

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2010年5月6日(06.05.2010)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2010/050255 A1

- (51) 国際特許分類:  
G01N 21/27 (2006.01) G01N 21/39 (2006.01)  
G01N 15/06 (2006.01) G01N 21/59 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/057949
- (22) 国際出願日: 2009年4月15日(15.04.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2008-278798 2008年10月29日(29.10.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社(MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 団野実(DANNO, Minoru) [JP/JP]; 〒2368515 神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1 三菱重工業株式会社先進技術研究センター内 Kanagawa (JP). 牟

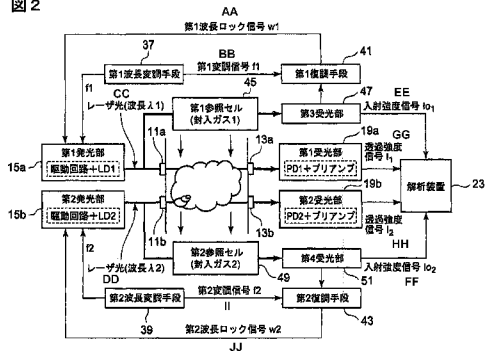
- 田研二(MUTA, Kenji) [JP/JP]; 〒2368515 神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1 三菱重工業株式会社先進技術研究センター内 Kanagawa (JP). 田浦昌純(TANOURA, Masazumi) [JP/JP]; 〒2368515 神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1 三菱重工業株式会社先進技術研究センター内 Kanagawa (JP). 勝木将利(KATSUKI, Masatoshi) [JP/JP]; 〒2368515 神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1 三菱重工業株式会社先進技術研究センター内 Kanagawa (JP). 氏原ゆう子(UJIHARA, Yuuko) [JP/JP]; 〒2368515 神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1 三菱重工業株式会社先進技術研究センター内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 高橋松本&パートナーズ, 外(TAKAHASHI, MATSUMOTO & PARTNERS INTELLECTUAL PROPERTY CORP. et al.); 〒1060032 東京都港区六本木3丁目16番13号 アンバサダー六本木1003号 Tokyo (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,

[続葉有]

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR MEASURING CONCENTRATION

(54) 発明の名称: 濃度測定方法および装置

図2



- AA FIRST WAVELENGTH LOCK SIGNAL w1
- BB FIRST MODULATION SIGNAL f1
- CC LASER BEAM(WAVELENGTH λ1)
- DD LASER BEAM(WAVELENGTH λ2)
- EE INCIDENT BEAM INTENSITY SIGNAL I<sub>01</sub>
- FF INCIDENT BEAM INTENSITY SIGNAL I<sub>02</sub>
- GG TRANSMITTED BEAM INTENSITY SIGNAL I<sub>1</sub>
- HH TRANSMITTED BEAM INTENSITY SIGNAL I<sub>2</sub>
- II SECOND MODULATION SIGNAL f2
- JJ SECOND WAVELENGTH LOCK SIGNAL w2
- 15a FIRST LIGHT EMITTING PART  
DRIVE CIRCUIT + LD1
- 15b SECOND LIGHT EMITTING PART  
DRIVE CIRCUIT + LD2
- 18a FIRST LIGHT RECEIVING PART  
PD1 + PREAMPLIFIER
- 18b SECOND LIGHT RECEIVING PART  
PD2 + PREAMPLIFIER
- 23 ANALYZER
- 37 FIRST WAVELENGTH MODULATION UNIT
- 39 SECOND WAVELENGTH MODULATION UNIT
- 41 FIRST DEMODULATION UNIT
- 43 SECOND DEMODULATION UNIT
- 45 FIRST REFERENCE CELL (SEALING GAS 1)
- 47 THIRD LIGHT RECEIVING PART
- 49 SECOND REFERENCE CELL (SEALING GAS 2)
- 51 FOURTH LIGHT RECEIVING PART

(57) Abstract: Disclosed are method and apparatus for measuring concentration, that can simultaneously measure gaseous material concentrations and solid particulate material concentrations and further can simultaneously measure the concentrations of a plurality of materials such as black smoke, white smoke, and water vapor in the solid particulate material concentrations in a simple and reliable manner. The method for measuring concentration comprises applying a laser beam having an absorption wavelength inherent in a gaseous material contained in an object to be measured, to the object to detect a light transmittance and a light absorption amount and detecting the concentration of gaseous materials in the object and the concentration of solid particulate materials in the object. The relationship between the concentrations of a plurality of kinds of solid particulate materials including black smoke and white smoke and a laser beam attenuation level in each absorption wavelength is preset. Laser beams having a plurality of respective absorption wavelengths are applied to the gaseous material to be measured. The attenuation levels of the applied laser beams having the plurality of absorption wavelengths are measured. The measured attenuation levels are compared with the attenuation levels calculated based on the present relationship to calculate the concentrations of the plurality of kinds of solid particulate materials.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2010/050255 A1



BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

(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, LS, MW, MZ,

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

ガス状物質濃度と同時に固体粒子状物質濃度を同時に測定できるとともに、固体粒子状物質濃度のうちの黒煙、白煙、水蒸気等の複数物質について、それぞれの濃度測定を同時に簡単かつ確実にできる測定方法及び装置を提供すること。測定対象に対して該測定対象中のガス状物質に固有な吸収波長のレーザー光を照射して、検出された光透過率と光吸収量とから測定対象中のガス状物質濃度と固体粒子状物質濃度とを検出する濃度測定方法において、各吸収波長における黒煙および白煙を含む複数種の固体粒子状物質の濃度に対するレーザー光減衰量との関係を予め設定しておき、測定すべきガス状物質に対して複数の吸収波長のレーザー光をそれぞれ照射し、照射された複数の吸収波長のレーザー光の減衰量をそれぞれ測定し該測定結果の減衰量と、前記予め設定され関係に基づいて算出した減衰量とを対比して前記複数種の固体粒子状物質の濃度を算出する。

## 明 細 書

### 濃度測定方法および装置

#### 技術分野

本発明は、ボイラー、ごみ焼却炉、燃焼機関の燃焼室等の密閉容器内に生じるガスや、あるいは該密閉容器から外部に排出されるガス、あるいは排出されたガスが滞留する可能性の高い場所における、ガス状物質濃度および固体粒子状物質濃度の測定方法および測定装置に関する。

#### 背景技術

従来から、ボイラー、ごみ焼却炉、燃焼機関の燃焼室等の密閉容器内に発生するガスの濃度を測定するための手法として、レーザ光を用いる技術が開発されている。このレーザ光を用いるガス濃度測定技術は、ガス種別毎に特有波長を吸収する性質を持つことを利用し、ガス雰囲気中に特定波長のレーザ光を照射して、ガス雰囲気を通じたレーザ光のスペクトルを分析することで、特定ガス種別の濃度を把握するものである。

また、測定対象中に浮遊している固体粒子状物質の濃度を測定するには、一定量のガスをサンプリングして円筒濾紙などを通過させ、通過前と通過後の円筒濾紙の重量変化を測定して、サンプリングガス量と濾紙の重量変化量から測定対象中の固体粒子状物質の濃度を測定していた。

