

洞院通四条下ル元悪王子町 3 7 番地 豊
元四条烏丸ビル Kyoto (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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, ST, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

that changes in synchronization with the pressure; and a control means 131 for controlling the laser driving means 112 so as to change the wavenumber range within which the sweeping is carried out in accordance with the pressure related value. With this configuration, highly precise measurement can be carried out within a wide pressure range from low pressure to high pressure even under a situation where the pressure of the gas to be measured changes and high-speed responsiveness is required.

(57) 要約: 波数可変レーザー光源 1 1 3 と、波長可変レーザー光源から出射されて測定対象ガスを通過したレーザー光の強度を検出する光検出器 1 1 4 と、レーザー光を所定の波数範囲で繰り返し掃引するように波数可変レーザー光源 1 1 3 に駆動電流を供給するレーザー駆動手段 1 1 2 とを備えたガス吸収分光装置において、測定対象ガスの圧力の値又は該圧力に同期して変化する値である、圧力関連値を取得する圧力関連値取得手段 1 1 7 と、前記圧力関連値に応じて前記掃引を行う波数範囲を変化させるようレーザー駆動手段 1 1 2 を制御する制御手段 1 3 1 とを設ける。これにより、測定対象ガスの圧力が変化し且つ高速応答性が求められる状況下においても、低圧から高圧までの広い圧力範囲で高精度な計測を行うことが可能となる。

明 細 書

発明の名称： ガス吸収分光装置

技術分野

[0001] 本発明は、測定対象ガスのレーザ光吸収スペクトルに基づき、該測定対象ガスに含まれる特定ガスの濃度、温度、又は分圧等を測定するガス吸収分光装置に関する。

背景技術

[0002] レーザを用いたガス吸収分光法としては主に以下の2つの方法が知られている。

(1) D L A S (Direct Laser Absorption Spectroscopy、レーザ直接吸収分光法)

(2) W M S (Wavelength Modulated Spectroscopy、波長変調分光法)

[0003] D L A Sでは、レーザ光を測定対象ガスに照射し、光検出器によりレーザ光を測定する。ここで、ガスに照射するレーザ光の波長（波数）を特定の値に固定してガスでの吸収を測定する方法と、レーザ光の波長を掃引し、ガスの吸収スペクトルを測定する方法がある。前者の場合には、レーザ光の波長は特定ガスの吸収波長に固定し、その波長での吸光度を測定する。波長を掃引する場合には、レーザ光の波長を特定ガスの吸収波長を含む範囲で変化させてそのスペクトルを測定し、ガスによる吸収ピークの面積を測定する。

[0004] W M Sは波長掃引型のD L A Sに似ているが、波長掃引に加えて、掃引周期より十分短い周期（すなわち十分高い周波数。ここでは f とする。）で正弦波状に波長を変調する。検出器では、周波数 f の高調波（一般的に用いられるのは2次高調波）を検出することでD L A Sよりも高い感度で吸収を測定することができる。W M Sでは得られた吸収スペクトルの強度から容易にガス濃度が算出される。

[0005] 特に、産業用のガス吸収分光法としては、感度に優れたW M Sが好適とされている。但し、W M Sには以下の理由から、高速測定において精度のよい

ガス測定が困難であるという問題があった。

1. 高速測定を行うためには、掃引周期を短くすると共に高い周波数での波長変調が必要となる。しかしながら、波長可変型のレーザとして一般的に最も普及している注入電流制御型波長可変ダイオードレーザを使用した場合、変調周波数を高めると注入電流に対する波長変化率が低下し、十分な波長変調幅 (modulation depth) が得られない。

2. 特にMHzを超えるような高速な変調に対しては波長変調幅を正確に測定することは難しく、高速測定において正確な波長変調幅が確定できない。そのため、測定結果から算出されるガス濃度・温度等の情報の不確定性が高くなる。

[0006] 上記の問題を解決するため、本発明者の一部は、特許文献1において新規のガス吸収分光法を提案している（以下これを「改良型WMS」とよぶ）。この改良型WMSでは、上記従来のWMSのようなレーザ光の変調は行わず、波長掃引型のDLASと同様に特定ガスの吸収線を含む所定の波長範囲でレーザ光の波長掃引を行う。この光は、測定対象ガスを通じた後、光検出器により受光され、その強度変化が検出される。波長掃引を行う波長範囲は、予め、特定ガスの吸収線の波長を含むように設定されるため、光検出器により検出された光のスペクトルプロファイル（光強度の変化の曲線）には、特定ガスに固有の吸収線の波長を中心とする吸収ピークが現れる。改良型WMSでは、この吸収ピークを含むスペクトルプロファイルに対し、WMS処理に類似の数学的演算を行う。具体的には、各波長ポイントを中心に、WMSの波長変調幅に相当する区間のスペクトルプロファイルに対して n 次多項式近似を行い、フーリエ変換の原理に基づいて n 次多項式の係数を用いて、WMS信号振幅を再現する。その原理は次の通りである。

[0007] 一般にWMS処理では、同期検波して得られる n 次の高調波のスペクトルプロファイルは、近似的に吸収スペクトルを n 階微分した波形になることが知られている（非特許文献1：Equation 8）。したがって、波長掃引で得られたスペクトルを n 階微分すれば、 n 次の同期検波に相当するスペクトルが

得られると考えられる。しかし、 n 次微分をすると計測データのノイズの影響が大きくなり実用上問題がある。そのため、改良型WMSでは、高調波信号を求めたい波長を中心としたある範囲に対して n 次多項式近似を行う。得られる多項式の係数はWMS処理により得られる高調波信号となる。このとき多項式近似を行う範囲がWMS処理での変調振幅に相当する。この近似多項式の次数は、高い方がより精度の高い近似を行うことができるが、一般的には1次又は2次多項式近似で十分である。また、ガス吸収以外の光遮断等の光量変化補正処理も行う。

[0008] このような改良型WMSでは、光源においては数100kHz以下の波長掃引のみしか行わないため、光源の注入電流に対する発振波長は正確に決定される。そして、その波長情報に基づいて数学的演算によりWMS処理を行うため、光源駆動電源・光源自体の非線形性の影響も受けず、正確な波長変調幅での高次同期検出が可能となる。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：国際公開第2014／106940号

非特許文献

[0010] 非特許文献1：Reid, J. and Labrie, D., "Second-harmonic detection with tunable diode lasers-comparison of experiment and theory," Appl. Phys. B 26, 203-210 (1981).

非特許文献2：福里 克彦，池田 裕二，中島 健，「半導体レーザ分光システムを用いたCO₂ガスの計測（第2報）」，日本機械学会論文集 B編，2002，68，2901-2907.

非特許文献3：G. B. Rieker, J. B. Jeffries, and R. K. Hanson, "Calibration-free wavelength modulation spectroscopy for measurements of gas temperature and concentration in harsh environments," Appl. Opt., submitted 2009.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0011] ところで、ガス吸収分光法で取得される吸収線の中心波長やピーク幅は、測定対象ガスの圧力値に依存する。一例として、HITRANデータベースから取得した、 H_2O （濃度 1.2%、光路長 1.0cm、温度 400K）の波長1348.4nm（波数7416.0 cm^{-1} ）付近における吸収線の圧力特性を図11に示す。同図から明らかなように、ガス圧が高くなるにつれて、吸収線ピークの中心位置がシフトし、ピーク幅も大きく広がっていく。
- [0012] こうした吸収線の圧力特性により、従来のガス吸収分光法では、測定対象ガスの圧力が変化し且つ高速応答性が求められる状況において、低圧又は高圧のいずれかにおける測定精度が悪化するという問題があった。具体的には、例えば、高圧下で広がった吸収ピークを確実に測定するためには、掃引波数（波長）範囲を広く設定する必要があるが、そのようにすると、検出信号のサンプリングレートの限界により、低圧下における幅狭のピークを高いS/Nで測定することができなくなる。一方、低圧下における幅狭のピークを高いS/Nで測定できるように掃引波数範囲を狭く設定した場合、高圧下で広がった吸収ピークについては、その一部分しか測定できなくなってS/Nが悪化したり、ピークシフトによりピークの中心が掃引波数範囲から外れてしまい、そもそも所望する物理量（例えば、特定ガスの濃度等）を算出できなくなったりするおそれがある。
- [0013] 本発明は上記の点に鑑みて成されたものであり、その目的とするところは、測定対象ガスの圧力が変化し且つ高速応答性が求められる状況において、低圧から高圧までの広い圧力範囲で高精度な計測を行うことができるガス吸収分光装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0014] 上記課題を解決するために成された本発明に係るガス吸収分光装置は、波数可変レーザ光源と、
前記波数可変レーザ光源から出射されて測定対象ガスを通過したレーザ光

