっては、かえって誤差が大きくなってしまう恐れがある。
【０００８】
そこで、本発明の少なくとも一実施形態の目的は、１つの受光素子を用いて、誤差が確実に低減されるガス分析方法及びガス分析装置を提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【０００９】
本発明の少なくとも一実施形態に係るガス分析装置は、
光路の始端に、中心波長を含む波長範囲で発振波長が可変であり且つ前記中心波長が可変に構成された波長可変ダイオードレーザを配置する工程と、
前記光路の終端に、受光素子を配置する工程と、
前記分析対象ガスの吸収線を含む第１計測波長範囲で前記波長可変ダイオードレーザの発振波長を掃引しながら、前記受光素子により第１計測信号を取得する工程と、
前記分析対象ガスの吸収線を含まない第２計測波長範囲で前記波長可変ダイオードレーザの発振波長を掃引しながら、前記受光素子により第２計測信号を取得する工程と、
前記第２計測信号に基づいて前記第１計測信号におけるベースラインを求める工程と、
前記第１計測信号及び前記ベースラインに基づいて、前記分析対象ガスを分析する工程とを備える。
【００１０】
この構成によれば、第１計測信号及び第２計測信号が、同じ受光素子を用いて取得される。このため、第１計測信号と第２計測信号を取得するための光学系が全く同一になり、光学系の相違に起因する誤差が取り除かれる。
一方、この構成によれば、第２計測波長範囲には分析対象ガスの吸収線が含まれておらず、第２計測信号の形状を、略そのままベースラインとして用いることができる。このため、１つの受光素子を用いても、ベースラインを求める際に生じる誤差が殆ど無い。
これらの結果、この構成によれば、第１計測信号及びベースラインに基づいて、分析対象ガスを高精度に分析することができる。
【００１１】
幾つかの実施形態では、
前記第１計測信号を取得する工程において、前記第１計測波長範囲で前記発振波長の掃引を繰り返しながら、複数の前記第１計測信号を取得し、
ガス分析方法は、前記複数の第１計測信号の各々の最大値に基づいて、前記複数の第１計測信号のうち少なくとも１つの第１計測信号に含まれる外乱に起因する外乱成分を求める工程を更に備え、
前記分析対象ガスを分析する工程において、前記少なくとも１つの第１計測信号、該少なくとも１つの第１計測信号に含まれる前記外乱成分、及び、前記ベースラインに基づいて、前記分析対象ガスを分析する。
【００１２】
光路上に塵埃等が存在する場合、塵埃等によって光が散乱され、第１計測信号が減衰し

てしまう。つまり、塵埃等が外乱となって、第１計測信号が減衰してしまう。この点、この構成によれば、外乱による外乱成分が、複数の第１計測信号の各々の最大値に基づいて求められ、外乱成分を考慮して分析対象ガスが分析されているので、外乱の影響が低減され、高精度に分析が行われる。

【００１３】

幾つかの実施形態では、

前記第１計測信号を取得する工程において、前記第１計測波長範囲での前記発振波長の掃引を繰り返しながら、複数の前記第１計測信号を取得し、

ガス分析方法は、前記複数の第１計測信号の各々の最小値に基づいて、前記複数の第１計測信号のうち少なくとも１つの第１計測信号に含まれる迷光に起因する迷光成分を求める工程を更に備え、

前記分析対象ガスを分析する工程において、前記少なくとも１つの第１計測信号、該少なくとも１つの第１計測信号に含まれる前記迷光成分、及び、前記ベースラインに基づいて、前記分析対象ガスを分析する。

【００１４】

受光素子に輻射光等の迷光が入射する場合、第１計測信号が増加してしまう。この点、この構成によれば、第１計測信号が最小値であるときに受光素子に入射するのは迷光のみであり、迷光成分が、複数の第１計測信号の各々の最小値に基づいて求められる。そして、迷光成分を考慮して分析対象ガスが分析されているので、迷光の影響が低減され、高精度に分析が行われる。

【００１５】

幾つかの実施形態では、

前記第１計測信号を取得する工程において、前記第１計測波長範囲での前記発振波長の掃引をインターバルを置いて繰り返す。

この構成によれば、インターバルに対応して、第１計測信号の最小値が一定時間現れるようにすることで、迷光成分をより正確に求めることができる。この結果として、ガスの分析がより高精度に行われる。

【００１６】

幾つかの実施形態では、

前記第２計測信号を取得する工程において、前記第２計測波長範囲での前記発振波長の掃引を繰り返しながら、複数の前記第２計測信号を取得し、

ガス分析方法は、前記複数の第２計測信号の各々の最大値に基づいて、前記複数の第２計測信号うち少なくとも１つの第２計測信号に含まれる外乱に起因する外乱成分を求める工程を更に備え、

前記ベースラインを求める工程において、前記少なくとも一つの第２計測信号、及び、該少なくとも一つの第２計測信号に含まれる前記外乱成分に基づいて、前記ベースラインを求める。

【００１７】

光路上に塵埃等が存在する場合、塵埃等によって光が散乱され、第２計測信号が減衰してしまう。つまり、塵埃等が外乱となって、第２計測信号が減衰してしまう。この点、この構成によれば、外乱による外乱成分が、複数の第２計測信号の各々の最大値に基づいて求められ、外乱成分を考慮して分析対象ガスが分析されているので、外乱の影響が低減され、高精度に分析が行われる。

【００１８】

幾つかの実施形態では、

前記第２計測信号を取得する工程において、前記第２計測波長範囲での前記発振波長の掃引を繰り返しながら、複数の前記第２計測信号を取得し、

ガス分析方法は、前記複数の第２計測信号の各々の最小値に基づいて、前記複数の第２計測信号のうち少なくとも１つの第２計測信号に含まれる迷光に起因する迷光成分を求める工程を更に備え、