このように、レーザ光を利用してガス濃度の検出、固体粒子状物質の濃度検出の例として、特許文献1（特開平10-185814号公報）が知られており、該特許文献1には、測定対象に対して測定対象中のガス状物質に固有な吸収波長のレーザ光を照射して、ガス状物質濃度と固体粒子状物質との濃度を同時に測定する濃度測定装置が示されている。そこには、図9に示すように、レーザ光透過率のベースの減衰量 $A_p$ が固体粒子状物質による減衰量を示し、ピーク状の減衰量（吸収量） $A_g$ が、ガス状物質による減衰量を示し、 $A_p$ から固体粒子状物質濃度が、 $A_g$ からガス状物質濃度を算出することが示されている。

また、特許文献2（特許第3185310号公報）には、車両走行時に排出されるスモークを検出するスモーク検出器について示されている。レーザ発光部からの出力光が排気ガスで拡散、反射される光をレーザ受光部で受けて、複数の受光部での受光状態に基づいて、黒煙、白煙、水蒸気白煙、または両白煙の混在状態を判定する技術が示されている。

しかし、前記特許文献1には、前記のように、ガス状物質濃度と固体粒子状物質との濃度を同時に測定する濃度測定装置について示されているが、固体粒子状物質は一つ値として計測することになっている。すなわち、固体粒子状物質の全体濃度を一括りとして把握できるが、固体粒子状物質には、黒煙、白煙、水蒸気等があるが、これらを分離してそれぞれを計測することまでは示されていない。

また、前記特許文献2の技術においては、固体粒子状物質の黒煙、白煙、水蒸気等を計測するだけであり、同時に排ガス濃度、例えば、 $\text{NH}_3$ （アンモニア）濃度や、 $\text{NO}_x$ （窒素酸化物）濃度等の特定のガス濃度を測定することはできない。

#### 発明の開示

そこで、本発明は、このような背景に鑑みてなされたものであり、ガス状物質濃度と同時に固体粒子状物質濃度を同時に測定できるとともに、固体粒子状物質濃度のうちの黒煙、白煙、水蒸気等の複数物質について、それぞれの濃度測定を同時に簡単かつ確実にできる測定方法及び装置を提供することを課題とする。

前記課題を解決するため、第1発明は、測定対象に対して該測定対象中のガス状物質に固有な吸収波長のレーザ光を照射して、検出された光透過率と光吸収量とから測定対象中のガス状物質濃度と固体粒子状物質濃度とを検出する濃度測定方法において、前記吸収波長における黒煙および白煙を含む複数種の固体粒子状物質の濃度に対するレーザ光減衰量との関係を予め設定しておき、測定すべきガス状物質に対して複数の吸収波長のレーザ光をそれぞれ照射し、照射された複数の吸収波長のレーザ光の減衰量をそれぞれ測定し該測定結果の減衰量と、前記予め設定され関係に基づいて算出した減衰量とを対比して前記複数種の固体粒子状物質の濃度をそれぞれ算出することを特徴とする。

また、第2発明は、第1発明の方法発明を実施するための装置発明であり、かかる第2発明は、測定対象に対して該測定対象中のガス状物質に固有な吸収波長のレーザ光を照射して、検出された光透過率と光吸収量とから測定対象中のガス状物質濃度と固体粒子濃度とを検出する濃度測定装置において、測定すべきガス状物質に対し吸収波長のレーザ光を照射する発光手段、および該発光手段からのレーザ光を受光する受光手段をそれぞれ複数設け、前記吸収波長における黒煙および白煙を含む複数種の固体粒子状物質の濃度に対するレーザ光減衰量との関係が予め設定されたレーザ光減衰係数マップと、前記受光手段によって受光されたレーザ光からレーザ光の減衰量を算出する減衰量算出手段と、該減衰量算出手段による減衰量と前記レーザ光減衰係数マップの減衰係数から算出した減衰量とを対比して前記複数種の固体粒子の濃度をそれぞれ算出する固体粒子濃度算出手段と、を備えたことを特徴とする。

かかる第1および第2発明によれば、測定対象に対して測定すべき測定ガス状物質の吸収波長のレーザ光を複数照射するとともに、予め、前記各吸収波長における黒煙および白煙を含む複数種の固体粒子状物質に対するレーザ光減衰係数を求めておき、レーザ光減衰係数マップに設定しておく。そして、照射した複数の吸収波長のレーザ光に対する減衰量をそれぞれ測定して、その測定結果からの減衰量と、前記レーザ光減衰係数マップを用いての減衰量とを対比して黒煙、白煙等の固体粒子状物質の濃度を算出することができる。

具体的には、例えばCOのガス濃度を測定するための吸収波長が $\lambda 1$ のレーザ光であり、例えばNH<sub>3</sub>のガス濃度を測定するための吸収波長が $\lambda 2$ のレーザ光であるとすると、波長 $\lambda 1$ の黒煙に対する減衰係数 $a$ と、白煙に対する減衰係数 $b$ とを予め求めておき、さらに波長 $\lambda 2$ の黒煙に対する減衰係数 $c$ と、白煙に対する減衰係数 $d$ とを求めておく。なおこれら減衰係数は、図4、図5に示す特性関係を有したレーザ光減衰係数マップに設定されている。

そして、波長 $\lambda 1$ のレーザ光減衰量 $A_{\lambda 1}$ と、波長 $\lambda 2$ のレーザ光減衰量 $A_{\lambda 2}$ は、次の式(1)、(2)のように黒煙濃度( $N_B$ )による減衰量と、白煙濃度( $N_W$ )による減衰量の和として表すことができる。

$$A_{\lambda 1} = a N_B + b N_W \quad (1)$$

$$A_{\lambda 2} = c N_B + d N_W \quad (2)$$

そして、式(1)、(2)の連立方程式を、 $N_B$ 黒煙濃度、 $N_W$ 白煙濃度について解くことによって、それぞれの濃度を算出できる。なお、波長 $\lambda 1$ のレーザ光減衰量 $A_{\lambda 1}$ と、波長 $\lambda 2$ のレーザ光減衰量 $A_{\lambda 2}$ は、それぞれ受光部からの受光強度信号を基に算出した減衰量である。

すなわち、かかる第1および第2発明によれば、波長の異なる複数のレーザ光を照射し、それぞれの波長のレーザ光の減衰量から、その複数の固体粒子状物質の濃度を同時に簡単かつ確実に算出できる。

また、第1発明において好ましくは、レーザ光を測定対象に照射する以外に測定すべきガス状物質の標準ガスが封入された参照セルに照射し、該参照セルを通過したレーザ光の強度信号と前記測定対象を通過した透過強度信号とに基づいて前記測定結果の減衰量を求めるとよい。

また、第2発明において好ましくは、前記減衰量算出手段は、レーザ光を測定対象に照射する以外に測定すべきガス状物質の標準ガスが封入された参照セルに照射し、該参照セルを通過したレーザ光の強度信号と前記測定対象を通過した透過強度信号とに基づいて前記吸収波長のレーザ光の減衰量を算出するとよい。

かかる構成によると、吸収波長のレーザ光の減衰量を、標準ガスが封入された参照セルを通過したレーザ光の強度信号と、測定対象を通過した透過強度信号とに基づいて算出するので、レーザ発信強度の変動にも影響を受けない計測が可能となる。