の強度を検出する光検出器と、

前記レーザ光を所定の波数範囲で繰り返し掃引するように前記波数可変レーザ光源に駆動電流を供給するレーザ駆動手段と、

前記測定対象ガスの圧力の値又は該圧力に同期して変化する値である、圧力関連値を取得する圧力関連値取得手段と、

前記圧力関連値に応じて前記掃引を行う波数範囲を変化させるよう前記レーザ駆動手段を制御する制御手段と、

を有することを特徴としている。

[0015] なお、ここで言う「波数」は「波長」と一義的に対応するものであり、「波長」を用いて同様の構成を組み立てることももちろん可能である。

[0016] 上記構成によれば、圧力関連値取得手段によって取得される圧力関連値に基づき、測定対象ガスの圧力が大きくなるにつれて掃引波数範囲が広くなるようにレーザ駆動手段を制御することにより、測定対象ガスの圧力が高圧から低圧まで大きく変化する状況下においても、常にそのときのガス圧に応じた適切な波数範囲で波数掃引を行うことができる。そのため、低圧下及び高圧下のいずれにおいても高いS/Nで測定を行うことができる。

[0017] なお、本発明に係るガス吸収分光装置及び方法は、例えば、自動車産業において、ガス濃度をはじめ温度、圧力の非接触、高速測定に適用可能であり、その他、プラント炉内の燃焼ガスのような高温・高圧環境におけるガス計測など多岐の分野において応用可能である。ここで例えば、ピストン式の内燃機関又は外燃機関の燃焼室内のガスを前記測定対象ガスとする場合、該燃焼室内のガス圧を圧力センサで直接測定して得られた値を前記圧力関連値とするほか、例えば、燃焼室内のガス圧に同期して変化する値であるクランク角を前記圧力関連値として利用することができる。

[0018] 上記本発明に係るガス吸収分光装置は、

それぞれ掃引波数幅が異なる掃引波形が規定された複数のテーブルが、前記圧力関連値と対応付けて記憶されたテーブル記憶手段、

を更に有し、

前記制御手段が、前記複数のテーブルのうち前記圧力関連値取得手段から取得された前記圧力関連値に対応するテーブルを、前記テーブル記憶手段から読み出し、該テーブルに従って前記レーザ駆動手段を制御するものとして行うことができる。

[0019] 本発明は、例えば、上述の改良型WMSによる測定を行うガス吸収分光装置に適用することができる。改良型WMSでは、レーザ光の変調を行う代わりに、光検出器によって検出された光強度の変化の曲線（スペクトルプロファイル）を、波数の各点においてWMSの変調波数幅に相当する波数幅で多項式近似する。なお、「WMSの変調波数幅」は、吸収線の半値半幅の2.2倍とした場合に最大のS/Nが得られることが知られているが、上述の通り、吸収線のピーク幅は測定対象ガスの圧力に応じて変化する。そこで、本発明を改良型WMSによる測定を行うガス吸収分光装置に適用する場合には、測定対象ガスの圧力変化に応じて、掃引波数幅だけでなく前記多項式近似を行う際の波数幅も変化させることが望ましい。

[0020] すなわち、上記本発明に係るガス吸収分光装置は、

前記光検出器で検出された光強度の変化の曲線を、波数の各点において所定の波数幅の範囲内で近似多項式により近似する多項式近似部と、

前記各点の近似多項式の各項の係数に基づき、前記曲線のゼロ次を含むn次微分曲線を作成する微分曲線作成部と、

前記ゼロ次を含むn次微分曲線に基づき前記測定対象ガスに含まれる特定ガスの温度、濃度、及び分圧のうちの少なくとも1つを決定する物理量決定手段と、

を更に有し、前記多項式近似部が、前記圧力関連値取得手段で取得された前記圧力関連値に応じて、前記近似を行う波数幅を変化させるものとして行うことができる。

[0021] ここで「特定ガス」とは、測定者等によって決められる任意の成分であって、例えば酸素、水蒸気、二酸化炭素、又は一酸化炭素等である。

[0022] また、本発明は、上述のWMSによる測定を行うガス吸収分光装置に適用

することもできる。WMSでは、レーザの発振波数が、所定の周波数で変調される。このとき、最大のS/Nが得られる変調波数幅は測定対象ガスの圧力に応じて変化する。そのため、本発明をWMSによる測定を行うガス吸収分光装置に適用する場合には、測定対象ガスの圧力変化に応じて、掃引波数幅だけでなく変調波数幅も変化させることが望ましい。

[0023] すなわち、上記本発明に係るガス吸収分光装置は、

前記レーザ駆動手段が、前記駆動電流を所定の変調振幅且つ所定の変調周波数で変調するものであって、

前記光検出器による検出信号から前記変調周波数の成分又は前記変調周波数の高調波成分を抽出する復調手段、

を更に有し、

前記制御手段が、更に、前記圧力関連値に応じて前記変調振幅を変化させるよう前記レーザ駆動手段を制御するものとすることができる。

発明の効果

[0024] 以上の通り、本発明に係るガス吸収分光装置によれば、測定対象ガスの圧力が変化し且つ高速応答性が求められる状況においても、低圧から高圧までの広い圧力範囲で高精度な計測を行うことが可能となる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]本発明の一実施形態に係るガス吸収分光装置の概略構成図。

[図2]同実施形態における制御部の動作を示すフローチャート。

[図3]本発明の別の実施形態に係るガス吸収分光装置の概略構成図。

[図4]同実施形態における解析部の動作を示すフローチャート。

[図5]本発明の更に別の実施形態に係るガス吸収分光装置の概略構成図。

[図6]同実施形態における制御部の動作を示すフローチャート。

[図7]エンジンの燃焼室内のガスを測定対象ガスとする場合の構成例を示す図。

[図8]改良型WMSにおいてスペクトルプロファイルを多項式で表す方法を模式的に示す説明図。

[図9]WMSにおけるレーザ駆動信号を示す波形図であって、(a)が掃引信号の波形であり、(b)が変調信号の波形である。

[図10]WMSにおけるレーザ出力波形を示す図。

[図11]H₂Oの波長1348.4nm（波数7416.0cm⁻¹）の吸収線の圧力特性を示す図。

発明を実施するための形態

[0026] <実施形態1>

以下、本発明を実施するための形態について図面を参照しつつ説明する。本発明の一実施形態によるガス吸収分光装置の概略構成を図1に示す。このガス吸収分光装置は、改良型WMS（すなわち特許文献1に記載の方法）による測定を行うものであり、測定対象ガスが通過する（又は測定対象ガスが収容された）ガスセル110と、ガスセル110を挟んで対向配置されたレーザ光源113及び光検出器114と、レーザ光源113に駆動電流を注入するレーザ駆動部112と、レーザ駆動部112に所定の掃引信号を入力する掃引信号発生部111と、前記各部の制御及び光検出器114からの出力の解析を行う制御／解析部120と、を備えている。更に、ガスセル110には、本実施形態における特徴的構成の1つである圧力センサ117が設けられている。

[0027] 制御／解析部120は、制御部130、解析部140、及び記憶部150を含んでいる。制御部130は、掃引信号発生部111を制御するレーザ制御部131を有し、解析部140は、光検出器114の検出信号を処理するための多項式近似部141及び微分曲線作成部142と、該処理後の信号から所望の物理量を算出する物理量決定部143とを備えている。また、記憶部150にはテーブル記憶部151が設けられている（詳細は後述する）。

[0028] 制御／解析部120の機能は、CPU、メモリ、及び大容量記憶媒体（ハードディスク等）などを具備するコンピュータによって実現される。該コンピュータは、ガス吸収分光装置の本体に内蔵された専用コンピュータであってもよいが、典型的には、パーソナルコンピュータ等を使用する。前記コン

コンピュータには、予め所定のプログラムがインストールされており、CPUがこのプログラムを実行することによって、本システムにおける制御部130及び解析部140の機能がソフトウェア的に具現化される。また、記憶部150の機能は前記大容量記憶媒体によって実現される。

[0029] レーザ光源113は、波数が可変のものであり、その波数が、特定ガスの吸収線の波数を含む所定の波数範囲で掃引される。波数可変のレーザ光源113として用いられる半導体レーザダイオード（以下「LD」と略す）の発振波数は、注入される電流（注入電流）の大きさに依存するから、レーザ光の波数掃引は該注入電流を掃引することにより実施される。具体的には、レーザ制御部131の制御の下に、掃引信号発生部111が鋸歯状パターンを有する信号（図1参照）を発生し、これをレーザ駆動部112に送出する。レーザ駆動部112は、該信号に従って鋸歯状に変化する注入電流をLDから成るレーザ光源113に注入する。これにより、レーザ光源113の発振波数が、所定の波数範囲で繰り返し掃引されることとなる。

[0030] まず、本実施形態によるガス吸収分光装置の基本的な動作について説明する。本実施形態のガス吸収分光装置によって測定対象ガス中の特定ガスの濃度、温度、又は分圧等を測定する際には、制御部130の制御の下に、レーザ光源113より所定の最高波数のレーザ光が放射され、その波数が順次変化されて最低波数まで掃引される。なお、上述のWMSでは、波数掃引に加えて、掃引周期より十分短い周期で正弦波状に波数を変調するが、本実施形態に係る装置は、改良型のWMSによる測定を行うものであるため、このような変調は行わない。レーザ光源113からの光はガスセル110中の測定対象ガスを通過し、その際に、特定ガスの吸収線の波数において吸収を受ける。測定対象ガスを通過したレーザ光は、光検出器114でその強度が検出される。光検出器114から出力される、光強度を表す電気信号は、アンプ115を経てA/D変換器116でデジタルサンプリングされ、解析部140に送られる。この電気信号の変化がスペクトルプロファイルとなる。解析部140は、このスペクトルプロファイルを表すデータに基づき、所定の数