前記ベースラインを求める工程において、前記少なくとも一つの第２計測信号、及び、該少なくとも一つの第２計測信号に含まれる前記迷光成分に基づいて、前記ベースラインを求める。

【００１９】

受光素子に輻射光等の迷光が入射する場合、第２計測信号が増加してしまう。この点、この構成によれば、第１計測信号が最小値であるときに受光素子に入射するのは迷光のみであり、迷光成分が、複数の第２計測信号の各々の最小値に基づいて求められる。そして、迷光成分を考慮して分析対象ガスが分析されているので、迷光の影響が低減され、高精度に分析が行われる。

【００２０】

幾つかの実施形態では、

前記第２計測信号を取得する工程において、前記第２計測波長範囲での前記発振波長の掃引をインターバルを置いて繰り返す。

この構成によれば、インターバルに対応して、第２計測信号の最小値が一定時間現れるようにすることで、迷光成分をより正確に求めることができる。この結果として、ガスの分析がより高精度に行われる。

【００２１】

本発明の少なくとも一実施形態に係るガス分析装置は、

光路の始端に配置され、中心波長を含む波長範囲で発振波長が可変であり且つ前記中心波長が可変に構成された波長可変ダイオードレーザと、

前記光路の終端に配置される受光素子と、

前記受光素子の出力信号に基づいて、分析対象ガスを分析するように構成された計測器とを備え、

前記計測器は、

前記分析対象ガスの吸収線を含む第１計測波長範囲で前記波長可変ダイオードレーザの発振波長が掃引されている間に前記受光素子により第１計測信号を取得し、

前記分析対象ガスの吸収線を含まない第２計測波長範囲で前記波長可変ダイオードレーザの発振波長が掃引されている間に前記受光素子により第２計測信号を取得し、

前記第２計測信号に基づいて前記第１計測信号におけるベースラインを求め、

前記第１計測信号及び前記ベースラインに基づいて、前記分析対象ガスを分析するように構成されている。

【００２２】

この構成によれば、第１計測信号及び第２計測信号が、同じ受光素子を用いて取得される。このため、第１計測信号と第２計測信号を取得するための光学系が全く同一になり、光学系の相違に起因する誤差が取り除かれる。

一方、この構成によれば、第２計測波長範囲には分析対象ガスの吸収線が含まれておらず、第２計測信号の形状を、略そのままベースラインとして用いることができる。このため、１つの受光素子を用いても、ベースラインを求める際に生じる誤差が殆ど無い。

これらの結果、この構成によれば、第１計測信号及びベースラインに基づいて、分析対象ガスを高精度に分析することができる。

【００２３】

幾つかの実施形態では、

前記計測器は、

前記第１計測波長範囲での前記発振波長の掃引が繰り返されている間における複数の前記第１計測信号を取得し、

前記複数の第１計測信号の各々の最大値に基づいて、前記複数の第１計測信号のうち少なくとも１つの第１計測信号に含まれる外乱に起因する外乱成分を求め、

前記少なくとも１つの第１計測信号、該少なくとも１つの第１計測信号に含まれる前記外乱成分、及び、前記ベースラインに基づいて、前記分析対象ガスを分析するように構成されている。

【００２４】
光路上に塵埃等が存在する場合、塵埃等によって光が散乱され、第１計測信号が減衰してしまう。つまり、塵埃等が外乱となって、第１計測信号が減衰してしまう。この点、この構成によれば、外乱による外乱成分が、複数の第１計測信号の各々の最大値に基づいて求められ、外乱成分を考慮して分析対象ガスが分析されているので、外乱の影響が低減され、高精度に分析が行われる。
【００２５】
幾つかの実施形態では、
前記計測器は、
前記第１計測波長範囲での前記発振波長の掃引が繰り返されている間における複数の前記第１計測信号を取得し、
前記複数の第１計測信号の各々の最小値に基づいて、前記複数の第１計測信号のうち少なくとも１つの第１計測信号に含まれる迷光に起因する迷光成分を求め、
前記少なくとも１つの第１計測信号、該少なくとも１つの第１計測信号に含まれる前記迷光成分、及び、前記ベースラインに基づいて、前記分析対象ガスを分析する
ように構成されている。
【００２６】
受光素子に輻射光等の迷光が入射する場合、第１計測信号が増加してしまう。この点、この構成によれば、第１計測信号が最小値であるときに受光素子に入射するのは迷光のみであり、迷光成分が、複数の第１計測信号の各々の最小値に基づいて求められる。そして、迷光成分を考慮して分析対象ガスが分析されているので、迷光の影響が低減され、高精度に分析が行われる。
【００２７】
幾つかの実施形態では、
前記計測器は、前記第１計測波長範囲での前記発振波長の掃引がインターバルを置いて繰り返されている間における複数の前記第１計測信号を取得するように構成されている。
この構成によれば、インターバルに対応して、第１計測信号の最小値が一定時間現れるようにすることで、迷光成分をより正確に求めることができる。この結果として、ガスの分析がより高精度に行われる。
【００２８】
幾つかの実施形態では、
前記計測器は、
前記第２計測波長範囲での前記発振波長の掃引が繰り返されている間における複数の前記第２計測信号を取得し、
前記複数の第２計測信号の各々の最大値に基づいて、前記複数の第２計測信号うち少なくとも１つの第２計測信号に含まれる外乱に起因する外乱成分を求め、
前記少なくとも一つの第２計測信号、及び、該少なくとも一つの第２計測信号に含まれる前記外乱成分に基づいて、前記ベースラインを求める
ように構成されている。
【００２９】
光路上に塵埃等が存在する場合、塵埃等によって光が散乱され、第２計測信号が減衰してしまう。つまり、塵埃等が外乱となって、第２計測信号が減衰してしまう。この点、この構成によれば、外乱による外乱成分が、複数の第２計測信号の各々の最大値に基づいて求められ、外乱成分を考慮して分析対象ガスが分析されているので、外乱の影響が低減され、高精度に分析が行われる。
【００３０】
幾つかの実施形態では、
前記計測器は、
前記第２計測波長範囲での前記発振波長の掃引が繰り返されている間における複数の前記第２計測信号を取得し、