また、第1発明において好ましくは、レーザ光を測定対象に照射する以外に測定すべきガス状物質の標準ガスが封入された参照セルに照射し、該参照セルを通過したレーザ光の受信信号に基づいて、参照セルに封入したガスの吸収波長に前記レーザ光の波長をロックするように構成するとよい。

また、第2発明において好ましくは、前記発光手段からのレーザ光を測定対象に照射する以外に測定すべきガス状物質の標準ガスが封入された参照セルに照射し、該参照セルを通過したレーザ光の受信信号に基づいて、参照セルに封入したガスの吸収波長にレーザ光の波長をロックするとよい。

かかる構成によると、参照セルに封入した標準ガスの吸収波長にレーザ光の波

長をロックすることで、発光手段からのレーザ光の波長のずれがなく、波長ずれによる測定精度の低下を抑制できる。

また、第1発明において好ましくは、波長変調手段および復調手段を備え、前記測定すべきガス状物質に対する吸収波長のレーザ光を複数照射し、それぞれの吸収波長におけるガス状物質の吸収量によって前記ガス状物質の濃度を測定するとよい。

また、第2発明において好ましくは、波長変調手段および復調手段を備え、前記測定すべきガス状物質に対する吸収波長のレーザ光を前記発光手段によって複数照射し、それぞれの吸収波長におけるガス状物質の吸収量によって前記ガス状物質の濃度を測定するガス状物質濃度算出手段を備えるとよい。

かかる構成によれば、複数種類のガス状物質の濃度を同時に測定できる。すなわち、黒煙、白煙、水蒸気等の複数の固体粒子状物質濃度を測定できると共に、同時に複数種類のガス状物質の濃度を測定できるようになり、排ガス濃度の分析効率が向上する。

本発明によれば、ボイラー、ごみ焼却炉、燃焼機関の燃焼室等の密閉容器内に発生するガス、あるいは該密閉容器から外部に排出されるガス等のガス状物質濃度と同時に固体粒子状物質濃度とを同時に測定できるとともに、固体粒子状物質濃度のうちの黒煙、白煙、水蒸気等の複数物質について、それぞれの濃度測定を同時に簡単かつ確実にできる測定方法及び装置を提供することができる。

#### 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の濃度測定装置をディーゼルエンジンの排ガス測定に適用した全体構成図である。

第2図は、第1実施形態の濃度測定装置の全体構成図である。

第3図は、波長ロック信号を示す説明図である。

第4図は、黒煙に対するレーザ光減衰係数マップを示す説明図である。

第5図は、白煙に対するレーザ光減衰係数マップを示す説明図である。

第6図は、本発明と従来技術との黒煙との排出測定結果を示す説明図である。

第7図は、第2実施形態の濃度測定装置の全体構成図である。

第8図は、ガス濃度信号を示す説明図である。

第9図は、従来技術を示す説明図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面を参照して本発明の好適な実施の形態を例示的に詳しく説明する。但しこの実施の形態に記載されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は特に特定の記載がない限りは、この発明の範囲をそれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例に過ぎない。

(第1実施形態)

図1は、本発明の第1実施形態に係る濃度測定装置3をディーゼルエンジン(エンジン)5の排ガス濃度測定に用いた例を示す。

エンジン5の排気通路7には、複数のレーザ光、ここでは2つのレーザ光が排気通路7を横切って照射されるように計測センサ部9が取り付けられ、該計測センサ部9は発光側のコリメータ(光学レンズ)11a、11b、および受光側のコリメータ(光学レンズ)13a、13bによって構成されている。

濃度測定装置3の第1発光部(発光手段)15a、第2発光部(発光手段)15bからのレーザ光は光ファイバ17を用いて計測センサ部9に搬送され、該計測センサ部9によって照射されたレーザ光は排ガスを透過した後、第1受光部(受光手段)19aと第2受光部(受光手段)19bで受光信号に変換されてケーブル21によって解析装置23に入力され濃度解析されるようになっている。また、波長変調手段25、復調手段27が設けられるとともに、解析装置23には、レーザ光減衰係数マップ29、減衰量算出手段31、固体粒子濃度算出手段33、ガス状物質濃度算出手段35を有している。

図2に示すように、発光源は波長 $\lambda_1$ のレーザ光を発光する第1発光部15aと波長 $\lambda_2$ のレーザ光を発光する第2発光部15bからなり、第1発光部15a、第2発光部15bはそれぞれ、レーザ光を発振するための半導体レーザダイオードLD1、LD2を有し、それぞれLDドライバの第1駆動回路、第2駆動回路に接続されてLD1、LD2の駆動電流が制御される。

また、第1発光部15aの第1駆動回路には、第1波長変調手段37から第1

変調信号  $f_1$ 、第1波長ロック信号  $w_1$  がそれぞれ印可され、第2発光部 15 b の第2駆動回路には、第2波長変調手段 39 から第2変調信号  $f_2$ 、第2波長ロック信号  $w_2$  がそれぞれ印可される。

この変調信号  $f_1$ 、 $f_2$  は、レーザ光に対して周波数変調を施すために印可する信号であり、また、変調信号  $f_1$ 、 $f_2$  はそれぞれ、変調信号  $f_1$ 、 $f_2$  と同期する信号を取り出すために第1復調手段 41、第2復調手段 43 にもそれぞれ印可されている。

計測センサ部 9 の受光側で受光したレーザ光は、それぞれ第1受光部 19 a、第2受光部 19 b で受光し強度信号を出力する。この第1受光部 19 a、第2受光部 19 b は、それぞれ受光したレーザ光を電気信号に変換するフォトダイオード PD1、PD2 と変換された電気信号から増幅するプリアンプとから構成されている。第1受光部 19 a、第2受光部 19 b で受光し出力された強度信号は、図示しない直流成分検出器と交流成分検出器とによってそれぞれ分けられて、直流成分は、図9に示すレーザ光透過率のベースの減衰量  $A_p$  を表し、固体粒子状物質による減衰量を示している。そして、この直流成分の信号は透過強度信号  $I_1$ 、 $I_2$  として解析装置 23 に入力される。

一方、第1発光部 15 a から発光されたレーザ光は分波器で分波されて第1参照セル 45 へと導かれ、第1参照セル 45 に封入された一定圧力の既知の標準ガス内を流通させて、第3受光部 47 によって受光し、該第3受光部 47 による受光信号が第1復調手段 41 に入力される。また、第1復調手段 41 には第1波長変調手段 37 から第1変調信号  $f_1$  が入力されて、受光信号から第1変調信号  $f_1$  と同期する信号が取り出され、第1参照セル 45 内のガス種類の正確な吸収波長が検出される。そして第1発光部 15 a の LD1 がこの吸収波長を発振するように第1波長ロック信号  $w_1$  が第1発光部 15 a の駆動回路に出力される。

また、第2発光部 15 b から分波して第2参照セル 49 に導かれたレーザ光に対しても同様であり、第4受光手段 51 による受光信号が第2復調手段 43 に入力されるとともに、第2復調手段 43 には第2波長変調手段 39 から第2変調信号  $f_2$  が入力されて、受光信号から第2変調信号  $f_2$  と同期する信号が取り出され、第2波長ロック信号  $w_2$  として、第2発光部 15 b の LD2 の駆動回路に入