学的演算を行う。

[0031] 解析部 140 が行う、前記数学的演算について説明する。ここでは、まず、上記スペクトルプロファイルの、波数軸の各点 $\underline{\nu}$ を中心とする幅 $2a'$ の範囲 $[\underline{\nu} - a' < \nu < \underline{\nu} + a']$ について以下の式 (1)

[数1]

$$\tau(\nu) = b_0 + b_1(\nu - \bar{\nu}) + b_2(\nu - \bar{\nu})^2 + b_3(\nu - \bar{\nu})^3 + \dots \quad (1)$$

で示される多項式で表され则认为 (なお、本願の本文中では、電子出願の制約により、 ν に付された上線を下線で表現している)。これを図 8 に模式的に示す。

式 (1) の n 次微分を求めると

[数2]

$$\left. \frac{d^n \tau(\nu)}{d\nu^n} \right|_{\nu=\bar{\nu}} = b_n \quad (2)$$

となる。ここで、一般には WMS 処理で同期検波して得られる n 次の高調波のスペクトルプロファイルは、近似的に次式で示されることが知られている (非特許文献 1 : Equation 8)。

[数3]

$$H_n(\bar{\nu}) \approx \frac{2^{1-n} \tau(\nu)}{n!} a^n \left. \frac{d^n \tau(\nu)}{d\nu^n} \right|_{\nu=\bar{\nu}}, n \geq 1 \quad (3)$$

したがって、式 (2)、(3) より

[数4]

$$H_n(\bar{\nu}) \approx \frac{2^{1-n}}{n!} a^n b_n, n \geq 1 \quad (4)$$

となる。したがって、上記スペクトルプロファイルにおいて波数 $\underline{\nu}$ に対する WMS 信号を算出するためには、 $[\underline{\nu} - a' < \nu < \underline{\nu} + a']$ の波数の範囲を最小二乗法等によりフィッティングし、係数 b_0 、 b_1 、 b_2 、 $b_3 \dots$ を求め

る。 ν を逐次変化させてフィッティングにより求めた係数 b_1 と b_2 のプロファイルが、 $1f$ と $2f$ のWMSプロファイルに相当するものとなる。なお、フィッティングの範囲を表す a' はWMSの変調振幅 a （すなわち変調波数幅）に相当する値となる。

[0032] 具体的には、多項式近似部141が、上記スペクトルプロファイルの波数 ν を中心とする幅 $2a'$ の範囲 $[\nu - a' < \nu < \nu + a']$ を最小二乗法等によってフィッティングして係数 b_0 、 b_1 、 b_2 、 b_3 …を求める。

[0033] 続いて、微分曲線作成部142が、前記の波数 ν を逐次変化させてフィッティングを行うことにより求められた係数 b_0 、 b_1 、 b_2 、 b_3 …を、波数 ν に対してプロットすることにより各係数のプロファイル（すなわちゼロ次を含む高次微分曲線）を作成する。ここで、係数 b_1 のプロファイルと係数 b_2 のプロファイルが、それぞれWMSにおける一次同期検波プロファイルと二次同期検波プロファイルに相当するものとなる。

[0034] 続いて、上記処理によって作成された（ゼロ次を含む）高次微分曲線に基づき、物理量決定部143が、測定対象ガス中の特定ガスの濃度、分圧、又は温度などを算出する。例えば、特定ガスの濃度はゼロ次微分曲線の吸収ピークの面積から算出することができる。また、2次微分曲線のピーク高さからも特定ガスの濃度を算出することができる。測定対象ガスの分圧 P は、ゼロ次微分曲線の吸収ピークの半値幅 α_L と次のような関係を有することが知られている。

[数5]

$$\alpha_L = \alpha_{L0} \left(\frac{P}{P_0} \right) \left(\frac{T_0}{T} \right)^\gamma \quad (5)$$

ここで、 α_{L0} は気圧 P_0 、温度 T_0 におけるローレンツ広がり半値半幅、 P_0 は基準時の測定対象ガスの圧力、 T は測定時の測定対象ガスの温度、 T_0 は基準時の測定対象ガスの温度、 γ はローレンツ幅の温度依存性を表す定数である。この式により、特定ガスの分圧を求めることができる。また、特定

ガスの温度については、温度が変化するに伴い、2つの吸収ピークの大きさの比が変化することが知られており、その関係を用いることにより、測定対象ガスの温度を検出することができる（非特許文献2）。

[0035] 次に、透過光強度の正規化処理について述べる。ガス吸収分光法では、ガスセルで使用している光学部品の汚れや劣悪環境下での振動による光軸変化に伴い光強度が変化することが実用上の課題の1つとなっている。したがって、光強度の補正処理が必要となるが、補正方法の1つとして、同期検波された2f信号を1f信号で除算する正規化処理（非特許文献3）が知られている。しかし、この方法では、レーザ光を変調する必要がある上、同期検波回路も1f用と2f用の2種類を用意する必要がある。

[0036] 一方、上記のような多項式近似を用いたWMS相当処理では、レーザ光の変調や同期検波回路も不要であり、近似をする際に同時に1f及び2fの検波信号が算出できるため、非常に簡便に正規化処理が可能である。以下に詳細を示す。

[0037] 測定対象ガスに入射する光強度を I_0 とすれば、検出される光強度は $S(\nu) = G I_0 \tau(\nu)$ となる。 G は各光学部品による光強度の低下（及び変動）と検出した光強度に対する電氣的ゲインを示す。よって実際の装置では、数学的演算によるWMS処理を $S(\nu)$ に対して適用し、次式のようなになる。

[数6]

$$S(\nu) = b_0' + b_1'(\nu - \bar{\nu}) + b_2'(\nu - \bar{\nu})^2 + b_3'(\nu - \bar{\nu})^3 + \dots \quad (6)$$

したがって、ここで得られる係数は

[数7]

$$b_0' = G I_0 b_0 \quad (7a)$$

$$b_1' = G I_0 b_1 \quad (7b)$$

$$b_2' = G I_0 b_2 \quad (7c)$$

となる。よって、光強度の変動に依存せず透過スペクトルのみに依存する値を得るためには、次のように b_2' （2f信号）を b_1' （1f信号）又は b_0

’ で除算すればよい。

[数8]

$$\frac{b_2'}{b_1'} = \frac{b_2}{b_1} \quad (8a)$$

$$\frac{b_2'}{b_0'} = \frac{b_2}{b_0} \approx b_2 \quad (8b)$$

なお、吸光が少ない場合は $b_0 \sim 1$ (b_0 が 1 に近い) であるため、式 (8b) で示すような近似が可能である。以上より、光強度に依存しないロバストなガス計測が可能となる。

[0038] 続いて、本実施形態のガス吸収分光装置における特徴的な動作について説明する。上述のように、特定ガスの吸収線のピーク幅は測定対象ガスの圧力に応じて変化する。そこで、本実施形態に係るガス吸収分光装置では、高速応答性が求められる状況において、高圧下における幅広の吸収ピークも低圧化における幅狭の吸収ピークも適切に検出できるよう、圧力センサ 117 によって検出される測定対象ガスの圧力が高いときには掃引波数範囲を相対的に広くし、前記圧力が低いときには掃引波数範囲を相対的に狭くするようレーザー光源 113 を制御する。

[0039] 上記のような制御を実現するため、テーブル記憶部 151 には、測定対象ガスの圧力範囲毎にそれぞれ掃引波数幅が異なる掃引波形が規定された複数のテーブルが記憶されている。これら複数のテーブル（以下、これをテーブルセットとよぶ）は、ガス吸収分光装置で測定する特定ガスの種類毎に用意し、例えば、ユーザが測定開始前に特定ガスの種類を設定した時点で、該特定ガスの種類に応じたテーブルセットが自動的に選択される。

[0040] 測定対象ガスの測定中に、圧力センサ 117 から出力される、測定対象ガスの圧力を表す電気信号は、アンプ 118 を経て A/D 変換器 119 でデジタルサンプリングされ、制御部 130 に送られる。以下、制御部 130 の動作について図 2 のフローチャートを参照しつつ説明する。

[0041] 制御部130が前記測定対象ガスの圧力（ガス圧）を表す信号を受け取ると（ステップS11）、制御部130に設けられたレーザ制御部131によって、該圧力に対応するテーブルがテーブル記憶部151から読み出される（ステップS12）。そして、該テーブルに記述された掃引波形の情報（例えば、波数掃引の各時刻における注入電流の値）に基づいて、レーザ制御部131が、掃引信号発生部111を制御する（ステップS13）。これにより、圧力センサ117で検出されたガス圧に応じた適切な掃引波数幅によるレーザ光の波数掃引が実行される。このような処理（ステップS11～S13）は、ユーザから制御／解析部120に対して測定終了の指示が入力されるまで（すなわち、ステップS14でYesになるまで）一定の時間間隔で繰り返し実行される。