前記複数の第２計測信号の各々の最小値に基づいて、前記複数の第２計測信号のうち少なくとも１つの第２計測信号に含まれる迷光に起因する迷光成分を求め、

前記少なくとも一つの第２計測信号、及び、該少なくとも一つの第２計測信号に含まれる前記迷光成分に基づいて、前記ベースラインを求める

ように構成されている。

【００３１】

受光素子に輻射光等の迷光が入射する場合、第２計測信号が増加してしまう。この点、この構成によれば、第２計測信号が最小値であるときに受光素子に入射するのは迷光のみであり、迷光成分が、複数の第２計測信号の各々の最小値に基づいて求められる。そして、迷光成分を考慮して分析対象ガスが分析されているので、迷光の影響が低減され、高精度に分析が行われる。

【００３２】

幾つかの実施形態では、

前記計測器は、前記第２計測波長範囲での前記発振波長の掃引がインターバルを置いて繰り返されている間における複数の前記第２計測信号を取得するように構成されている。

この構成によれば、インターバルに対応して、第２計測信号の最小値が一定時間現れるようにすることで、迷光成分をより正確に求めることができる。この結果として、ガスの分析がより高精度に行われる。

【発明の効果】

【００３３】

本発明の少なくとも一実施形態によれば、１つの受光素子を用いて、誤差が確実に低減されるガス分析方法及びガス分析装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【００３４】

【図１】ボイラの概略構成を概略的に示す図である。

【図２】本発明の一実施形態に係るガス分析装置の概略的な構成を示す図である。

【図３】ＴＤＬから出射するレーザ光の強度及び波長と時間との関係を概略的に示す図である。

【図４】幾つかの実施形態に係るガス分析方法の手順を概略的に示すフローチャートである。

【図５】レーザ光の波長と、ガスによるレーザ光の吸収率との関係を、ガスの吸収線とともに概略的に示すグラフである。

【図６】ＴＤＬの波長、出射光強度、第１計測信号、第２計測信号及びベースラインと、時間の関係を概略的に示す図である。

【図７】第２計測信号に基づいて求められたベースラインと第１計測信号との差を概略的に示すグラフである。

【図８】幾つかの実施形態に係るガス分析方法の手順を概略的に示すフローチャートである。

【図９】外乱成分取得工程を説明するための図である。

【図１０】幾つかの実施形態に係るガス分析方法の手順を概略的に示すフローチャートである。

【図１１】迷光成分取得工程を説明するための図である。

【図１２】幾つかの実施形態に係るガス分析方法における、ＴＤＬの出射光強度と時間の関係を概略的に示すグラフである。

【図１３】図１２のグラフに対応する、第１計測信号と時間の関係を概略的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００３５】

以下、添付図面を参照して、本発明の実施形態について説明する。ただし、この実施形態に記載されている又は図面に示されている構成部品の寸法、材質、形状及びその相対的

配置等は、本発明の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

【００３６】

図１は、ボイラ１０の概略構成を示す図である。

ボイラ１０は、燃焼炉１２と、燃焼炉１２に連なる煙道１４とを有する。

燃焼炉１２の火路壁１６は水を加熱するための蒸発管を含み、燃焼炉１２の上部には、蒸気を過熱するための過熱器１８が配置されている。煙道１４の下部には、水を予備加熱するための節炭器２０が配置されている。また、煙道１４の上部には、蒸気を再加熱するための再熱器２２が配置されている。

【００３７】

燃焼炉１２には、バーナ２４が取り付けられ、バーナ２４には、送風機２６から空気が供給されるとともに石炭粉砕機２８から微粉炭が供給可能である。また、燃焼炉１２には、空気供給管３０が取り付けられ、空気供給管３０には送風機２６から空気が供給可能である。

【００３８】

バーナ２４から噴出する微粉炭が燃焼することにより生じた高温の排ガスは、燃焼炉１２内を上昇し、煙道１４に流入する。燃焼により生じた熱は、火路壁１６の蒸発管に伝えられ、これにより水が加熱される。排ガスの熱は、過熱器１８での蒸気の過熱、再熱器２２での蒸気の再加熱、及び、節炭器２０での水の予熱に利用される。低温になった排ガスは、例えばボイラ１０の下流に設けられた脱硝装置に流入し、浄化される。

過熱器１８で過熱された蒸気（主蒸気）は、例えば、蒸気タービン３２に供給され、発電等に利用される。

【００３９】

ボイラ１０の制御装置３４は、例えば、発電量に基づいてガバナ弁３６を制御する一方、主蒸気の圧力に基づいて、ボイラ１０における燃焼状態を制御するように構成されている。すなわち、ボイラ１０の制御装置３４は、燃焼炉１２に供給される燃料及び空気の量や、節炭器２０を通じて蒸発管に供給される水の量を制御するように構成されている。

【００４０】

図２は、本発明の一実施形態に係るガス分析装置の概略的な構成を示している。ガス分析装置は、煙道１４を流れる排ガスの分析を行うことができる。本実施形態では、ガス分析装置は、図１中に一点鎖線Ｌ１で示した位置で、排ガスの分析を行うことができる。すなわち、ガス分析装置は、過熱器１８と節炭器２０の間で、排ガスの分析を行うことができる。ただし、ガス分析装置は、図１中に一点鎖線Ｌ２、Ｌ３で示した位置で、排ガスの分析を行ってもよい。つまり、ガス分析装置は、燃焼炉１２内で排ガスの分析を行ってもよい。