力される。

なお、第1参照セル45には測定しようとするガス種類として例えば、COの標準ガスが封入され、また、第2参照セル49には他の測定しようとするガス種類、例えば、NH<sub>3</sub>の標準ガスが封入され、第1参照セル45によって正確な吸収波長λ<sub>1</sub>が検出され、第2参照セル49によって正確な吸収波長λ<sub>2</sub>が検出され、波長ロック信号w<sub>1</sub>、w<sub>2</sub>が出力される。この波長ロック信号とレーザ波長との関係を図3に示す。波長制御範囲内で変調される。

また、第3受光部47による受光信号の強度は、入射強度信号I<sub>01</sub>、I<sub>02</sub>として解析装置23に入力される。

この解析装置23では、次のように濃度解析が行われる。

図4、図5に示すようなレーザ光減衰係数マップ29が設けられ、図4は黒煙に対するレーザ光減衰係数マップであり、例えばCOのガス濃度を測定するための吸収波長がλ<sub>1</sub>のレーザ光の黒煙に対する減衰係数aと、波長λ<sub>2</sub>の黒煙に対する減衰係数cとが図示のように一次関数的な関係で設定されている。

また、図5は白煙に対するレーザ光減衰係数マップであり、例えばCOのガス濃度を測定するための変調中心波長がλ<sub>1</sub>のレーザ光の白煙に対する減衰係数bと、波長λ<sub>2</sub>の白煙に対する減衰係数dとが図示のように一次関数的な関係で設定されている。

そして、波長λ<sub>1</sub>のレーザ光減衰量A<sub>λ1</sub>と、波長λ<sub>2</sub>のレーザ光減衰量A<sub>λ2</sub>は、次の式(1)、(2)のように黒煙濃度(N<sub>B</sub>)による減衰量と、白煙濃度(N<sub>w</sub>)による減衰量との和として表すことができる。なお、N<sub>B</sub>は黒煙濃度、N<sub>w</sub>は白煙濃度を示す。

$$A_{\lambda 1} = a N_B + b N_w \quad (1)$$

$$A_{\lambda 2} = c N_B + d N_w \quad (2)$$

そして、式(1)、(2)の連立方程式を、N<sub>B</sub>黒煙濃度、N<sub>w</sub>白煙濃度について解くことによって、それぞれの濃度を算出できる。

波長λ<sub>1</sub>のレーザ光減衰量A<sub>λ1</sub>と、波長λ<sub>2</sub>のレーザ光減衰量A<sub>λ2</sub>は、それぞれ、減衰量算出手段31によって算出され、該減衰量算出手段31では、第3受光部47の受光強度を示す入射強度信号I<sub>01</sub>、I<sub>02</sub>と、第1受光部19aの

受光強度を示す透過強度信号  $I_1$ 、 $I_2$  とを用いて、 $A_{\lambda 1} = -\text{Log} (I_1 / I_{01})$  として算出し、 $A_{\lambda 2}$  についても同様に、 $A_{\lambda 2} = -\text{Log} (I_2 / I_{02})$  として算出する。すなわち、減衰量算出手段 31 によって算出される減衰量  $A_{\lambda 1}$ 、 $A_{\lambda 2}$  は、実際に測定された受光強度信号に基づいて算出される。

なお、前記式 (1)、式 (2) を用いて  $N_B$  黒煙濃度、 $N_w$  白煙濃度の算出は、解析装置 23 に設けられた固体粒子濃度算出手段 33 によって行われる。

さらに、水蒸気の固体粒子状物質の濃度について求める場合には、前記黒煙と白煙の 2 種類の場合の算出方法と同様に、予め波長  $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$  (例えば  $\text{NO}_x$  の吸収波長) に対する、黒煙、白煙、水蒸気のそれぞれの減衰係数を予め設定しておき、式 (1)、(2) にさらに水蒸気濃度 ( $N_s$ ) を加えた次の式 (3) ~ (5) で表すことができる。

$$A_{\lambda 1} = a N_B + b N_w + e N_s \quad (3)$$

$$A_{\lambda 2} = c N_B + d N_w + f N_s \quad (4)$$

$$A_{\lambda 3} = g N_B + h N_w + i N_s \quad (5)$$

そして、式 (3) ~ (5) の連立方程式を  $N_B$  黒煙濃度、 $N_w$  白煙濃度、 $N_s$  水蒸気濃度について解くことによって、それぞれの濃度を算出できる。

なお、 $e$  は波長  $\lambda 3$  の測定ガスの黒煙濃度と光減衰量との関係を示す減衰係数。 $f$  は波長  $\lambda 3$  の測定ガスの白煙濃度と光減衰量との関係を示す減衰係数。 $g$  は波長  $\lambda 1$  の測定ガスの水蒸気に対する減衰係数、 $h$  は波長  $\lambda 2$  の測定ガスの水蒸気に対する減衰係数、 $i$  は波長  $\lambda 3$  の測定ガスの水蒸気に対する減衰係数をそれぞれ示す。

以上のように、第 1 実施形態によると、測定対象のガス状物質の吸収波長  $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$  のレーザ光を複数照射するとともに、予め、前記各吸収波長における黒煙および白煙を含む複数種の固体粒子状物質に対するレーザ光減衰係数を求めてレーザ光減衰係数マップ 29 に設定しておく。そして、照射した複数の吸収波長のレーザ光に対する減衰量  $A_{\lambda 1}$ 、 $A_{\lambda 2}$  をそれぞれ測定して、その測定結果からの減衰量と、前記レーザ光減衰係数マップ 29 から算出したレーザ光減衰係数を用いて表した黒煙、白煙等の固体粒子状物質の濃度から算出したレーザ光の減衰量とを用いることで、黒煙、白煙等の固体粒子状物質の濃度をそれぞれ簡単かつ確

実に算出することができる。

また、測定すべきガス状物質の標準ガスが封入された第1、第2参照セル45、49に照射して、該参照セル45、49を通過したレーザ光の強度信号をそれぞれ入射強度信号 $I_{01}$ 、 $I_{02}$ として算出し、また測定対象を通過したそれぞれのレーザ光の強度信号を透過強度信号 $I_1$ 、 $I_2$ として算出し、これら入射強度信号 $I_{01}$ 、 $I_{02}$ と透過強度信号 $I_1$ 、 $I_2$ とに基づいて吸収波長のレーザ光の減衰量を算出するので、レーザ発振強度の変動に影響を受けない計測が可能となる。

また、レーザ光を測定対象に照射する以外に測定すべきガス状物質の標準ガスが封入された第1、第2参照セル45、49に照射し、該参照セル45、49を通過したレーザ光の受信信号に基づいて、参照セルに封入したガスの吸収波長に第1発光部15a、第2発光部15bのレーザ光の波長をロックするので、すなわち、参照セル45、49に封入した標準ガスの吸収波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ にレーザ光の波長をロックするので、第1発光部15a、第2発光部15bからのレーザ光の波長ずれがなく、波長ずれによる測定精度の低下を抑制できる。