[0042] 以上の処理により、本実施形態に係るガス吸収分光装置によれば、測定対象ガスの圧力が変化し且つ高速応答性が求められる状況下でも、その時々々のガス圧に応じた適切な掃引波数幅でのレーザ光の波数掃引が実行されるため、常に高いS/Nで測定を行うことができる。

[0043] 本発明の効果を確認するために行ったシミュレーションについて説明する。ここでは、A/D変換器116に入力される光検出器114からの電圧信号が1348nmのH₂O吸収プロファイルがのった鋸歯状の信号であって、その鋸歯状の電圧値が1～4V、ノイズ幅が500uVrmsであると仮定した。具体的には、HITRAN2012に基づく1348nmの吸収線にそれぞれ異なるホワイトノイズを足し合わせて成る32種類の信号を用意し、A/D変換器116が一掃引において400点のデジタル値を取得すると仮定した場合に、該32種類のデータから算出される「二次係数／ゼロ次係数」の平均をS（=Signal）、その分散をN（=Noise）としてS/Nの計算を行った。その結果、低圧（1atm）において、変調幅を0.15cm⁻¹とし、掃引幅2cm⁻¹で波数掃引を行った場合は、S/N=20であった。一方、低圧（1atm）において、変調幅を同じく0.15cm⁻¹とし、掃引幅を0.7cm⁻¹とした場合、S/N=33であった。このことから、低圧下においては掃引幅を相対的に狭くすることによって、より高いS/Nが達成さ

れることが確かめられた。

[0044] <実施形態 2>

以下、本発明に係るガス吸収分光装置の他の実施形態について、図 3 及び図 4 を参照しつつ説明する。図 3 は、本実施形態に係るガス吸収分光装置の概略構成を示す図であり、図 4 は、本実施形態に係るガス吸収分光装置における解析部の動作を示すフローチャートである。本実施形態において、図 1 で説明したものと同一又は対応する構成要素については下二桁が共通する符号を付し、適宜説明を省略する。

[0045] 本実施形態に係るガス吸収分光装置は、測定対象ガスの圧力変化に応じて、レーザ光の掃引波数幅だけでなく、解析部 240 にてスペクトルプロファイルが多項式近似する際のフィッティング幅をも変化させるものとなっている。そのため、本実施形態に係るガス吸収分光装置では、圧力センサ 217 からの検出信号が制御部 230 だけでなく解析部 240 にも入力される。また、テーブル記憶部 251 には、実施形態 1 と同様に、測定対象ガスの圧力範囲毎に複数のテーブル（以下、これをテーブルセットとよぶ）が記憶されており、各テーブルには、その圧力範囲での測定に適した掃引波形の情報に加えて、その圧力範囲での測定で得られたスペクトルプロファイルの多項式近似に好適なフィッティング幅の情報が記載されている。このようなテーブルセットは、ガス吸収分光装置で測定する特定ガスの種類毎に用意し、例えば、ユーザが測定開始前に特定ガスの種類を設定した時点で、該特定ガスの種類に応じたテーブルセットが自動的に選択される。

[0046] 本実施形態において、測定対象ガスの測定中に圧力センサ 217 から出力される、測定対象ガスの圧力を表す電気信号は、アンプ 218 を経て A/D 変換器 219 でデジタルサンプリングされた上で、制御部 230 及び解析部 240 へと送られる。以下、このときの解析部 240 の動作について図 4 のフローチャートを参照しつつ説明する（なお、制御部 230 の動作は、図 2 のフローチャートで示したものと同様であるため説明を省略する）。

[0047] 前記測定対象ガスの圧力（ガス圧）を表す信号は、解析部 240 に設けら

れた多項式近似部 2 4 1 に送られる（ステップ S 2 1）。該信号を受け取った多項式近似部 2 4 1 は、該ガス圧に対応するテーブルをテーブル記憶部 2 5 1 から読み出し（ステップ S 2 2）、該テーブルに記載されたフィッティング幅でスペクトルプロファイルの多項式近似を行う（ステップ S 2 3）。そして、その結果に基づいて、微分曲線作成部 2 4 2 による微分曲線の作成（ステップ S 2 4）、及び物理量決定部 2 4 3 における特定ガスの濃度、温度、又は分圧等の算出（ステップ S 2 5）が行われる。このような処理（ステップ S 2 1～S 2 5）は、ユーザから測定終了の指示が入力されるまで（すなわち、ステップ S 2 6 で Y e s になるまで）一定の時間間隔で繰り返し実行される。

[0048] 上述の通り、改良型 WMS では、レーザ光の変調を行う代わりに、光検出器によって検出された光強度の変化の曲線（スペクトルプロファイル）を、波数の各点において WMS の変調波数幅に相当する波数幅の範囲内で多項式近似する。このとき、最大の S/N が得られる WMS の変調波数幅は、測定対象ガスの圧力に応じて変化する。したがって、上記のように圧力センサ 2 1 7 で取得されるガス圧に応じて、前記多項式近似を行う波数幅（フィッティング幅）を随時変化させることにより、測定対象ガスの圧力が変化し且つ高速応答性が求められる状況下でも、常に高い S/N を達成することができる。

[0049] <実施形態 3>

以下、本発明に係るガス吸収分光装置の更に別の実施形態について、図 5 及び図 6 を参照しつつ説明する。図 5 は、本実施形態に係るガス吸収分光装置の概略構成を示す図であり、図 6 は、本実施形態に係るガス吸収分光装置における制御部の動作を示すフローチャートである。本実施形態において、図 1 で説明したものと同一又は対応する構成要素については下二桁が共通する符号を付し、適宜説明を省略する。

[0050] このガス吸収分光装置は、WMS による測定を行うものであり、実施形態 1 及び 2 と同様の鋸歯状の掃引信号を発生する掃引信号発生部 3 1 1 に加え

て、前記鋸歯状の掃引信号よりも周波数の高い正弦波である変調信号を発生する変調信号発生部 361 を備えている。制御部 330 の制御の下に掃引信号発生部 311 及び変調信号発生部 361 でそれぞれ生成された掃引信号（図 9 (a)）及び変調信号（図 9 (b)）は、加算器 362 において可算され、レーザ駆動部 312 へ送出される。レーザ駆動部 312 は、該信号にしたがって変調された鋸歯状の注入電流をレーザ光源 313 に注入する。これにより、レーザ光源 313 からの出力は、図 10 に示すように、所定の掃引波数幅 A で繰り返し掃引され且つ所定の変調波数幅 a で変調されたものとなる。

[0051] 制御／解析部 320 は、制御部 330、解析部 340、及び記憶部 350 を有している。制御部 330 には、レーザ制御部 331 が設けられ、解析部 340 には、光検出器 314 の検出信号を復調する復調部 344 と、該復調後の信号から所望の物理量を算出する物理量決定部 345 が設けられている。記憶部 350 には、測定対象ガスの圧力範囲毎に複数のテーブル（テーブルセット）を記憶したテーブル記憶部 351 が設けられており、各テーブルには、その圧力範囲での測定に適した掃引波形及び変調波形の情報が記載されている。上記のようなテーブルセットは、ガス吸収分光装置で測定する特定ガスの種類毎に用意され、例えば、ユーザが測定開始前に特定ガスの種類を設定した時点で、該特定ガスの種類に応じたテーブルセットが自動的に選択される。

[0052] これらの制御部 330 及び解析部 340 は、CPU、メモリ、及び大容量記憶装置等を備えたコンピュータに、専用のソフトウェアをインストールして実行することによってソフトウェア的に実現される機能手段である。また、記憶部 350 の機能は前記大容量記憶媒体によって実現される。

[0053] 本実施形態において、測定対象ガスの測定中に圧力センサ 317 から出力される、測定対象ガスの圧力を表す電気信号は、アンプ 318 を経て A/D 変換器 319 でデジタルサンプリングされ、制御部 330 に送られる。以下、制御部 330 の動作について図 6 のフローチャートを参照しつつ説明する。

[0054] 制御部 330 が前記測定対象ガスの圧力（ガス圧）を表す信号を受け取ると（ステップ S 31）、制御部 330 のレーザ制御部 331 によって、前記圧力に対応するテーブルがテーブル記憶部 351 から読み出される（ステップ S 32）。そして、該テーブルに記述された掃引波形及び変調波形の情報に従って、レーザ制御部 331 が、掃引信号発生部 311 及び変調信号発生部 361 を制御する（ステップ S 33）。これにより、圧力センサ 317 で検出されたガス圧に応じた適切な掃引波数幅によるレーザ光の波数掃引、及び該ガス圧に応じた適切な変調波数幅によるレーザ光の変調が実行される。このような処理（ステップ S 31～S 33）は、ユーザから測定終了の指示が入力されるまで（すなわち、ステップ S 34 で Yes になるまで）一定の時間間隔で繰り返し実行される。

