(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
2008 年5 月22 日 (22.05.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/059976 A1

(51) 国際特許分類:
G01N 21/71 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2007/072329

(22) 国際出願日: 2007 年11 月17 日 (17.11.2007)

(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:
PCT/JP2006/323030
2006 年11 月17 日 (17.11.2006) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): イマジニアリング株式会社 (IMAGINEERING, Inc.) [JP/JP]; 〒6570038 兵庫県神戸市灘区深田町４丁目１番１ウエルブ六甲道２番街３５１号 Hyogo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 池田 裕二 (IKEDA, Yuji) [JP/JP]; 〒6570038 兵庫県神戸市灘区深田町４丁目１番１ウエルブ六甲道２番街３５１号 イマジニアリング株式会社内 Hyogo (JP). 西山 淳 (NISHIYAMA, Atsushi) [JP/JP]; 〒6570038 兵庫県神戸市灘区深田町４丁目１番１ウエルブ六甲道２番街３５１号イマジニアリング株式会社内 Hyogo (JP).

(74) 代理人: 山崎 高明 (YAMAZAKI, Takaaki); 〒2310002 神奈川県横浜市中区海岸通４－２２ 関内カサハラビル４０３ Kanagawa (JP).

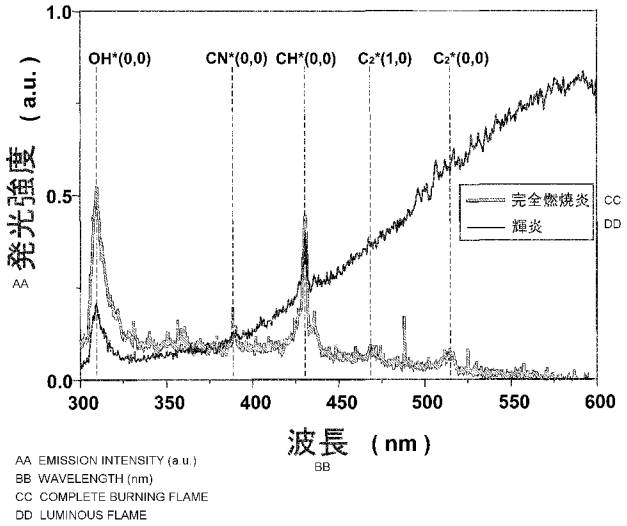
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

[続葉有]

(54) **Title:** REACTION ANALYZER, RECORDING MEDIUM, MEASUREMENT SYSTEM, AND CONTROL SYSTEM

(54) **発明の名称:** 反応解析装置、記録媒体、計測システム及び制御システム



AA EMISSION INTENSITY (a.u.)
BB WAVELENGTH (nm)
CC COMPLETE BURNING FLAME
DD LUMINOUS FLAME

(57) **Abstract:** It is possible to appropriately judge with high reproducibility whether or not a reaction region is in an abnormal reaction state, an adequate analysis is performed depending on the state of the reaction region, and the feature of the reaction region is efficiently analyzed. A reaction analyzer comprises acquiring means (330, 332) for acquiring the intensity values of first and second wavelength components from the results (302) of measurement of the light emitted from a reaction region by using a spectrophotometer, a relative intensity calculating section (334) for calculating the relative intensity of the first wavelength component to that of the second wavelength component from the intensity values of the first and second wavelength components, a judging section (336) for judging whether or not the calculated relative intensity is within a predetermined range, and an output section (316) for reporting that the state of the reaction region is in a predetermined state if the relative intensity value is judged to be within the predetermined range.

[続葉有]

WO 2008/059976 A1

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, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, 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:
— 国際調査報告書

(57) 要約: 反応領域が異常な反応状態にあるかを的確にかつ高い再現性で判別でき反応領域の状態に応じて適切な解析処理を実行し、反応領域の特徴を効率よく解析する。 反応領域から発せられた光の分光測定装置による測定結果３０２から第１及び第２の波長成分の強度値を取得する取得手段３３０、３３２と、第１及び第２の波長成分の強度値から第２の波長成分に対する第１の波長成分の相対強度を算出する相対強度算出部３３４と、算出された相対強度が所定の範囲内の値であるか否かを判定する判定３３６と、相対強度が所定の範囲内の値であると判定されたときに反応領域の状態が所定の状態にあることを通知する出力部３１６とを有する。

明 細 書

反応解析装置、記録媒体、計測システム及び制御システム

技術分野

[0001] 本発明は、燃焼反応、プラズマ反応等の反応(以下、単に「反応」と呼ぶ。)の状態を計測・解析する反応解析装置及び計測システムに関し、特に、煤、輝炎、燃料予混合不良及び拡散火炎等の非予混合火炎、並びに高エネルギの反応領域への投入に起因するブレイクダウン等の発生を検知して通知し、また、光学的な測定手法によって反応の領域から情報を得て、その情報をもとに反応の特徴を解析する反応解析装置、計測システム及び制御システムに関する。また、本発明は、反応解析装置を構成するためのプログラムが記録された記録媒体に関する