また、本実施形態による黒煙濃度の測定結果を、従来のガスサンプリングによる計測方法と比較すると、図6のように特にA領域に示すように、従来装置の計測では、計測での応答遅れや、現象緩和化が発生しているのに対して、本実施形態では応答性よく濃度検出が可能となったことが確認された。

#### (第2実施形態)

次に、図7、8を参照して第2実施形態について説明する。

第2実施形態は、第1実施形態の固体粒子状物質の濃度の測定に加えて、同時に複数種類のガス状物質の濃度を測定できるようにしたものである。第1実施形態と同一構成については同一符号を付して説明を省略する。

図7の全体構成図は、第1実施形態の図2の全体構成図に対応するもので、第1実施形態に対して、第3復調手段55と第4復調手段57とガス状物質濃度算出手段35とをさらに設けたものである。

この第3復調手段55は、第1受光部19aで受光した強度信号は、図示しない直流成分検出器と交流成分検出器とによってそれぞれ分けられて、直流成分は、第1実施形態で説明したように、図9のレーザ光透過率のベースの減衰量 $A_p$ を

表し、固体粒子状物質による減衰量の算出に用いられる。交流成分は第3復調手段55によって第1波長変調手段37からの第1変調信号 $f_1$ に同期する信号が取り出されて、フィルタによるノイズ除去されて、復調信号にピーク状に表れる吸収信号の大きさによってガス濃度が検出される。図9に示すように、ピーク状の減衰量（吸収量） $A_g$ が、ガス状物質による減衰量を示し、この $A_g$ からガス状物質濃度を算出することができる。

前記第3復調手段55によって得られたピーク信号 $A_1$ と、第1受光部19aの受信強度の透過強度信号 $I_1$ とによって、波長 $\lambda_1$ の吸収波長のガス濃度 $N_{g1}$ が、 $N_{g1} = \alpha_1 \times A_1 / I_1$ によって算出できる。

また、波長 $\lambda_2$ の吸収波長のガス濃度 $N_{g2}$ についても、 $N_{g2} = \alpha_2 \times A_2 / I_2$ によって算出できる。 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ は比例常数である。なお、これらガス濃度の算出は解析装置23のガス状物質濃度算出手段35によって行われる。

第2実施形態によれば、2種類のガス状物質（CO、NH<sub>3</sub>）の濃度を測定できる。すなわち、黒煙、白煙の複数の固体粒子状物質濃度を測定できると共に、同時に2種類のガス状物質の濃度を測定できるようになり、ディーゼルエンジン5の排ガス濃度の分析効率が向上する。

さらに、2種類のガス状物質（例えばCO、NH<sub>3</sub>）の濃度だけではなく、3種類（例えばCO、NH<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub>）とすれば、ガス状物質の濃度測定と同時に黒煙、白煙、水蒸気の複数の固体粒子状物質濃度も測定できるので、排ガス濃度の測定効率が一層向上する。

なお、2種類、3種類のガス状物質に限らず、必要に応じてさらに多くのガス状物質の濃度と、同時に複数種類の固体粒子状物質濃度を測定できることは勿論である。

また、第1、2実施形態では、光源として半導体レーザダイオードを例に説明したが、その他の波長変調、振幅変調可能なレーザ発振器に適用可能である。

#### 産業上の利用可能性

本発明によれば、本発明によれば、ボイラー、ごみ焼却炉、燃焼機関の燃焼室等の密閉容器内に発生するガス、あるいは該密閉容器から外部に排出されるガス

等のガス状物質濃度と同時に固体粒子状物質濃度を同時に測定できるとともに、固体粒子状物質濃度のうちの黒煙、白煙、水蒸気等の複数物質について、それぞれの濃度測定を同時に簡単かつ確実にできるので、濃度測定方法及び装置への適用に際して有益である。

## 請 求 の 範 囲

1. 測定対象に対して該測定対象中のガス状物質に固有な吸収波長のレーザ光を照射して、検出された光透過率と光吸収量とから測定対象中のガス状物質濃度と固体粒子状物質濃度とを検出する濃度測定方法において、

前記吸収波長における黒煙および白煙を含む複数種の固体粒子状物質の濃度に対するレーザ光減衰量との関係を予め設定しておく、

測定すべきガス状物質に対して複数の吸収波長のレーザ光をそれぞれ照射し、照射された複数の吸収波長のレーザ光の減衰量をそれぞれ測定し該測定結果の減衰量と、前記予め設定され関係に基づいて算出した減衰量とを対比して前記複数種の固体粒子状物質の濃度をそれぞれ算出することを特徴とする濃度測定方法。

2. レーザ光を測定対象に照射する以外に測定すべきガス状物質の標準ガスが封入された参照セルに照射し、該参照セルを通過したレーザ光の強度信号と前記測定対象を通過した透過強度信号とに基づいて前記測定結果の減衰量を求めることを特徴とする請求項1記載の濃度測定方法。

3. レーザ光を測定対象に照射する以外に測定すべきガス状物質の標準ガスが封入された参照セルに照射し、該参照セルを通過したレーザ光の受信信号に基づいて、参照セルに封入したガスの吸収波長に前記レーザ光の波長をロックするように構成したことを特徴とする請求項1記載の濃度測定方法。

4. 波長変調手段および復調手段を備え、前記測定すべきガス状物質に対する吸収波長のレーザ光を複数照射し、それぞれの吸収波長におけるガス状物質の吸収量によって前記ガス状物質の濃度を測定することを特徴とする請求項1記載の濃度測定方法。

5. 測定対象に対して該測定対象中のガス状物質に固有な吸収波長のレーザ光を照射して、検出された光透過率と光吸収量とから測定対象中のガス状物質濃度と固体粒子濃度とを検出する濃度測定装置において、

測定すべきガス状物質に対し吸収波長のレーザ光を照射する発光手段、および該発光手段からのレーザ光を受光する受光手段をそれぞれ複数設け、前記吸収波長における黒煙および白煙を含む複数種の固体粒子状物質の濃度に対するレーザ

光減衰量との関係が予め設定されたレーザ光減衰係数マップと、前記受光手段によって受光されたレーザ光からレーザ光の減衰量を算出する減衰量算出手段と、該減衰量算出手段による減衰量と前記レーザ光減衰係数マップの減衰係数から算出した減衰量とを対比して前記複数種の固体粒子の濃度をそれぞれ算出する固体粒子濃度算出手段と、を備えたことを特徴とする濃度測定装置。

6. 前記減衰量算出手段は、レーザ光を測定対象に照射する以外に測定すべきガス状物質の標準ガスが封入された参照セルに照射し、該参照セルを通過したレーザ光の強度信号と前記測定対象を通過した透過強度信号とに基づいて前記吸収波長のレーザ光の減衰量を算出することを特徴とする請求項5記載の濃度測定装置。

7. 前記発光手段からのレーザ光を測定対象に照射する以外に測定すべきガス状物質の標準ガスが封入された参照セルに照射し、該参照セルを通過したレーザ光の受信信号に基づいて、参照セルに封入したガスの吸収波長にレーザ光の波長をロックするように構成したことを特徴とする請求項5記載の濃度測定装置。