【００４１】

ガス分析装置は、波長可変ダイオードレーザ４０と、受光素子４２と、計測器４４とを有する。以下では、波長可変ダイオードレーザ４０をＴＤＬ（Ｔｕｎａｂｌｅ Ｄｉｏｄｅ ＬＡＳＥＲ）とも称する。

【００４２】

ＴＤＬ４０は、光路４６の始端に配置され、レーザ光を出射するように構成されている。図３は、ＴＤＬ４０から出射するレーザ光の強度及び波長と時間との関係を示している。図３に示すように、ＴＤＬ４０は、ＴＤＬ４０に供給する電流を変化させることにより、中心波長λｃ１を含む波長範囲Δλで発振波長が可変である。本実施形態では、出射光強度が三角波形状（鋸刃形状）に変化させられる。ただし、出射光強度の変調パターンはこれに限定されることはない。

【００４３】

また、図３に示すように、ＴＤＬ４０は、ＴＤＬ４０の温度を変化させることにより、波長範囲Δλを超えて、中心波長λｃ１を例えば中心波長λｃ２に変化させることができる。なお、温度変化により中心波長を変化させても、供給電流の変調パターンを同一のままにしておけば、波長範囲Δλの大きさ及び出射光強度の変調パターンを同一に維持する

ことができる。

【００４４】

受光素子４２は、光路４６の終端に配置され、ＴＤＬ４０が出射したレーザ光を受光する。受光素子４２は、例えばフォトダイオードからなる。受光素子４２は、入射したレーザ光の強度に対応する信号を出力するように構成されている。

【００４５】

光路４６の少なくとも一部は、煙道１４内、すなわち排ガス流路内を延びている。なお、光路４６を規定する光学系の構成は特に限定されることはない。本実施形態では、ＴＤＬ４０は、カプラ４８によって光ファイバ５０の一端に接続され、光ファイバ５０の他端には送光用コリメータ５２が取り付けられている。送光用コリメータ５２から出射したレーザ光は、煙道１４内を横断してから、受光用コリメータ５４に入射する。受光素子４２は、受光用コリメータ５４に取り付けられ、受光用コリメータ５４によって収束されたレーザ光が受光素子４２に入射する。

【００４６】

計測器４４は、例えばコンピュータによって構成され、受光素子４２の出力に基づいて、分析対象のガスを分析するように構成されている。なお、ガスの分析には、例えば、ガスに含まれる成分の濃度分析や、温度の分析が含まれる。

【００４７】

図４は、幾つかの実施形態に係るガス分析方法の手順を概略的に示すフローチャートである。ガス分析方法は、上述したガス分析装置を用いたガス分析に用いることができる。

図４に示したように、ガス分析方法は、第２計測信号取得工程Ｓ１０と、中心波長変更工程Ｓ１２と、第１計測信号取得工程Ｓ１４と、ベースライン演算工程Ｓ１６と、ガス分析工程Ｓ１８とを有する。なお、計測器４４は、これらの工程Ｓ１０～Ｓ１８を実行可能なように構成されている。

【００４８】

図５は、レーザ光の波長と、ガスによるレーザ光の吸収率との関係を、ガスの吸収線とともに示すグラフである。図５に示すように、ガスは成分に応じて複数の吸収線５６を有し、レーザ光は、吸収線５６及びその近傍の波長において吸収される。

第２計測信号取得工程Ｓ１０では、吸収線５６を含まない第２計測波長範囲Δλ２でＴＤＬ４０の発振波長が掃引される。そして、発振波長が掃引されている間、受光素子４２の出力（第２計測信号）が取得される。

【００４９】

ベースライン演算工程Ｓ１６では、第２計測信号に基づいて、ベースラインが求められる。

中心波長変更工程Ｓ１２では、分析に用いられる吸収線５６が、発振波長が掃引される波長範囲に含まれるように、ＴＤＬ４０の中心波長が変更される。中心波長の変更は、ＴＤＬ４０の温度を調整することにより行われる。なお、ＴＤＬ４０への供給電流の変調パターンは変更されず、中心波長を変更した後の波長範囲（第１計測波長範囲Δλ１）の大きさは第２計測波長範囲Δλ２の大きさと同じであり、出射光強度の変調パターンも変更されない。

【００５０】

なお、第２計測波長範囲Δλ２は、分析対象の吸収線５６を含んでおらず、吸収が殆どない実質的に透明な範囲であればよく、一部において、第１計測波長範囲Δλ１と重なっていてもよい。一般的に、波長可変ダイオードレーザにあっては、その組成等に応じて発振波長の可変範囲が異なるが、その中から、分析対象のガス種、分析対象の吸収線５６、第１計測波長範囲Δλ１及び第２計測波長範囲Δλ２を考慮して、適当な可変範囲を有するものがＴＤＬ４０として選択される。