背景技術

[0002] 反応が起きている領域(以下、単に「反応領域」と呼ぶ。)において異常な反応が起こり、未反応の粒子が混入したり反応が不完全になったりすると、その反応を利用して動作する機関の動作に大きな影響を及ぼす。例えば、炭化水素系燃料と空気との予混合が行なわれていなかった場合などには、燃料が濃い領域で不完全燃焼し、煤が形成され、輝炎が発生する。また、内燃機関において燃焼室内で予期しない燃焼が生じると、いわゆるノッキングが発生する。このような異常反応の発生を検知したり、反応がどのような特徴を有するものであるか測定・解析によって知ったりすることは、反応を利用して動作する機関の高効率化、低環境負荷化にとって必要不可欠なものである。

[0003] 従来、反応異常を検知したり反応の特徴を知るための手法として、人間の知覚による経験的な手法、反応領域の圧力測定及び圧力解析による手法、反応室の音、または、振動の測定及び解析による方法、反応領域からの排気等を測定しその成分等を分析する手法などが行なわれてきた。しかしこれらの手法は感覚的、または、間接的な手法であるため、検知の再現性に欠け、また反応について詳細な情報を得ることができるものではなかった。

[0004] そこで、反応領域を直接的に光学計測することにより反応異常の発生を検知したり

、反応が行なわれている領域の光を解析することによって反応の状態等についての情報を得たりする様々な技術が提案されている。例えば、特許文献1には、火炎の各自発光に対応させて燃焼室に光センサを設置し、光センサにより検出された発光強度の比から空燃比を算出し、この空燃比に基づいて燃焼診断を行なう方法が開示されている。また、非特許文献2に記載の燃焼診断手法のように、燃焼室に光ファイバを挿入し、光ファイバを介して燃焼室内の光を検出し、その光の強度によってノッキング等の燃焼異常を検出するものもある。

また、本件発明者らは、特許文献2に記載の光計測装置を提案している。この光計測装置は、この光計測装置は、反射光学系を形成する光学素子を有するプラグを用いて燃焼室内の局所の物理・化学反応によって発生する光を計測し、物理・化学反応領域、局所的な物理・化学反応特性の検出・解析を行なうものである。

[0005] 特許文献1:特開2005－226893公報

特許文献2:特開2006－292524公報

非特許文献1:AVLビジオリューションカタログ(エイヴィエルジャパン株式会社)

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献1に記載の技術は、発光強度の比から空燃比を算出し、当該空燃比によって燃焼診断を行なっているが、不完全燃焼により反応領域において煤が形成され輝炎が発生した場合などには、そもそも自発光の強度を正確に測定することができない。そのため、空燃比を算出することは不可能となる。したがって、特許文献1に記載の技術では、このような異常反応を検知できない。

[0007] 非特許文献1に記載の技術では、燃焼室内の光の強度によって燃焼異常を検出しているが、反応領域の熱、圧力、若しくは雰囲気中の化学物質等の影響により、または、光ファイバに煤などが付着することにより、光ファイバの集光性能が劣化した場合には、光の強度を正確に測定することができなくなる。また不正確な測定値からは適切に燃焼異常を検出することは不可能である。したがって、非特許文献1に記載の技術では、空燃比を適切に算出することができないばかりでなく、異常反応の検知の再現性が確保できない。このような受光の状況によって生じる検知の再現性の問題は、

上記各文献に記載の技術において起こりうる。

[0008] また、特許文献1及び非特許文献1に記載の技術では、光センサ、または、光ファイバに向かうすべての方向からの光が検出される構成となっているため、空間分解能が悪く、異常反応が検出されても、それが反応領域のどの位置で発生したのか、または、異常反応がどのような空間的分布になっているのかを同定することが極めて困難である。

[0009] また、特許文献1に記載の技術においては、ガスタービン機関の燃焼器ように、燃焼が継続的に行われている反応領域を対象としており、燃焼診断装置は、燃焼器に接続された光ファイバにより導かれた光から、演算結果として自発光強度の比という一つの値を得る。しかし、このような方式では、反応領域で行われている反応を正確かつ緻密に解析するが困難である。

[0010] 例えば、反応領域が一般的な自動車用エンジンのような火花着火式の容積型内燃機関である場合、または、レーザ着火方式の内燃機関である場合には、放電、または、レーザ光により誘起されるプラズマが、その後の着火や火炎伝播に大きく影響する。その他にも、気筒内の状態に関し情報を得るために、着火とは別に放電プラズマ、または、レーザを用いてプラズマを誘起させ、その光を分光分析すること(例えばSIBS:Spark Induced Breakdown Spectroscopy、または、LIBS:Laser Induced Breakdown Spectroscopy)も行われている。しかし、このプラズマから発せられる光の分光スペクトルは、火炎からの光のそれと大きく異なる。特許文献1に記載の技術では、光センサにより受光された光が、放電やレーザに由来するものであるのか、火炎に由来するものであるのか弁別できない。