8. 波長変調手段および復調手段を備え、前記測定すべきガス状物質に対する吸収波長のレーザ光を前記発光手段によって複数照射し、それぞれの吸収波長におけるガス状物質の吸収量によって前記ガス状物質の濃度を測定するガス状物質濃度算出手段を備えたことを特徴とする請求項5記載の濃度測定装置。

図 1

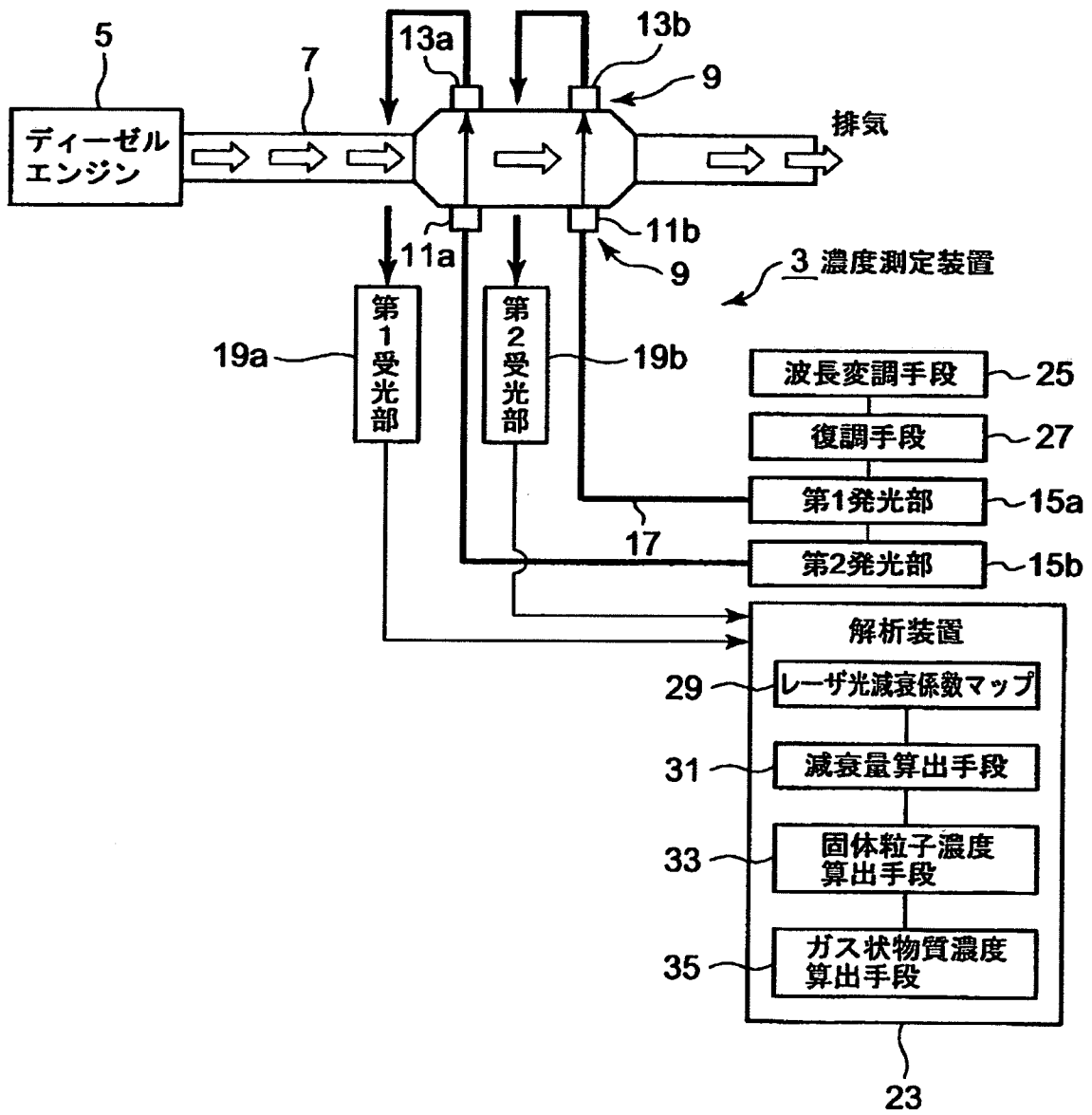


図 2

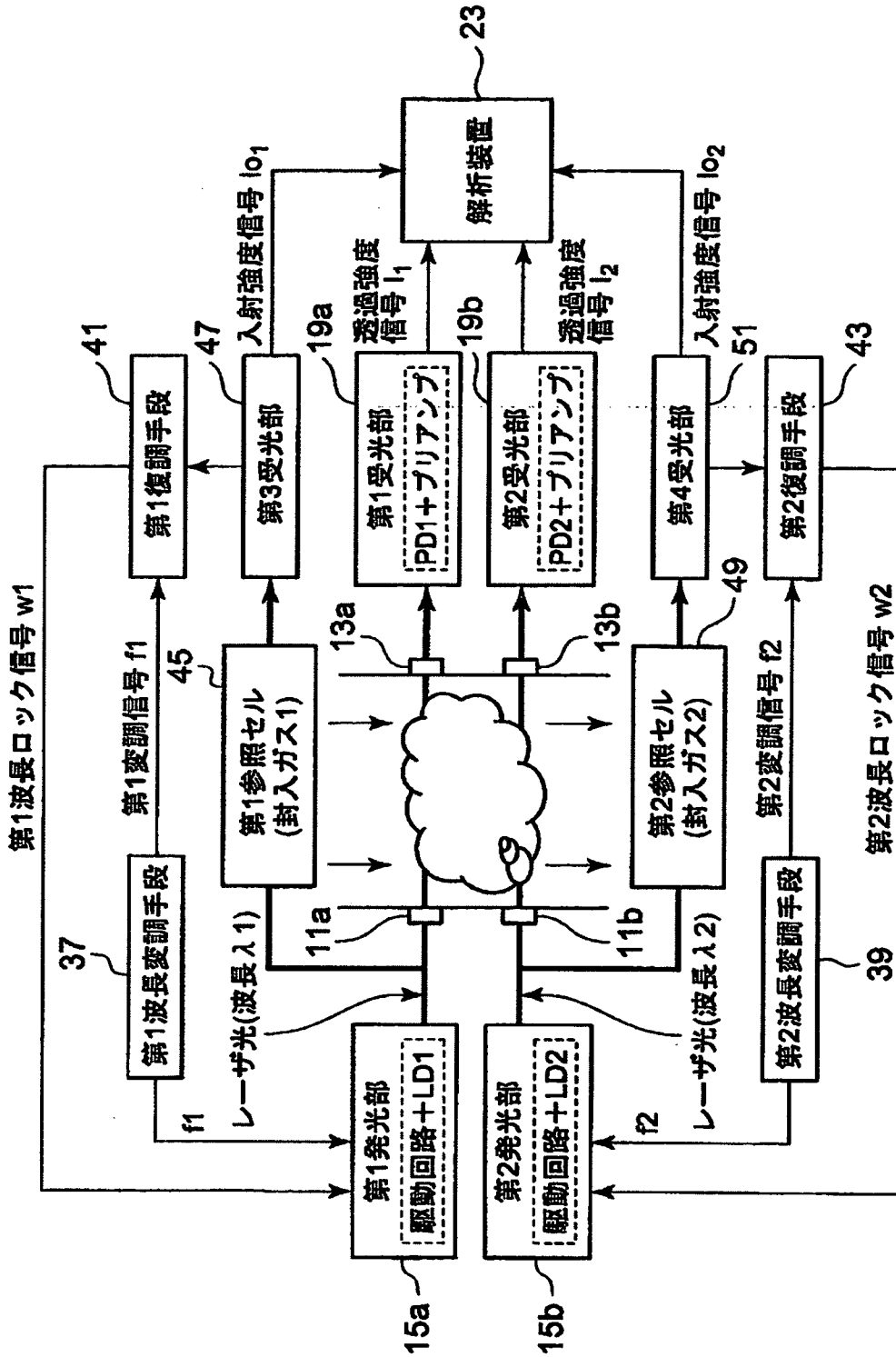


図 3

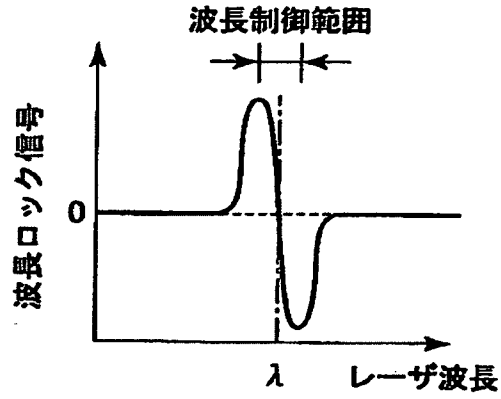


図 4

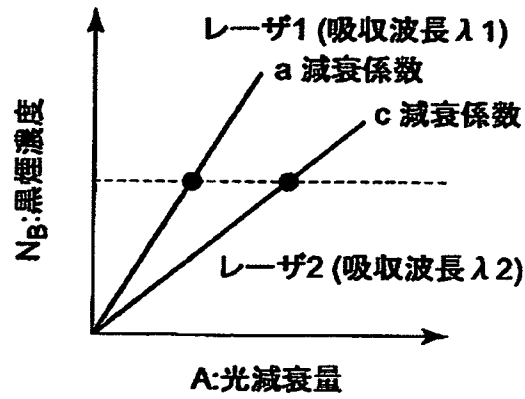


図 5

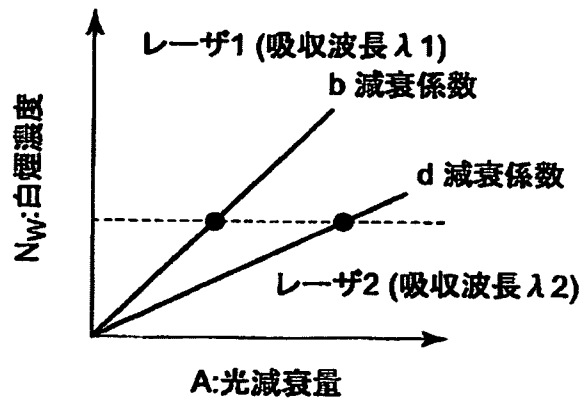


図 6

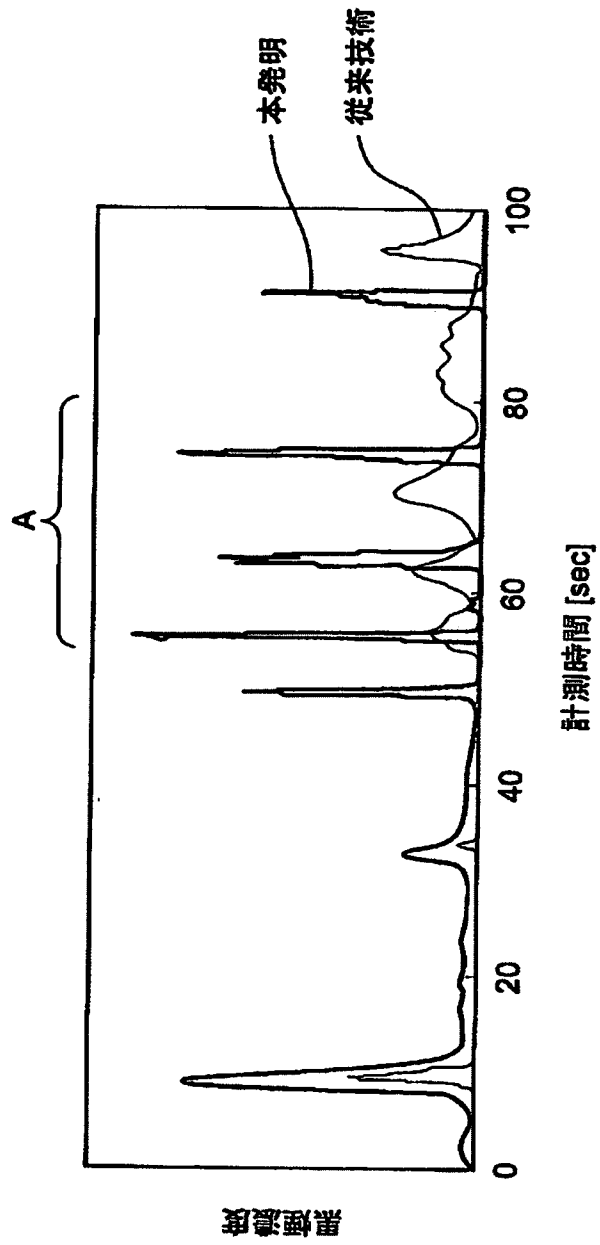


図 7

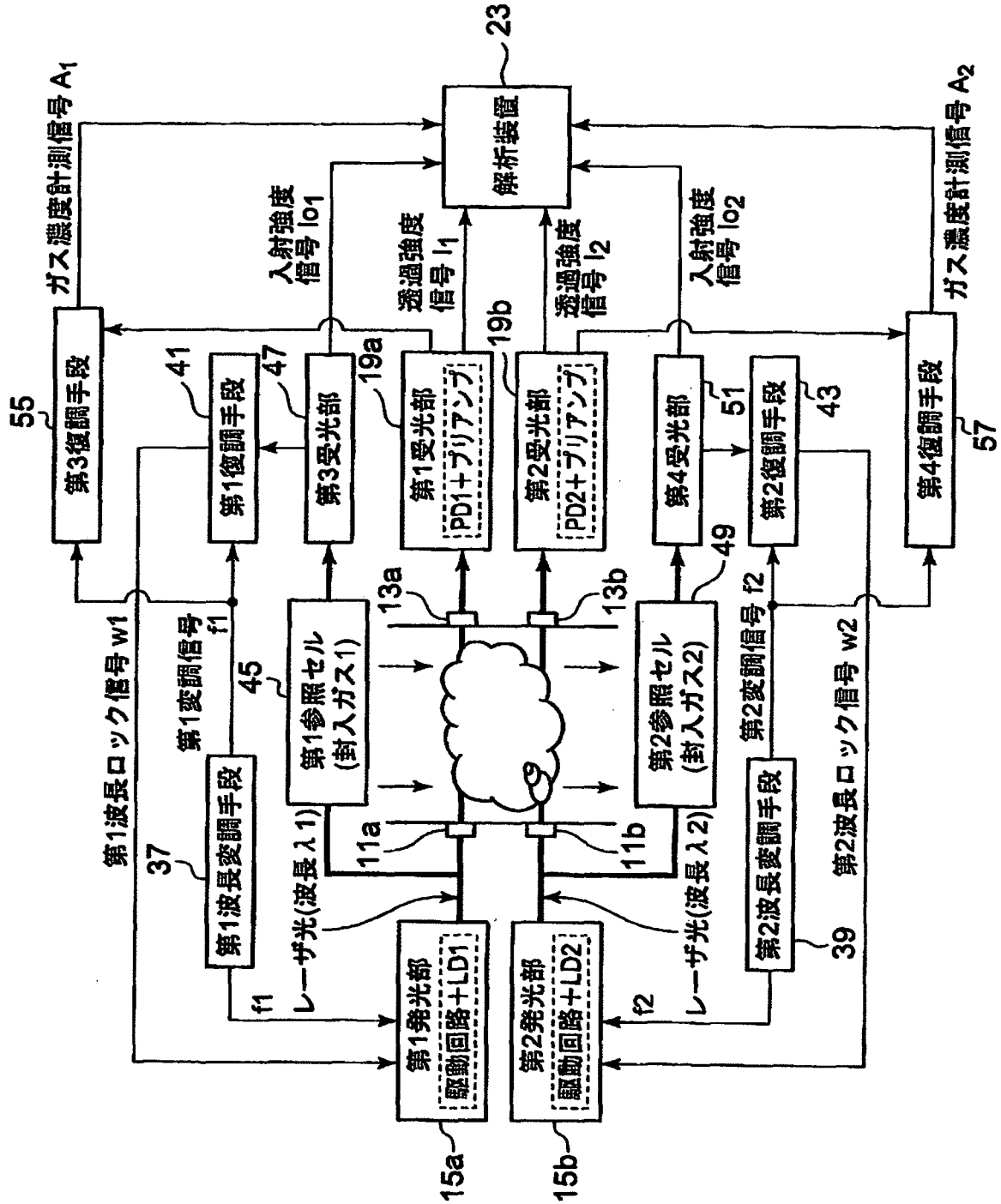


図 8

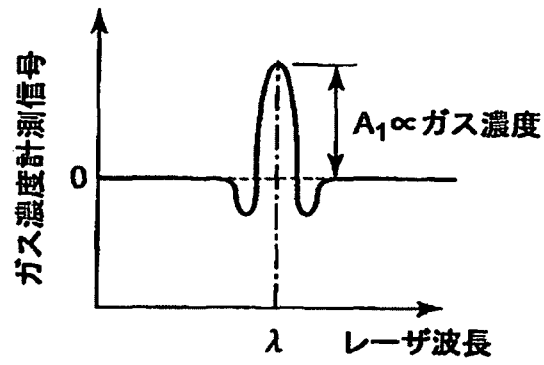
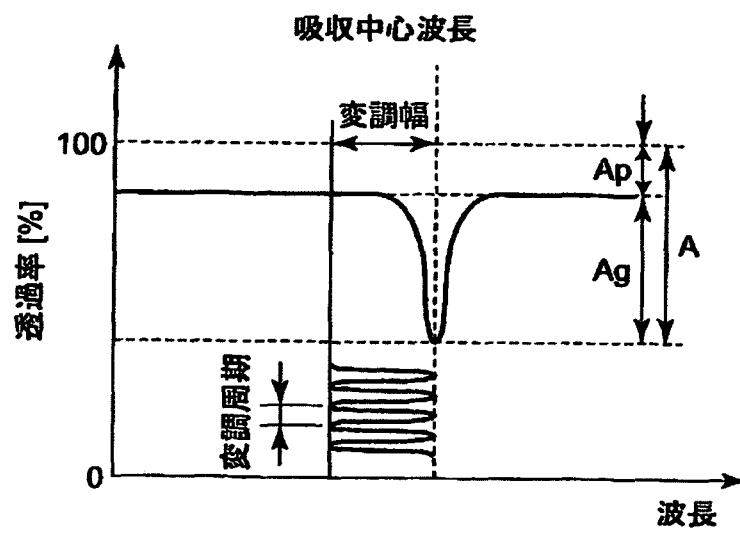


図 9



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2009/057949

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
G01N21/27(2006.01) i, G01N15/06(2006.01) i, G01N21/39(2006.01) i, G01N21/59(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)  
G01N21/00-21/61, G01N15/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamII)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-219379 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 05 August, 2004 (05.08.04), Par. Nos. [0012] to [0058]; Figs. 1 to 6 (Family: none)	1-8
Y	JP 60-100033 A (Fuyo Kaiyo Kaihatsu Kabushiki Kaisha), 03 June, 1985 (03.06.85), Page 6, lower right column, line 12 to page 7, lower right column, line 6 (Family: none)	1-8