【００５１】

第１計測信号取得工程Ｓ１４では、吸収線５６を含む第１計測波長範囲Δλ１でＴＤＬ４０の発振波長が掃引される。そして、発振波長が掃引されている間に、受光素子４２の

出力（第１計測信号）が取得される。

【００５２】

ガス分析工程Ｓ１８では、第１計測信号及びベースラインに基づいて、分析対象ガスが分析される。

分析対象ガスに含まれるガス種の濃度（モル分率）Ｃや温度は、Ｌａｍｂｅｒｔ－Ｂｅｅｒ則により、次式（１）及び（２）により求められる。

Ｉ／Ｉｏ＝ｅｘｐ（－Ｋ（λ）・Ｌ）　・・・（１）

Ｋ（λ）＝Ｐ・Ｃ・Ｓ（Ｔ）・φ（λ）　・・・（２）

【００５３】

なお、式（１）及び（２）中、Ｉは透過光強度、Ｉｏは入射光強度（ベースラインの光強度）、Ｉ／Ｉｏは透過率、Ｋ（λ）は吸収係数、λは吸収線５６の波長、Ｌは光路長、Ｐは場の静圧、Ｓ（Ｔ）は吸収強度温度依存係数、Ｔはガス種の温度、φ（λ）は吸収線形状関数である。

【００５４】

以下、ベースライン演算工程Ｓ１６について詳細に説明する。

図６は、ＴＤＬ４０の波長、出射光強度、第１計測信号、第２計測信号及びベースラインと、時間の関係を概略的に示している。なお、図６の下段のグラフ中、二点鎖線は、リファレンス信号測定用の受光素子を用意して測定されたリファレンス信号を概略的に示している。図示しないけれども、リファレンス信号測定用の受光素子は、煙道１４の手前で光路４６から分岐された光路の終端に配置される。

【００５５】

図６の下段のグラフに示すように、第１計測信号の最大値Ｉ１ｍａｘと、第２計測信号の最大値Ｉ２ｍａｘとの間には差がある。ベースラインは、最大値Ｉ１ｍａｘと最大値Ｉ２ｍａｘとが一致するように、第２計測信号に係数を乗算することにより求められる。

なお、ベースラインは、時間を変数とする近似多項式を用いて近似することができる。そこで、第２計測信号に係数を演算して求められた値を、近似多項式で近似し、得られた近似多項式をベースラインとして用いてもよい。

【００５６】

図７は、第２計測信号に基づいて求められたベースラインと第１計測信号との差（差分信号）を概略的に示すグラフである。なお、図７中の二点鎖線は、リファレンス信号に基づいて求められたベースラインと第１計測信号との差を概略的に示している。リファレンス信号に基づくベースラインは、リファレンス信号の最大値Ｉｒｍａｘが第１計測信号の最大値Ｉ１ｍａｘに一致するように、リファレンス信号に係数を乗算して求められる。

図７に示すように、差分信号の形状は、第２計測信号に基づいて求められたベースラインを用いた場合と、リファレンス用信号を用いた場合とでほぼ同じであるが、一部に違いがある。

【００５７】

上述した構成によれば、第１計測信号及び第２計測信号が、同じ受光素子４２を用いて取得される。このため、第１計測信号と第２計測信号を取得するための光学系が全く同一になり、光学系の相違に起因する誤差が取り除かれる。

一方、この構成によれば、第２計測波長範囲Δλ２には分析対象ガスの吸収線５６が含まれておらず、第２計測信号の形状を、係数を乗算するとしても、略そのままベースラインとして用いることができる。このため、１つの受光素子４２を用いても、ベースラインを求める際に生じる誤差が殆ど無い。

これらの結果、この構成によれば、第１計測信号及びベースラインに基づいて、分析対象ガスを高精度に分析することができる。

【００５８】

図８は、幾つかの実施形態に係るガス分析方法の手順を概略的に示すフローチャートである。ガス分析方法は、上述したガス分析装置を用いたガス分析に用いることができる。

図８に示すガス分析方法は、図４に示すガス分析方法に、第１計測信号に含まれる外乱

成分を取得する外乱成分取得工程Ｓ２０及び計測信号補正工程Ｓ２２を追加したものである。そして、ベースライン演算工程Ｓ２４では、計測信号補正工程Ｓ２２で補正された第１計測信号の最大値Ｉ１ｍａｘに補正用信号の最大値Ｉ２ｍａｘが一致するように、補正用信号に係数が乗算される。ガス分析工程Ｓ２６では、補正された第１計測信号及びベースラインに基づいて分析対象ガスの分析が行われる。

【００５９】

図９は、外乱成分取得工程Ｓ２０及び計測信号補正工程Ｓ２２を説明するための図である。

図９に示すように、第１計測信号を繰り返し測定した場合、複数の第１計測信号の最大値Ｉ１ｍａｘ１、Ｉ１ｍａｘ２、Ｉ１ｍａｘ３、・・・が取得される。外乱成分取得工程Ｓ２０では、複数の第１計測信号の最大値Ｉ１ｍａｘ１、Ｉ１ｍａｘ２、Ｉ１ｍａｘ３、・・・を滑らかに繋ぐ関数ｆ（ｔ）が求められる。

そして、計測信号補正工程Ｓ２２では、第１計測信号を関数ｆ（ｔ）で割算することにより補正する。

【００６０】

光路４６上に塵埃等が存在する場合、塵埃等によって光が散乱され、第１計測信号が減衰してしまう。つまり、塵埃等が外乱となって、第１計測信号が減衰してしまう。この点、この構成によれば、外乱による外乱成分が、複数の第１計測信号の各々の最大値に基づいて求められ、外乱成分を考慮して分析対象ガスが分析されているので、外乱の影響が低減され、高精度に分析が行われる。

【００６１】

なお、図９に拡大して概略的に示すように、ｆ（ｔ）は、第１計測信号の最大値と最大値の間における外乱成分も表しており、各時間ｔ１、ｔ２、ｔ３・・・の第１計測信号を、対応するｆ（ｔ１）、ｆ（ｔ２）、ｆ（ｔ３）・・・で割算するより、第１計測信号を時間ごとに正確に補正することができる。ただし、図９では、説明のために時間のステップが粗いが、実際には連続的に補正することができる。