[0011] また、例えば、反応領域が一般的な自動車用エンジンのような火花点火式の容積型内燃機関である場合には、着火後に火炎帯が形成され、この火炎帯がシリンダ内で進展することにより火炎伝播が達成される。このような場合、光の発生位置は時間の経過と共に変化する。特許文献1に記載の技術では、燃焼の異常等が起きる位置は同定できない。

[0012] さらに、一般的な自動車用エンジンは、複数の気筒を備える。これらの気筒の各々で発生する火炎が、内燃機関の性能を決定付ける。特許文献1に記載の技術により

各気筒に関する情報を得るには、分光、光電変換、増幅、演算処理のための機能部を最低でも気筒数と同数設けなければならないため、装置が大掛かりなものとなってしまう。

[0013] 本発明は、上述の事情に鑑みて提案されるものであって、反応領域が異常な反応状態にあるかを的確にかつ高い再現性で検知できる反応解析装置、計測システム及び反応解析装置を構成するためのプログラムを記録した記録媒体を提供しようとするものである。

[0014] また、本発明は、反応領域の状態に応じて適切な解析処理を実行し、燃料領域の特徴を効率よく解析できる反応解析装置、計測システム及び反応解析装置を構成するためのプログラムを記録した記録媒体を提供しようとするものである。

[0015] また、本発明は、反応領域が異常な状態にあるかを高い空間分解能で検知することができる反応解析装置、計測システム及び反応解析装置を構成するためのプログラムを記録した記録媒体を提供しようとするものである。

課題を解決するための手段

[0016] 本発明に係る反応解析装置は、反応領域から発せられた光の分光測定装置による測定結果から第1の波長成分の強度値及び第2の波長成分の強度値を取得する取得手段と、取得手段により取得された第1の波長成分の強度値及び第2の波長成分の強度値から第2の波長成分に対する第1の波長成分の相対強度を算出する相対強度算出手段と、相対強度算出手段により算出された相対強度が所定の範囲内の値であるか否かを判定する判定手段と、判定手段により相対強度が所定の範囲内の値であると判定されたことに応答して反応領域の状態が所定の状態にあることを通知する通知手段とを有することを特徴とする。

[0017] 上記構成によれば、反応領域から発せられた光の所定の分光測定装置による測定結果のうち、第2の波長成分に対する第1の波長成分の相対強度が所定の範囲内の値であるときに反応領域が所定の状態にあることを通知する。この相対強度は、第1の波長成分、または、第2の波長成分の強度値に比べ、反応領域から発せられた光を受光し分光測定する際に光学系の状態に依存して発生する誤差の影響によって変動することが少ない。したがって、反応領域に関する分光測定装置による測定結

果に基づき、測定の状況から大きく影響を受けることなく、反応領域が所定の状態にあることを高い再現性で適切に検知し通知することができる。

[0018] 取得手段は、炭化水素の反応領域から発せられた光の所定の分光測定装置による測定結果から、C_2^*から発せられる光の波長と略一致する波長成分の強度値を第1の波長成分の強度値として、CH^*、CN^*、及びOH^*からなる群より選ばれた少なくとも一のラジカルから発せられる光の波長と略一致する波長の成分の強度値を第2の波長成分の強度値として、それぞれ取得することが好ましい。

[0019] 上記構成によれば、炭化水素の反応領域に関する分光測定装置による測定結果に基づき、当該炭化水素の反応領域が所定の状態にあることを高い再現性で適切に検知し通知することができる。

[0020] 通知手段は、判定手段により相対強度が所定の範囲内の値であると判定されたことに応答して、反応領域において煤が発生したことを通知することが好ましい。

[0021] 上記構成によれば、反応領域の分光測定装置による測定結果に基づき、反応領域において煤が発生したことを高い再現性で適切に検知し通知することができる。

[0022] また、本発明に係る反応解析装置は、取得手段は、反応領域から発せられた光の分光測定装置による測定結果から第3の波長成分の強度値及び第4の波長成分の強度値を取得し、相対強度算出手段は、取得手段により取得された第3の波長成分の強度値及び第4の波長成分の強度値から第4の波長成分に対する第3の波長成分の相対強度を算出し、判定手段が相対強度が所定の範囲内の値であると判定したことに応答して通知手段が反応領域において煤が発生したことを通知したときに、算出手段により第3の波長成分の強度値及び第4の波長成分の強度値をもとに、反応領域において発生した煤の温度を算出することが好ましい。

[0023] 上記構成によれば、反応領域において煤が発生したことが通知されたときの測定結果から煤の温度の算出が実行される。煤の温度を算出可能な測定結果から煤の温度を算出できるため、効率よく煤の温度に関する情報を生成することが可能になる。