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 09 July, 2009 (09.07.09)	Date of mailing of the international search report 21 July, 2009 (21.07.09)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/057949

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-074654 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 23 March, 2001 (23.03.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2005-024251 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 27 January, 2005 (27.01.05), Full text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2005-106546 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 21 April, 2005 (21.04.05), Full text; all drawings & US 2006/0262311 A1 & EP 1669736 A2 & WO 2005/031275 A2 & CA 2536416 A & NO 20061901 A & CN 1860360 A & RU 2308023 C	1-8
A	JP 08-285766 A (Osaka Gas Co., Ltd.), 01 November, 1996 (01.11.96), Par. Nos. [0015] to [0018] (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. G01N21/27(2006.01)i, G01N15/06(2006.01)i, G01N21/39(2006.01)i, G01N21/59(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 (IPC))  
 Int.Cl. G01N21/00-21/61, G01N15/06

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 1971-2009年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2009年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2009年

国際調査で使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)  
 JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamII)

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	JP 2004-219379 A (三菱重工業株式会社) 2004.08.05, 段落0012-段落0058、図1-図6 (ファミリーなし)	1-8
Y	JP 60-100033 A (芙蓉海洋開発株式会社) 1985.06.03, 第6頁右下欄第12行-第7頁右下欄第6行 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2001-074654 A (三菱重工業株式会社) 2001.03.23, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-8

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。

<p>* 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、国際出願日以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</p>	<p>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                  「&amp;」同一パテントファミリー文献</p>
---	---

国際調査を完了した日 09.07.2009	国際調査報告の発送日 21.07.2009
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/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) 横尾 雅一 電話番号 03-3581-1101 内線 3292

C (続き) . 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
A	JP 2005-024251 A (三菱重工業株式会社) 2005. 01. 27, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2005-106546 A (三菱重工業株式会社) 2005. 04. 21, 全文、全図 & US 2006/0262311 A1 & EP 1669736 A2 & WO 2005/031275 A2 & CA 2536416 A & NO 20061901 A & CN 1860360 A & RU 2308023 C	1-8
A	JP 08-285766 A (大阪瓦斯株式会社) 1996. 11. 01, 段落 0015 - 0018 (ファミリーなし)	1-8