[0055] このように、本実施形態に係るガス吸収分光装置では、圧力センサ 317 で取得されるガス圧に応じてレーザ光の掃引波数幅及び変調波数幅が随時変化させることにより、測定対象ガスの圧力が変化し且つ高速応答性が求められる状況下でも、常に高い S/N を達成することが可能となる。

[0056] なお、本実施形態では、ガス圧に応じて掃引波数幅及び変調波数幅を変化させるものとしたが、掃引波数幅又は変調波数幅のいずれか一方のみをガス圧に応じて変化させるようにしてもよい。

[0057] 以上、本発明を実施するための形態について具体例を挙げて説明を行ったが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨の範囲で適宜変更が許容される。

[0058] 例えば、実施形態 1～3 では、ガスセル内を通過する（又はガスセル内に収容された）ガスを測定対象ガスとしたが、これに代えて、内燃機関や外燃機関の燃焼室内のガスを測定対象ガスとしてもよい。この場合、燃焼室内に圧力センサを配置し、該圧力センサで取得したガス圧の値に応じて、測定対象ガスに照射するレーザ光の掃引波数幅、該レーザ光の変調振幅、又はスペクトルプロファイルのフィッティング幅（以下、これらを総称して「掃引波数幅等」とよぶ）を変化させる構成としてもよいが、前記内燃機関又は外燃

機関がピストン式のものである場合は、このような圧力センサは設けず、ピストンの上下動に伴って回転するクランクシャフトの回転角度（すなわちクランク角）に応じて掃引波数幅等を変化させる構成とすることもできる。この場合、クランク角が本発明における圧力関連値に相当する。

[0059] 図7に、本発明に係るガス吸収分光装置をピストン式のエンジンに適用する場合の構成例を示す。エンジン470は、シリンダ471と、シリンダ471内で摺動可能なピストン472を有し、シリンダ471の内部空間とピストン472によって燃焼室473が形成されている。シリンダ471の周面にはレンズ等から成る2つの光学窓474a、474bが対向配置されており、レーザ光源413から出射したレーザ光は、一方の光学窓474aから燃焼室473に進入した後、他方の光学窓474bから外に出て光検出器414によって受光される。ピストン472は、コンロッド475を介してクランクシャフト476に連結されており、クランクシャフト476には、外周に複数の突起477aを備えたタイミングロータ477が挿通されている。タイミングロータ477はクランクシャフト476の回転に伴って回転するように構成されており、タイミングロータ477の外周近傍にはクランク角センサ478が配置されている。クランク角センサ478は、タイミングロータ477の突起477aを電磁氣的又は光学的に検知してパルス状の信号（クランク信号）を出力する。

[0060] クランク角センサ478からのクランク信号（及び光検出器414からの検出信号）は、図示しない制御／解析部に送られる。なお、タイミングロータ477の外周の一部には、突起477aが設けられていない領域（欠歯部）477bがあるため、これに対応して前記クランク信号にもパルスが出現しない時間帯が周期的に現れる。そのため、制御／解析部では、この時間帯を基準としてクランク信号上のパルスをカウントすることにより、現在のクランク角を特定することができる。このクランク角は燃焼室473内のガス圧と同期して変化するため、該クランク角に基づいて燃焼室473内のガス圧を推定することができる。

[0061] なお、制御／解析部としては、例えば、実施形態１～３における制御／解析部１２０、２２０、又は３２０のいずれかと同様の構成を採用することができる。但し、いずれの場合も、圧力センサ１１７、２１７、又は３１７からの検出信号に代えて、クランク角センサ４７８からの信号（クランク信号）を利用するものとし、該クランク信号に基づいて、掃引波数幅等を変化させるものとする。この場合、上記のようにクランク信号のカウント数から燃焼室４７３内のガス圧を推定し、該ガス圧に応じて掃引波数幅等を変化させるようにしてもよいが、予め、各カウント数における適切な掃引波数幅等を記載した複数のテーブルをテーブル記憶部１５１、２５１、又は３５１に記憶させておくようにしてもよい。この場合、測定中の各時点におけるクランク信号から求められたカウント数に応じたテーブルを、レーザ制御部１３１、２３１、又は３３１がテーブル記憶部１５１、２５１、又は３５１から読み出し、該テーブルに基づいて掃引波数幅等を制御する。

符号の説明

[0062] １１１、２１１、３１１…掃引信号発生部
１１２、２１２、３１２…レーザ駆動部
１１３、２１３、３１３、４１３…レーザ光源
１１４、２１４、３１４、４１４…光検出器
１１７、２１７、３１７…圧力センサ
１２０、２２０、３２０…制御／解析部
１３０、２３０、３３０…制御部
１３１、２３１、３３１…レーザ制御部
１４０、２４０、３４０…解析部
１４１、２４１…多項式近似部
１４２、２４２…微分曲線作成部
１４３、２４３、３４５…物理量決定部
１５０、２５０、３５０…記憶部
１５１、２５１、３５１…テーブル記憶部

1 1 0、2 1 0、3 1 0…ガスセル

3 4 4 …復調部

3 6 1 …変調信号発生部

3 6 2 …加算器

4 7 0 …エンジン

4 7 1 …シリンダ

4 7 2 …ピストン

4 7 3 …燃焼室

4 7 4 a、4 7 4 b …光学窓

4 7 6 …クランクシャフト

4 7 7 …タイミングロータ

4 7 7 a …突起

4 7 8 …クランク角センサ

請求の範囲

[請求項1]

波数可変レーザー光源と、
前記波数可変レーザー光源から出射されて測定対象ガスを通過したレーザー光の強度を検出する光検出器と、
前記レーザー光を所定の波数範囲で繰り返し掃引するように前記波数可変レーザー光源に駆動電流を供給するレーザー駆動手段と、
前記測定対象ガスの圧力の値又は該圧力に同期して変化する値である、圧力関連値を取得する圧力関連値取得手段と、
前記圧力関連値に応じて前記掃引を行う波数範囲を変化させるよう前記レーザー駆動手段を制御する制御手段と、
を有することを特徴とするガス吸収分光装置。

[請求項2]

それぞれ掃引波数幅が異なる掃引波形が規定された複数のテーブルが、前記圧力関連値と対応付けて記憶されたテーブル記憶手段、
を更に有し、
前記制御手段が、前記複数のテーブルのうち前記圧力関連値取得手段から取得された前記圧力関連値に対応するテーブルを、前記テーブル記憶手段から読み出し、該テーブルに従って前記レーザー駆動手段を制御することを特徴とする請求項1に記載のガス吸収分光装置。

[請求項3]

前記光検出器で検出された光強度の変化の曲線を、波数の各点において所定の波数幅の範囲内で近似多項式により近似する多項式近似部と、
前記各点の近似多項式の各項の係数に基づき、前記曲線のゼロ次を含む n 次微分曲線を作成する微分曲線作成部と、
前記ゼロ次を含む n 次微分曲線に基づき前記測定対象ガスに含まれる特定ガスの温度、濃度、及び分圧のうちの少なくとも1つを決定する物理量決定手段と、
を更に有し、前記多項式近似部が、前記圧力関連値取得手段で取得された前記圧力関連値に応じて、前記近似を行う波数幅を変化させる