【００６２】

図１０は、幾つかの実施形態に係るガス分析方法の手順を概略的に示すフローチャートである。ガス分析方法は、上述したガス分析装置を用いたガス分析に用いることができる。

図１０に示すガス分析方法では、ＴＤＬ４０の出射光強度が、零を最小値として変調される。その上で、図１０に示すガス分析方法では、図８に示すガス分析方法に、第１計測信号に含まれる迷光成分を取得する迷光成分取得工程Ｓ２８が追加される。計測信号補正工程Ｓ３０では、外乱成分及び迷光成分に基づいて第１計測信号が補正される。ベースライン演算工程Ｓ３２では、計測信号補正工程Ｓ３０で補正された第１計測信号の最大値Ｉ１ｍａｘに補正用信号の最大値Ｉ２ｍａｘが一致するように、補正用信号に係数が乗算される。ガス分析工程Ｓ３４では、補正された第１計測信号及びベースラインに基づいて分析対象ガスの分析が行われる。

【００６３】

図１１は、迷光成分取得工程Ｓ２８及び計測信号補正工程Ｓ３０を説明するための図である。

図１１に示すように、第１計測信号を繰り返し測定した場合、複数の第１計測信号の最小値Ｉ１ｍｉｎ１、Ｉ１ｍｉｎ２、Ｉ１ｍｉｎ３、・・・が取得される。そして、迷光成分取得工程Ｓ２８では、複数の第１計測信号の最小値Ｉ１ｍｉｎ１、Ｉ１ｍｉｎ２、Ｉ１ｍｉｎ３、・・・を滑らかに繋ぐ関数ｇ（ｔ）が求められる。

計測信号補正工程Ｓ３０では、第１計測信号から関数ｇ（ｔ）を引算した値を、関数ｆ（ｔ）で割算することにより、補正された第１計測信号が得られる。

【００６４】

受光素子４２に環境光や輻射光等の迷光が入射する場合、第１計測信号が増加してしまう。この点、この構成によれば、ＴＤＬ４０の出射光強度が零を最小値として変調されて

おり、出射光強度が零のときに受光素子４２に入射するのは迷光のみであり、迷光成分が、複数の第１計測信号の各々の最小値に基づいて求められる。そして、迷光成分を考慮して分析対象ガスが分析されているので、迷光の影響が低減され、高精度に分析が行われる。

【００６５】

なお、図１１に拡大して概略的に示すように、ｇ（ｔ）は、第１計測信号の最小値と最最小値の間における迷光成分も表しており、各時間ｔ１、ｔ２、ｔ３・・・の第１計測信号から、対応するｇ（ｔ１）、ｇ（ｔ２）、ｇ（ｔ３）・・・を引算することより、第１計測信号を時間ごとに正確に補正することができる。ただし、図１１では、説明のために時間のステップが粗いが、実際には連続的に補正することができる。

【００６６】

図１２及び図１３は、幾つかの実施形態に係るガス分析方法を説明するための図である。

図１２に示すように、幾つかの実施形態では、ＴＤＬ４０の出射光強度が一定時間零になるインターバルを置いて、ＴＤＬ４０の出射光強度が変調される。このような変調によれば、図１３に示すように、第１計測信号にも、インターバルに対応して一定時間最小値が出現する。

このように、第１計測信号の最小値が一定時間現れるようにすることで、迷光成分を表す関数ｇ（ｔ）をより正確に求めることができる。この結果として、ガスの分析がより高精度に行われる。

【００６７】

幾つかの実施形態では、ＴＤＬ４０の出射光強度の変調周波数は、外乱成分や迷光成分の変動周波数よりも高く設定されるが、外乱成分や迷光成分の変動周波数の１０倍程度に設定される。例えば、ＴＤＬ４０の出射光強度の変調周波数は、１００Ｈｚ以上２０ｋＨｚ以下に設定され、好ましくは、１００Ｈｚ以上１ｋＨｚ以下に設定される。

この構成によれば、ＴＤＬ４０の出射光強度の変調周波数を低めに抑えることで、第１計測信号や第２計測信号の最大値や最小値に基づいて、外乱成分や迷光成分の変動を正確に求めることができる。また、変調周波数を低めに抑えることで、ＴＤＬ４０、受光素子４２及び計測器４４として安価なものを用いることができる。

【００６８】

本発明は上述した幾つかの実施形態に限定されることはなく、上述した幾つかの実施形態に変更を加えた形態や、これらの形態を適宜組み合わせた形態も含む。

例えば、上述した幾つかの実施形態では、第１計測信号についてのみ外乱成分の関数ｆ（ｔ）を求めて補正を行ったが、第２計測信号についても同様の方法により外乱成分の関数ｆ（ｔ）を求めて補正を行ってもよい。

上述した幾つかの実施形態では、第１計測信号についてのみ迷光成分の関数ｇ（ｔ）を求めて補正を行ったが、第２計測信号についても同様の方法により迷光成分の関数ｇ（ｔ）を求めて補正を行ってもよい。

【００６９】

上述した幾つかの実施形態では、迷光成分のための補正を、外乱成分のための補正と併用して行ったが、迷光成分のための補正のみを行ってもよい。

上述した幾つかの実施形態では、迷光成分を演算により補正したが、光学系に迷光除去フィルタを設け、迷光成分を光学的に除去してもよい。

上述した幾つかの実施形態では、第２計測信号を取得した後に第１計測信号を測定したが、第１計測信号を取得した後に、第２計測信号を取得してもよい。

【００７０】

上述した幾つかの実施形態において、ガス分析装置による分析結果を制御装置３４に入力し、制御装置３４が、発電量や主蒸気圧力に加え、ガス分析装置による分析結果に基づいて、ボイラ１０への燃料、空気及び水の供給を制御するように構成されていてもよい。