[0024] 本発明に係る反応解析装置は、通知手段が反応領域において煤が発生したことを通知したときに、第3の波長成分の強度値、第4の波長成分の強度値及び煤の温度

をもとに、反応領域において発生した煤の濃度を算出する濃度算出手段を備えてもよい。

[0025] 上記構成によれば、反応領域において煤が発生したことが通知されたときの測定結果から煤の濃度の算出が実行される。煤の濃度を算出可能な測定結果から煤の濃度を算出できるため、効率よく煤の濃度に関する情報を生成することができる。

[0026] さらに、通知手段は、判定手段により相対強度が所定の範囲内の値であると判定されたことに応答して、反応領域において連続的なスペクトルパターンの光を発する反応がおきている状態にあることを通知することが好ましい。

[0027] 上記構成によれば、反応領域に関する分光測定装置による測定結果に基づき、反応領域において連続的なスペクトルパターンの光を発する反応がおきている状態にあることを高い再現性で適切に検知し通知することができる。

[0028] 通知手段は、判定手段により相対強度が所定の範囲内の値であると判定されたことに応答して、反応領域において輝炎が発生したことを通知するようにしてもよい。

[0029] 上記構成によれば、反応領域に関する分光測定装置による測定結果に基づき、反応領域で輝炎が発生する状態であることを高い再現性で適切に検知し通知することができる。

[0030] 通知手段は、判定手段により相対強度が所定の範囲内の値であると判定されたことに応答して、反応領域において不完全燃焼が発生したことを通知するようにしてもよい。

[0031] 上記構成によれば、反応領域に関する分光測定装置による測定結果に基づき、反応領域が不完全燃焼の状態にあることを高い再現性で適切に検知し通知することができる。

[0032] 通知手段は、判定手段により相対強度が所定の範囲内の値であると判定されたことに応答して、反応領域において燃料と酸化剤との予混合不良が発生したことを通知するようにしてもよい。

[0033] 上記構成によれば、反応領域に関する分光測定装置による測定結果に基づき、反応領域の状態が所定の状態にあることを通知する燃料と酸化剤との予混合が不十分な状態にあることを高い再現性で適切に検知し通知することができる。

[0034] 通知手段は、判定手段により相対強度が所定の範囲内の値であると判定されたことに応答して、反応領域がプラズマ反応の所定の状態にあることを通知するようにしてもよい。

[0035] 通知手段は、判定手段により相対強度が所定の範囲内の値であると判定されたことに応答して、反応領域がレーザ誘起ブレイクダウン反応の初期状態にあることを通知するようにしてもよい。

[0036] 上記構成によれば、所定のレーザ誘起ブレイクダウン反応領域に関する分光測定装置による測定結果に基づき、反応領域がレーザ誘起ブレイクダウン反応の初期の状態にあることを高い再現性で適切に検知し通知することができる。

[0037] また、この反応解析装置は、判定手段により相対強度が所定の範囲内の値ではないと判定されたときに、分光測定装置による測定結果をもとに、反応領域の空気過剰率を算出する算出手段を有してもよい。

[0038] 上記構成によれば、連続的なスペクトルパターンの光を発する反応が起きていないときに、測定結果から空燃比の算出が実行される。したがって、ピークが適切に検出できない連続的なスペクトルパターンの光についての測定結果から空気過剰率の算出が実行されることを回避でき、効率よく空気過剰率の算出を行なうことができる。

[0039] この反応解析装置はさらに、判定手段による判定の結果に応じて、第1の波長範囲及び第2の波長範囲から、波長範囲を選択する選択手段と、判定手段による判定が実行された測定結果のうち、選択手段により選択された波長範囲内に出現するピークの特徴量をもとに、反応領域の特徴に関する所定の情報を生成するピーク解析手段とを有することが好ましい。

[0040] 上記構成によれば、ピーク解析手段は、判定手段による判定の結果に応じて選択された波長範囲内のピークの特徴量をもとに、反応領域の特徴に関する所定の情報を生成する。すなわち、ピーク解析手段は反応領域の状態に応じて選ばれた波長範囲から得られる情報をもとに反応領域の特徴に関する所定の情報を生成する。したがって、反応領域の状態に応じて効率的に反応領域の特徴に関する情報を提供することができる。

[0041] ピーク解析手段は、判定手段による判定が実行された測定結果のうち、選択手段

により選択された波長範囲内の第5の波長及び第6の波長にそれぞれ出現するピークの出現時期をもとに、ノッキングの発生の有無を判定し、当該判定の結果を示す情報を生成することが好ましい。

[0042] 上記構成によれば、反応領域の状態に応じた効率的な処理でノッキングの発生の有無を判定することができる。また反応領域から発せられた光によってノッキングの発生の有無を判定するため、振動や圧力によるノッキングの判定より、ノッキングの発生位置に関する情報を得ることが容易である。またピークの出現時期の情報は、反応領域で発せられた光の強さやピークの強度値より光の測定系の状態に依存して発生する誤差の影響によって変動することが少ない。したがって分光測定装置による測定結果に基づき、測定の状況から大きく影響を受けることなく、高い再現性で適切にノッキングの発生の判定を行なうことができる。