ことを特徴とする請求項 1 に記載のガス吸収分光装置。

[請求項4] 前記レーザ駆動手段が、前記駆動電流を所定の変調振幅且つ所定の変調周波数で変調するものであって、

前記光検出器による検出信号から前記変調周波数の成分又は前記変調周波数の高調波成分を抽出する復調手段、

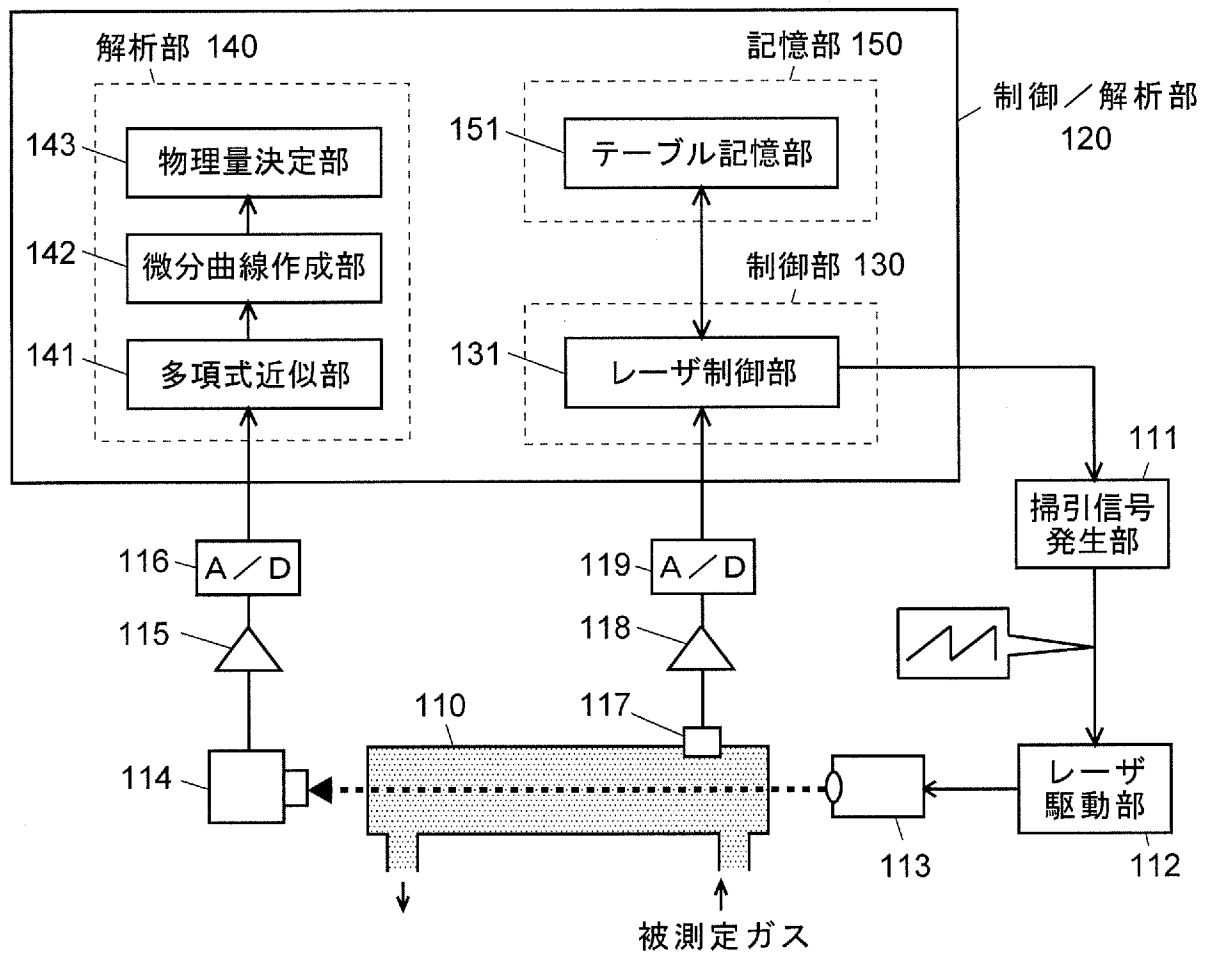
を更に有し、

前記制御手段が、更に、前記圧力関連値に応じて前記変調振幅を変化させるよう前記レーザ駆動手段を制御することを特徴とする請求項 1 に記載のガス吸収分光装置。

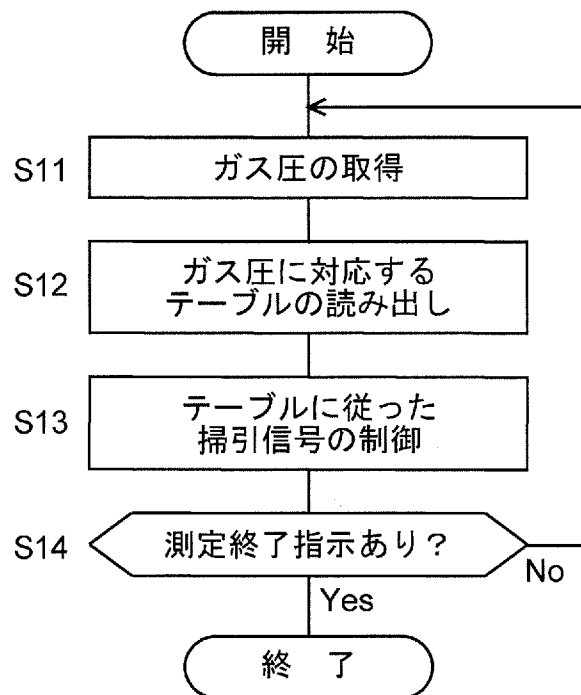
[請求項5] 前記測定対象ガスがエンジンの燃焼室内のガスであって、

前記圧力関連値が、前記エンジンのクランク角であることを特徴とする請求項 1 に記載のガス吸収分光装置。

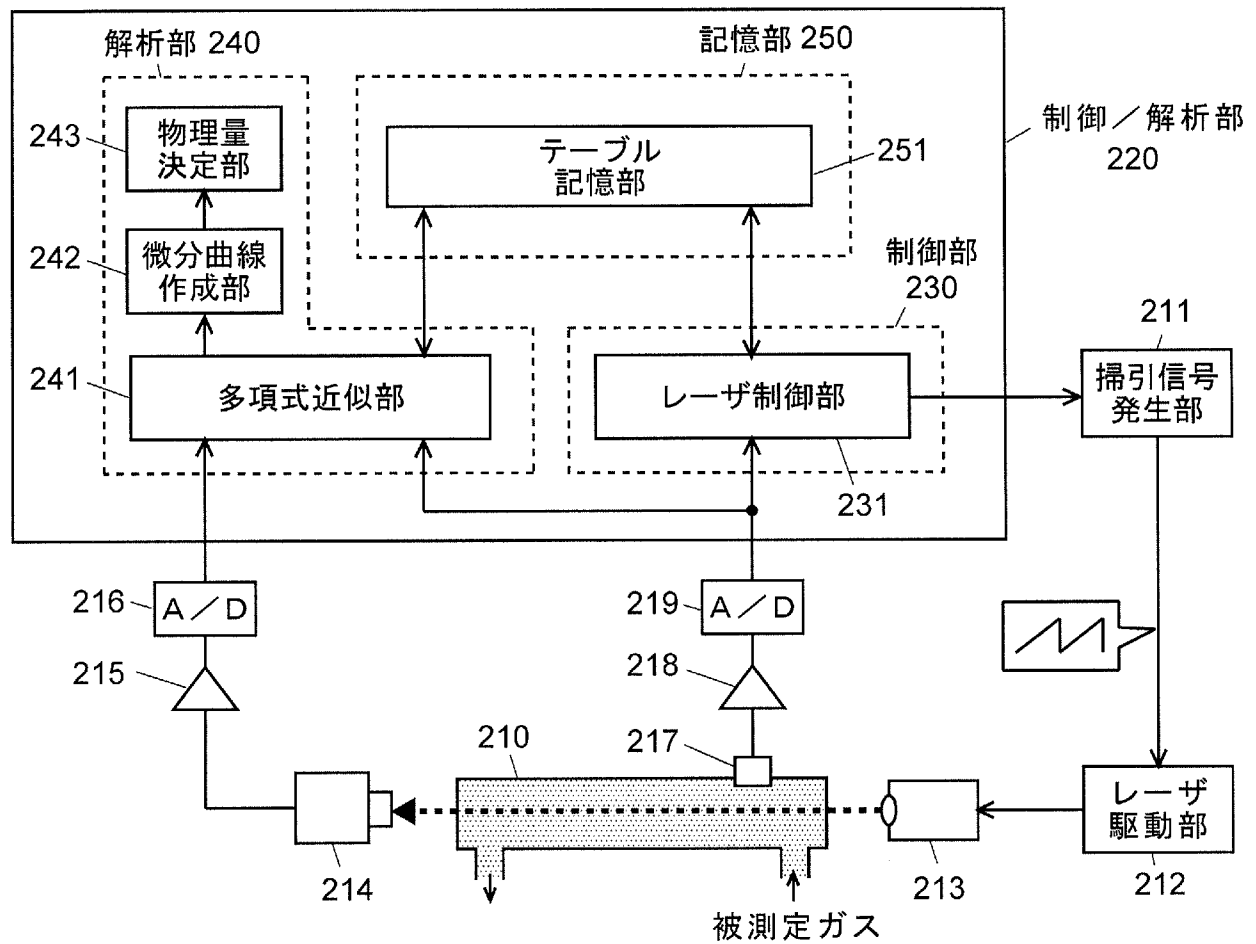
[図1]



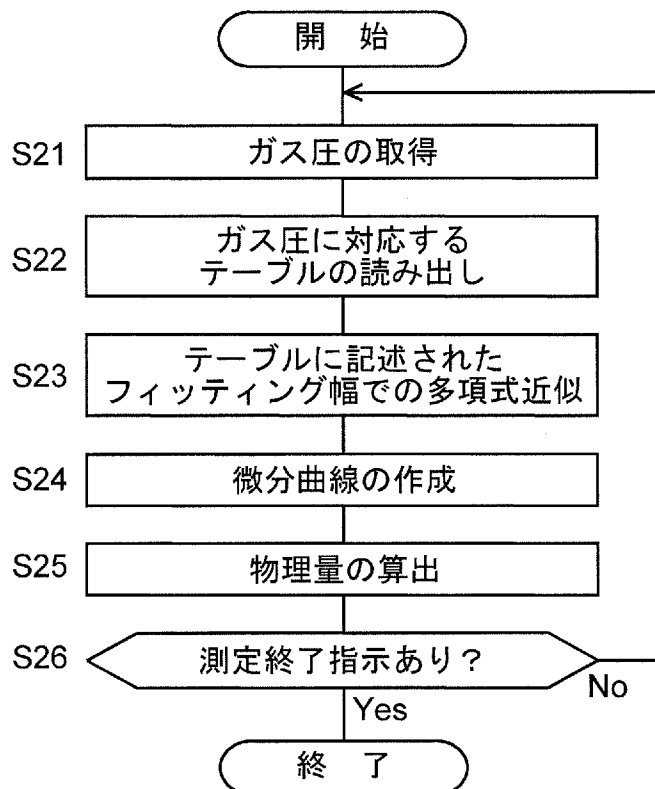
[図2]