上述した幾つかの実施形態では、ガス分析装置及びガス分析方法は、煙道１４を流れる

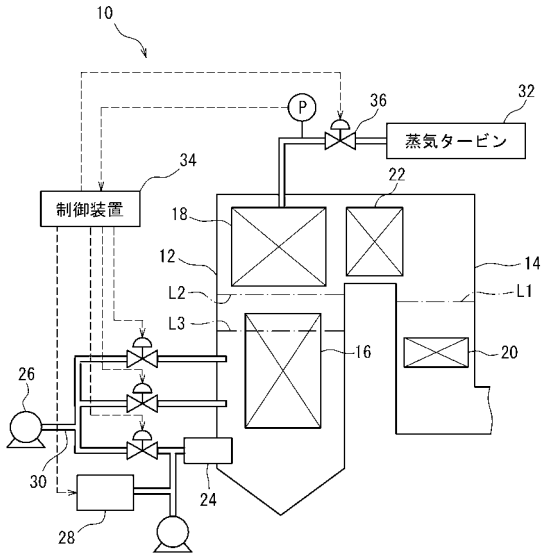
排ガスの分析に適用されていたが、分析対象ガスは、排ガスに限定されることはない。

【符号の説明】

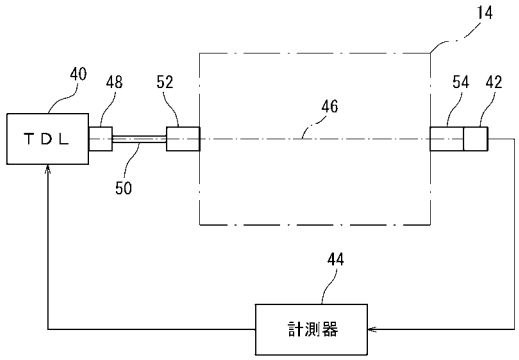
【００７１】

４０　波長可変ダイオードレーザ（ＴＤＬ）
４２　受光素子
４４　計測器
４６　光路
４８　カプラ
５０　光ファイバ
５２　送光用コリメータ
５４　受光用コリメータ
５６　吸収線