[0043] ピーク解析手段は、判定手段による判定が実行された測定結果のうち、選択手段により選択された波長範囲内の第5の波長及び第6の波長にそれぞれ出現するピークにおける強度の時間変化をもとに、ノッキングの発生の有無を判定し、当該判定の結果を示す情報を生成することが好ましい。

[0044] 上記構成によれば、反応領域の状態に応じた効率的な処理でノッキングの発生の有無を判定することができる。また反応領域から発せられた光によってノッキングの発生の有無を判定するため、振動や圧力によるノッキングの判定より、ノッキングの発生位置に関する情報を得ることが容易である。また、ピークの出現している時間は短時間であるため、光の測定系の状態に依存して発生する誤差の影響が少ない。したがって分光測定装置による測定結果に基づき、測定の状況から大きく影響を受けることなく、高い再現性で適切にノッキングの発生の判定を行なうことができる。

[0045] ピーク解析手段は、判定手段による判定が実行された測定結果のうち、選択手段により選択された波長範囲内に出現するピークの特徴量をもとに、反応領域における反応の伝播速度を算出することが好ましい。

[0046] 上記構成によれば、反応領域の状態に応じて効率的に反応領域における反応の伝播速度に関する情報を提供することができる。

[0047] ピーク解析手段は、判定手段による判定が実行された測定結果のうち、選択手段

により選択された波長範囲内に出現するピークの特徴量をもとに、反応領域における反応帯の厚さを算出することが好ましい。

[0048] 上記構成によれば、反応領域の状態に応じて効率的に反応領域における反応帯の厚さに関する情報を提供することができる。

[0049] ピーク解析手段は、判定手段による判定が実行された測定結果のうち、選択手段により選択された波長範囲内に出現するピークの特徴量をもとに、反応領域の温度解析を算出することが好ましい。

[0050] 上記構成によれば、反応領域の状態に応じて効率的に反応領域の温度に関する情報を提供することができる。

[0051] ピーク解析手段は、判定手段による判定が実行された測定結果のうち、選択手段により選択された波長範囲内に出現するピークの特徴量をもとに、反応領域の成分を分析することが好ましい。

[0052] 上記構成によれば、反応領域の状態に応じて効率的に反応領域の成分に関する情報を提供することができる。

[0053] また、本発明に係る反応解析装置は、請求項1記載の反応解析装置において、第1の波長成分及び第2の波長成分の相対強度による判定は、予め定められた3以上の波長成分より二つの波長成分の組を生成し、その組の各々について相対強度を算出し、それら算出された相対強度からなる群を構成する相対強度が所定の条件を満たすか否かを判定することを特徴とするものである。

[0054] また、本発明に係る反応解析装置は、請求項13記載の反応解析装置において、選択手段により選択された波長範囲内の2以上の波長にそれぞれ出現するピークの幅に基づき、圧力に関する情報を生成し出力することを特徴とするものである。

[0055] また、この反応解析装置において、圧力に関する情報は、反応領域の分圧の情報であることを特徴とするものである。

[0056] 本発明に係る記録媒体は、コンピュータにより実行され、このコンピュータを前述の反応解析装置として動作させるプログラムが記録されているものである。

[0057] この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータが読取り実行することにより、当該コンピュータによって、上述の反応解析装置の奏する作用効果をコンピュータで

実現できる。

[0058] 本発明に係る計測システムは、本発明に係るいずれかの反応解析装置と、物点から光が入射されるとこの光を像点で集光させる光学素子と、光学素子により像点に集光された光を分光測定し、当該分光測定の結果を信号として出力する分光測定手段とを有し、反応解析装置は、分光測定手段により出力される信号を受信するものである。

[0059] 上記構成によれば、物点で発生した光を光学素子が像点で集光させ、集光された光を分光測定手段が分光測定し、その結果を上述の反応解析装置が受ける。したがって、物点を含む局所で起きている反応により生じた光に基づき、光学素子の状況から大きく影響を受けることなく、高い再現性で適切に局所が所定の状態にあることを通知することができる。

[0060] 光学素子は、物点側より順に第1面及び第2面を有して一体的に形成され、第1面及び第2面がそれぞれ第1領域と第2領域とを有し、第1面の第1領域が凹面の透過面となされ、第2面の第1領域が凹面反射面となされ、第1面の第2領域が反射面となされ、物点から入射された光を第2面の第1領域及び第1面の第2領域において反射し、像点で集光させるものであることが好ましい。

[0061] 反射光学素子においては、結像に寄与する面が反射面であるため、色収差の発生がなく、良好な結像特性を有する。したがって、物点を含む局所で起きている反応により生じた光に基づき、光学素子の状況から大きく影響を受けることなく、高い再現性で適切に、かつ高い空間分解能で局所が所定の状態にあることを通知することができる。

[0062] また、本発明に係る計測システムにおいては、測定結果の時分割機能(繰返し計測機能及び多点計測の一元化機能)を有し、分光測定手段(または分光測定手段と反応解析装置の間に置かれた機能部)は、分光測定の結果の信号を、この信号の周期性に基づいて時方向に分割し、反応解析装置は、時方向に分割された信号の各々を分光計測の結果とし、その各々について解析を実行する。