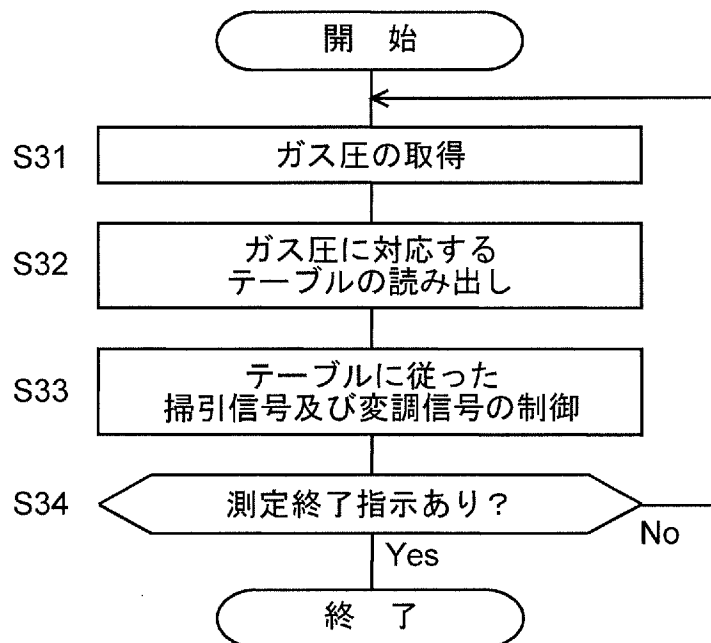
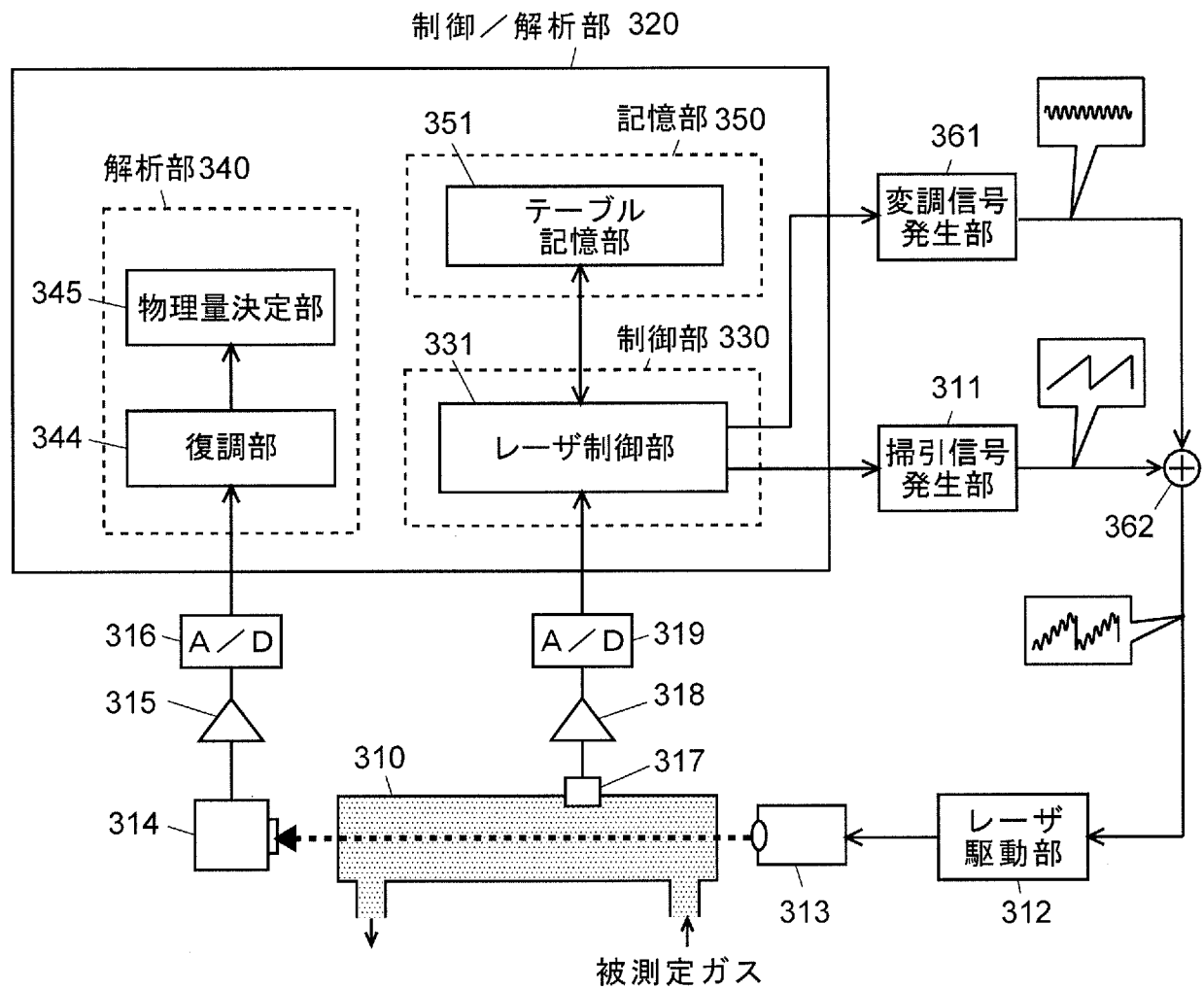


[図3]

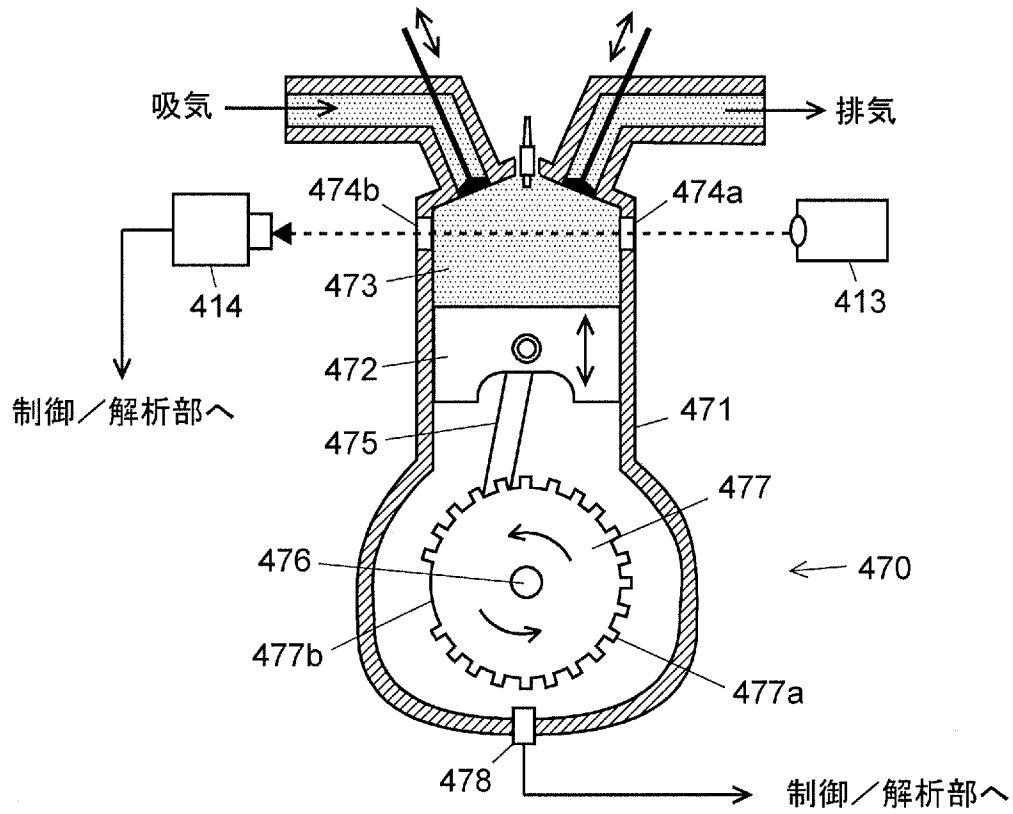


[図4]