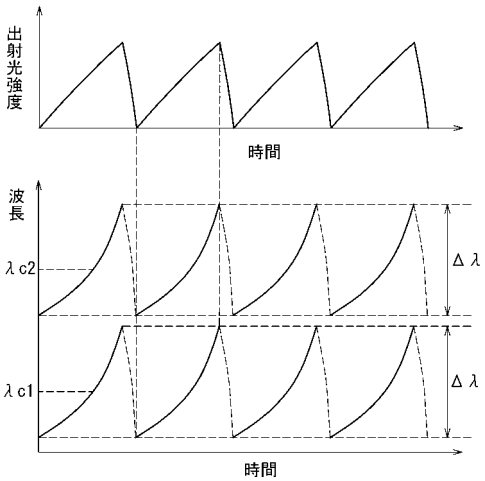
【図１】



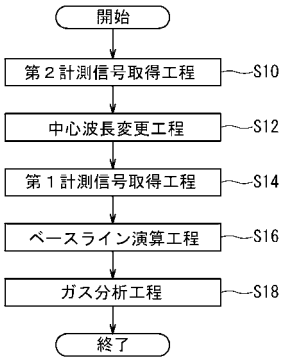
【図２】



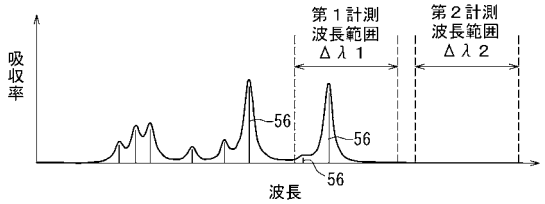
【図３】



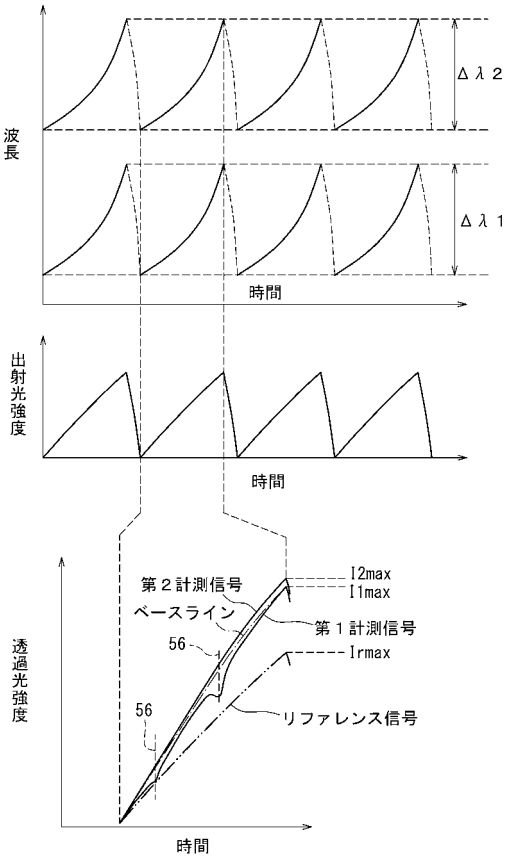
【図４】


開始
第２計測信号取得工程
S10
中心波長変更工程
S12
第１計測信号取得工程
S14
ベースライン演算工程
S16
ガス分析工程
S18
終了

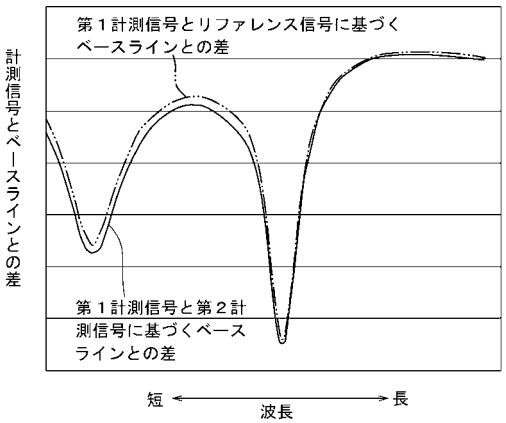
【図５】


吸収率
第１計測
波長範囲
Δλ１
第２計測
波長範囲
Δλ２
56
56
56
波長

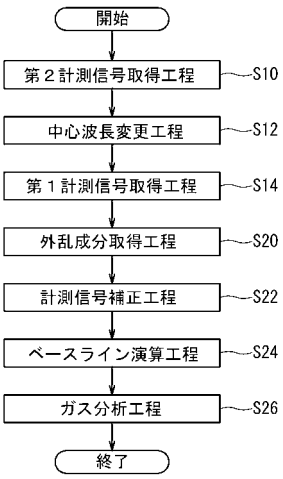
【図６】


波長
Δλ２
Δλ１
時間
出射光強度
時間
透過光強度
第２計測信号
ベースライン
第１計測信号
I2max
I1max
Irmax
56
56
リファレンス信号
時間

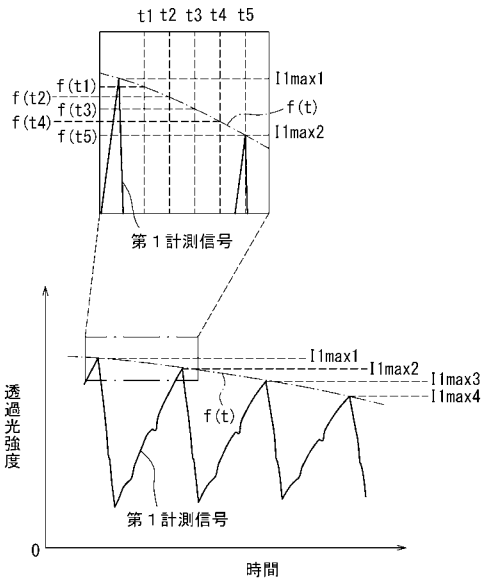
【図７】


計測信号とベースラインとの差
第１計測信号とリファレンス信号に基づく
ベースラインとの差
第１計測信号と第２計
測信号に基づくベース
ラインとの差
短
長
波長

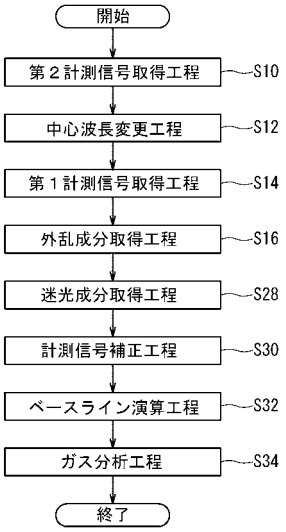
【図８】


開始
第２計測信号取得工程
S10
中心波長変更工程
S12
第１計測信号取得工程
S14
外乱成分取得工程
S20
計測信号補正工程
S22
ベースライン演算工程
S24
ガス分析工程
S26
終了

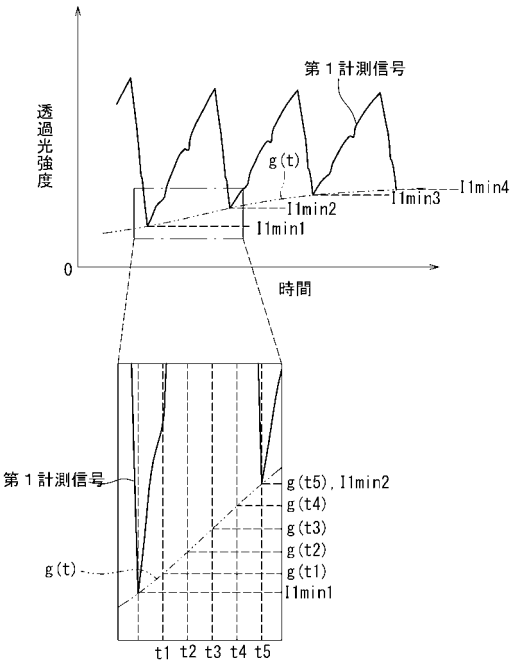
【図９】



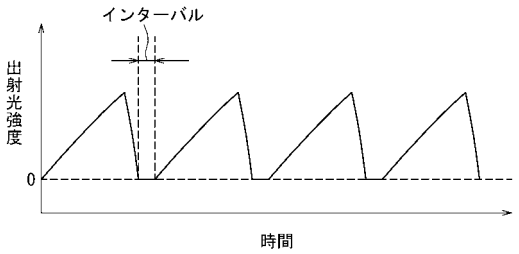
【図１０】



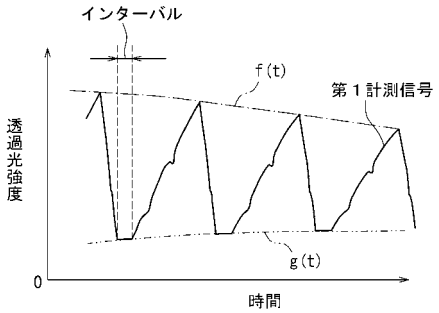
【図１１】



【図１２】



【図１３】



フロントページの続き

(72)発明者　西宮　立享
東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内

Ｆターム(参考) 2G059 AA01 BB01 EE01 EE12 FF08 GG01 HH01 JJ03 JJ11 JJ17
KK01 MM01 MM17 NN01