[0063] また、この計測システムにおいては、光学素子を複数有し、これら複数の光学素子の各々により集光された光を一の光に集束させて分光測定するようにしてもよい。

[0064] さらに、この計測システムにおいては、時方向に分割した各々の信号を、予め定められた(受光する順番の)情報に基づき、光学素子ごとに分光測定結果を分けるようにしてもよい。

[0065] また、本発明に係る計測システムにおいては、LIBS、または、SIBSを行う場合において、例外処理機能を備えることができる。すなわち、この計測システムにおいて、分光測定手段は、LIBSを行う場合には、レーザの波長に対応する波長成分の強度が高くなったときから所定期間内の分光測定結果を、SIBS、または、スパーク放電の光を計測の場合は、プラグへ流れる電流値が高くなったときから所定期間内の分光測定結果を、反応解析装置の処理にではなく、別の処理に回す例外処理を行うことができる。

[0066] すなわち、この計測システムは、反応領域から発せられた光の分光測定装置による測定結果から第1の波長成分の強度値及び第2の波長成分の強度値を取得する取得手段と、取得手段により取得された第1の波長成分の強度値及び第2の波長成分の強度値から第2の波長成分に対する第1の波長成分の相対強度を算出する相対強度算出手段と、強度算出手段により算出された相対強度の属する範囲によって、熱励起発光、化学発光(火炎、プラズマ光を含む)及び制動輻射光の別を判定するための判定手段と、判定手段により相対強度が所定の範囲内の値であると判定されたことに応答して反応領域の状態が所定の状態にあることを通知する通知手段とを有することを特徴とするものである。

[0067] また、この計測システムは、判定手段による判定結果が制動輻射光であった時点の測定結果から順に、測定結果の時間進展にしたがい、反応領域のイオンの分析、原子の分析及び分子の分析を行うことを特徴とするものである。

[0068] また、この計測システムは、反応領域から発生された光を分光測定装置による測定結果に対し互いに他と異なる処理を行うことにより反応領域の特徴に関し該処理に対応する所定の情報をそれぞれ生成する複数の解析手段と、測定結果から2以上の波長を選択するための波長選択手段と、2以上の波長に属する波長の組合せを構成する各組について一方の波長の成分の強度に対する他方の波長の成分の相対強度を算出する相対強度算出手段と、波長、強度及び時間の3次元からなる測定結果の空

間において熱励起発光、化学発光（火炎、プラズマ光を含む）及び制動輻射光の生じている領域を判別するための判別手段と、判別手段による判別結果に応じて、複数の解析手段が処理を行う範囲を設定するための範囲設定手段とを備えることを特徴とするものである。

[0069] さらに、この計測システムは、波長選択手段は、原子若しくは分子若しくはイオンに起因する化学発光の光の波長、または、概ね431nmを越える波長帯域内の任意の波長より波長を選択し、選択される波長は概ね431nm以下の波長帯域より選ばれるものと、概ね431nmを越える波長帯域より選ばれるものとを少なくとも一つづつ含むことを特徴とするものである。

[0070] さらに、この計測システムは、複数の解析手段による処理は、二色法による処理、自発光により生じるピークの特徴量に基づく所定の情報の生成処理、または、高エネルギの投入によるブレイクダウンで生じる光のピークの特徴量に基づく所定の情報の生成処理（LIBS、SIBS）より選ばれた処理であることを特徴とするものである。

[0071] さらに、この計測システムは、範囲設定手段は、制動輻射光が生じている領域より、高エネルギの投入によるブレイクダウンで生じる光のピークの特徴量に基づく所定の情報の生成処理（LIBS、SIBS）においては、イオンを対象とする所定の情報の生成処理、原子を対象とする所定の情報の生成処理、分子を対象とする所定の情報の生成処理の順で処理を行うことを特徴とするものである。

[0072] また、本発明に係る計測システムは、反応解析装置において、相対強度は、波長と強度値とを軸とする分光スペクトル平面上において第1の波長成分の強度値に対応する位置と第2の波長成分の強度値に対応する位置とを結ぶ直線が波長軸とのなす角度であることを特徴とするものである。

[0073] さらに、本発明に係る計測システムは、光学素子が、放電電極、レーザの出射装置及びマイクロ波放射アンテナからなるエネルギ投入手段の群より選ばれた少なくとも一のエネルギ投入手段と一体構成されていることを特徴とするものである。

発明の効果

[0074] 以上のように、本発明に係る反応解析装置は、第2の波長成分に対する第1の波長成分の相対強度が所定の範囲内の値であるときに反応領域が所定の状態にあること

を通知するので、反応領域に関する分光測定装置による測定結果に基づき、測定の状況から大きく影響を受けることなく、反応領域が所定の状態にあることを高い再現性で適切に検知し通知することが可能になった。