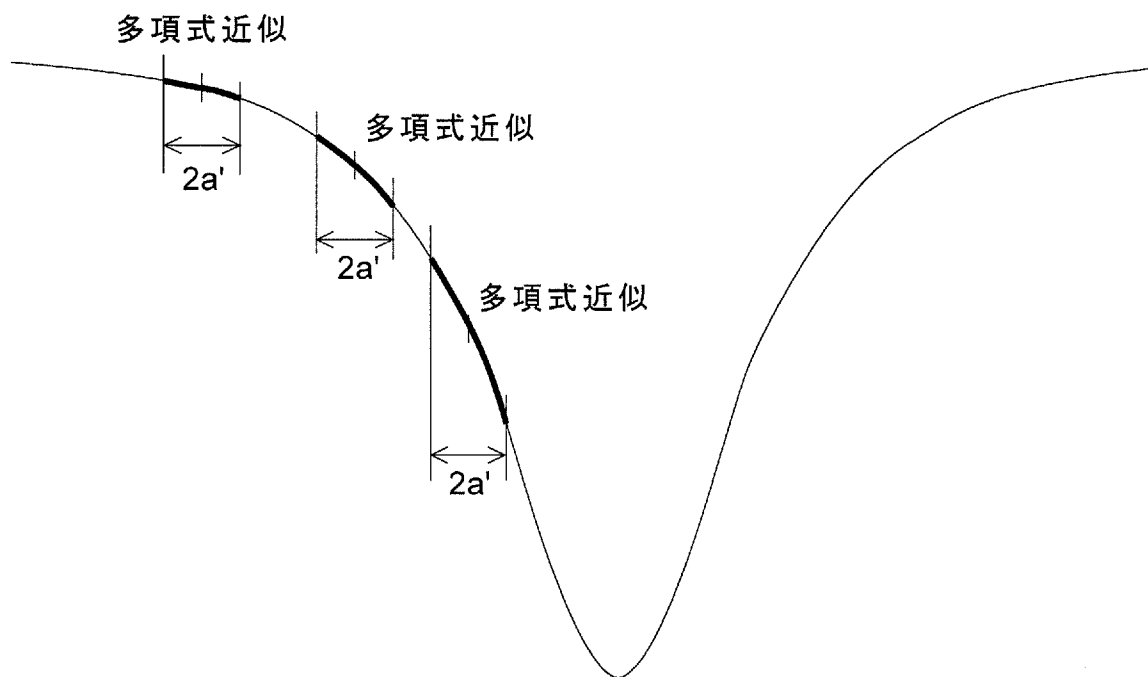




[図7]

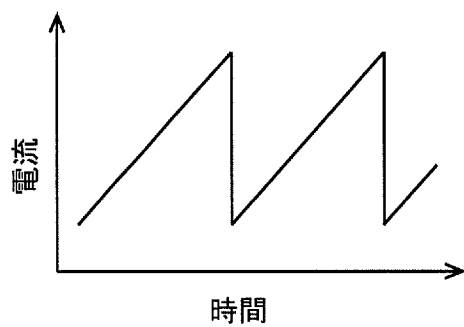


[図8]

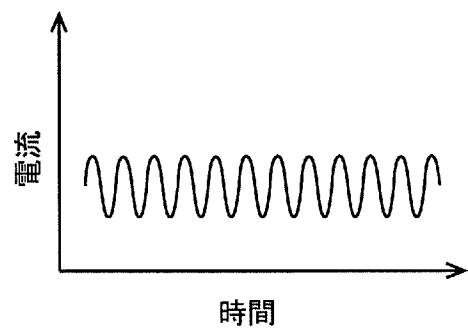


[図9]

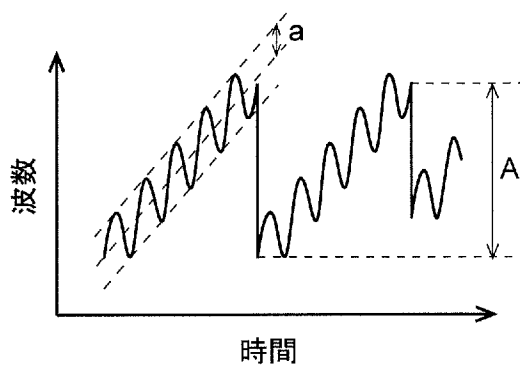
(a) 掃引信号



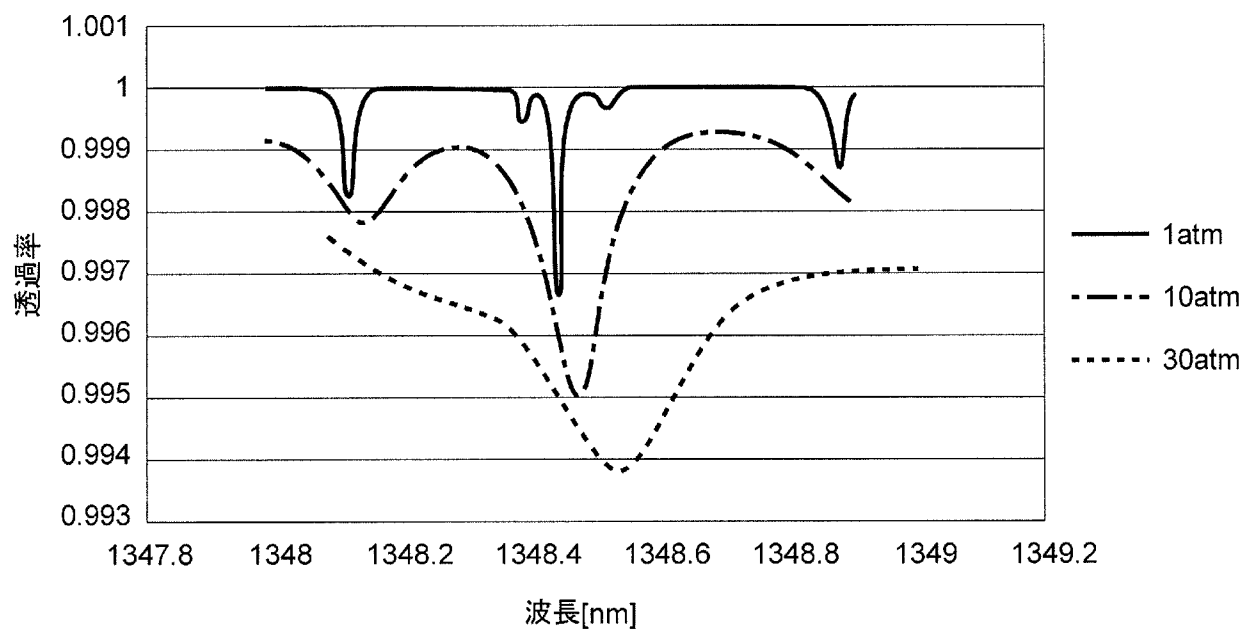
(b) 変調信号



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/000844

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. G01N21/3504 (2014.01) i, G01N21/39 (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) Int.Cl. G01N21/00-21/01, G01N21/17-21/61 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019 Registered utility model specifications of Japan 1996-2019 Published registered utility model applications of Japan 1994-2019 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.
Y	US 2008/0225296 A1 (LIU et al.) 18 September 2008, paragraphs [0019]-[0044], fig. 1-8 & WO 2008/112955 A1 & CA 2680798 A1	1-4
Y	JP 2011-21996 A (NIPPON SOKEN, INC.) 03 February 2011, paragraphs [0042]-[0043], [0051]-[0091], fig. 1, 4-9 (Family: none)	1-5
☒ 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 29 March 2019 (29.03.2019)		Date of mailing of the international search report 09 April 2019 (09.04.2019)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/000844

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2014/106940 A1 (SHIMADZU CORPORATION) 10 July 2014, claim 1, paragraphs [0019]-[0035], fig. 1-8 & EP 2942616 A1 & CN 104903703 A & US 2015/0338342 A1, claim 1, paragraphs [0048]-[0068], fig. 1-8	3
Y	JP 2016-85074 A (SHIMADZU CORPORATION) 19 May 2016, paragraphs [0001]-[0025], fig. 5, 8 (Family: none)	5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01N21/3504(2014.01)i, G01N21/39(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. G01N21/00-21/01, G01N21/17-21/61

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で利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
Y	US 2008/0225296 A1 (LIU et al.) 2008.09.18, [0019]-[0044], Figs.1-8 & WO 2008/112955 A1 & CA 2680798 A1	1-4
Y	JP 2011-21996 A (株式会社日本自動車部品総合研究所) 2011.02.03, [0042] - [0043], [0051] - [0091], 図1、4-9（ファミリーなし）	1-5

☒ 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

29.03.2019

国際調査報告の発送日

09.04.2019

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100-8915

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）

小野寺 麻美子

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

2W

9505

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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
Y	WO 2014/106940 A1 (株式会社島津製作所) 2014.07.10, 請求項1、 [0019] - [0035]、図1-8 & EP 2942616 A1 & CN 104903703 A & US 2015/0338342 A1, Claim 1, [0048]-[0068], Figs. 1-8	3
Y	JP 2016-85074 A (株式会社島津製作所) 2016.05.19, [0001] - [0025]、図5、8 (ファミリーなし)	5