[0075] また、反応領域の分光測定装置による測定結果に基づき、反応領域において煤が発生したことを高い再現性で適切に通知することが可能になり、効率よく煤の温度、または、濃度に関する情報を提供することが可能になった。

[0076] また、反応領域に関する分光測定装置による測定結果に基づき、反応領域において連続的なスペクトルパターンの光を発する反応がおきている状態にあることを高い再現性で適切に検知し通知することが可能になり、効率よく空気過剰率の算出を行なうことも可能になった。

[0077] また、反応領域における輝炎の発生、不完全燃焼、若しくは燃料と酸化剤との予混合が不十分な状態、または、プラズマ反応における所定の状態、または、レーザ誘起ブレイクダウン反応の初期の状態を高い再現性で適切に検知し通知することが可能になった。

[0078] また、ピーク解析手段が反応領域の状態に応じて選ばれた波長範囲から得られる情報をもとに反応領域の特徴に関する所定の情報を生成するので、反応領域の状態に応じて効率的に反応領域の特徴に関する情報を提供することが可能になった。

[0079] また、反応領域の状態に応じた効率的な処理でノッキングの発生の有無を判定することが可能になり、さらに分光測定装置による測定結果に基づき、測定の状況から大きく影響を受けることなく、高い再現性で適切にノッキングの発生を検知することが可能になった。

[0080] また、反応領域の状態に応じて効率的に反応領域における反応の伝播速度、反応帯の厚さ、反応領域の温度、反応領域の成分に関する情報を提供することが可能になった。

[0081] また、本発明に係る反応解析装置においては、LIBS、SIBS等を行う場合の例外処理機能を有することにより、レーザや放電に起因して反応領域から発せられる光に基づく反応の解析を、適切、かつ、効率的に行うことが可能になる。

[0082] さらに、本発明に係る反応解析装置においては、相対強度として、波長と強度値と

を軸とする分光スペクトル平面上において第1の波長成分の強度値に対応する位置と第2の波長成分の強度値に対応する位置とを結ぶ直線が波長軸とのなす角度を用いることにより、その後の演算が容易となる。

[0083] 本発明に係る計測システムは、物点で発生した光を光学素子が像点で集光させ、集光された光を分光測定手段が分光測定し、その結果を上述の反応解析装置が受けて反応領域が所定の状態にあることを通知するので、局所で起きている反応により生じた光に基づき、光学素子の状況から大きく影響を受けることなく、高い再現性で適切に局所が所定の状態にあることを検知し通知することが可能になった。

[0084] また、反射光学素子は、結像に寄与する面が反射面であるため、色収差の発生がなく、良好な結像特性を有するので、局所で起きている反応により生じた光に基づき、光学素子の状況から大きく影響を受けることなく、高い再現性で適切に、かつ高い空間分解能で局所が所定の状態にあることを検知し通知することが可能になった。

[0085] また、本発明に係る計測システムにおいては、測定結果の時分割機能(繰返し計測、多点計測の一元化等への対応)を有することにより、反応が周期的に行われるような反応領域での光をその周期的に行われる反応ごとに分けて解析することが可能になる。

[0086] また、一つの反応領域内で発光を伴う反応の行われる位置が時間と共に移動するものについて複数の位置で計測及び解析を行う場合、または、多気筒エンジンのように複数の反応領域で連動して反応が行われるようなものについて計測及び解析を行う場合、分光を一つのハードウェアに集約することができる。

[0087] さらに、分光を一つのハードウェアに集約した上で、計測位置すなわち分光素子の配置と計測及び解析結果とを対応付けることができる。これにより、複数の計測システムを用いて行われていた気筒間変動の解析等の処理を、一つのシステムで実現可能になる。分光測定のハードウェアを一元化することにより、システムの小型化できる。また、部品点数が低減でき、分光測定を行うハードウェアに起因する測定誤差を低減することができる。

[0088] また、本発明に係る制御システムは、与えられた入力に対応した状態で反応を行う反応領域を制御する制御システムであって、請求項27乃至請求項36のいずれか一

に記載の計測システムと、計測システムによる出力からこの出力一意に対応する入力値への変換を行うための変換手段と、入力値を反応領域に与えるための調整手段とを備えることを特徴とするものである。

[0089] また、この制御システムにおいて、本発明は、入力値は、位置、進路、高度、姿勢、方向、寸法、体積、角度、流量、密度、線速度、角速度、加速度、機械的力、応力、流体圧力、トルク、振幅、周波数、位相、数量、物理化学的変量、成分、混合比率、湿度、温度、粘度、光量、色、電荷、電圧、電流、磁束密度、及び線量からなる群より選ばれる一以上の値であることを特徴とするものである。

[0090] また、本発明に係る制御システムは、与えられた入力に対応した状態で運転を行う内燃機関を制御する制御システムであって、請求項27から請求項36のいずれか一に記載の計測システムと、計測システムによる出力からこの出力一意に対応する入力値への変換を行うための変換手段と、入力値を反応領域に与えるための調整手段とを備えることを特徴とするものである。

[0091] また、この制御システムにおいて、本発明は、入力値は、吸気量、吸気湿度、酸化剤の供給圧力、酸化剤中の成分の混合比率、燃料供給量、燃料供給速度、燃料供給位置、燃料供給方向、燃料供給タイミング、燃料粒径、燃料貫通度、混合度、バルブタイミング、バルブ間での開閉の相対時間差、着火タイミング、着火のための投入エネルギ、スワール強さ、タンブル強さ、点火プラグ近傍の作動流体の乱れの強さ、稼働させる計器の種類、稼働させる計器の数量、稼働させる計器の配置、排気再循環量、再循環される排気の温度、排気管圧力、後燃え、排気の定性的成分、排気の定量的成分、及び圧力波の振動からなる群より選ばれる一以上の値であることを特徴とするものである。

図面の簡単な説明

[0092] [図1]本発明の一実施形態の概念を説明するための2種の分光スペクトルを示す図である。

[図2]本発明の一実施形態に係る計測システムの全体構成を示すブロック図である。

[図3]計測システムにおける光学素子の構成を示す断面図である。

[図4]計測システムにおける分光測定装置の構成を示す側面図である。

[図5]計測システムにおける反応解析装置として動作するコンピュータシステムの内部構成を示すブロック図である。

[図6]計測システムにおける反応解析装置の機能的構成を示すブロック図である。

[図7]計測システムにおける反応解析装置の処理全体の制御構造を示すフローチャートである。

[図8]計測システムにおけるスペクトルパターン判定処理の制御構造を示すフローチャートである。

[図9]計測システムにおける粒子の状態解析の制御構造を示すフローチャートである。

[図10]計測システムにおけるピーク解析処理の制御構造を示すフローチャートである。

[図11]計測システムにおけるノッキング判定処理の制御構造を示すフローチャートである。

[図12]計測システムにおける特定の波長成分のみを抽出する構成の分光測定装置の構成を示す側面図である。

[図13]本発明に係る計測システムの変形例2における全体構成を示すブロック図である。

[図14]本発明に係る計測システムの変形例2における分光測定装置の構成を示す一部透視斜視図である。

[図15]本発明に係る計測システムの変形例2における分光測定装置の動作の概要を示す模式図である。

[図16]本発明に係る計測システムの変形例2における全体構成を示すブロック図である。

[図17]本発明に係る計測システムの変形例3における全体構成を示すブロック図である。

[図18]LIBS(Laser Induced Breakdown Spectroscopy)を行った場合に生ずるスペクトルパターンを示すグラフである。

符号の説明

[0093] 104 光学素子

106 光ファイバケーブル

108A、・・・、108N 光ファイバ

110A、・・・、110N 分光測定装置

114 反応解析装置

140 第1面

140A、142A 第1領域

140B、142B 第2領域

142 第2面

144、146 反射膜

148 保護膜

150 迷光絞り

200 コンピュータシステム

300 信号変換部

302 分光データ記憶部

304 スペクトルパターン判定部

306 処理選択部

308 連続パターン解析部

310 ピーク解析部

312 解析結果記憶部

314 ユーザインタフェース

316 出力部

330 第1強度値取得部

332 第2強度値取得部

334 相対強度算出部

336 基準値記憶部

338 判定部

350 データ読出部

352 温度算出部

354 濃度算出部

370 ピーク検出部

372 ピーク特徴量抽出部

374 統計処理部

376 較正情報記憶部

378 特徴量解析部

104P～S 光学素子

106P～S 光ファイバケーブル

108nP～S 光ファイバ

700、800、900 計測システム

702 分光測定装置

708、804 信号分配器

802 バンドルファイバ

902 処理選択器

発明を実施するための最良の形態

[0094] 以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態について説明する。なお、以下の説明に用いる図面では、同一の部品に同一の符号を付してある。それらの名称及び機能も同一である。

[0095] 〔本発明の概念〕

以下に先ず、火炎を例に本発明の概念を説明する。燃料と酸化剤とが適正に混合されていると、燃料は完全燃焼する。この状態においては、燃料は残らず電離して励起されてラジカルとなり、その際に火炎中のラジカルから光が発せられる。これに対し燃料と酸化剤との混合が不適正であると、燃料の濃い部分で不完全燃焼が発生する。この状態においては燃料が完全にはプラズマ化せず、一部が微粒子となり拡散する。この微粒子が煤煙である。煤煙は火炎により加熱され、黒体輻射により強い光を発する。この光のためにいわゆる輝炎が形成される。

[0096] 図1に、メタンガスを空気中で完全燃焼させた場合の炎と輝炎とについて、それらの

炎から発せられる光の300nm乃至550nm付近の波長域における分光スペクトルを対比して示す。図1を参照して、ラジカルからは、そのラジカルの種類に応じて特定の波長成分を有する光が発せられる。そのため、完全燃焼の炎から発せられる光のスペクトルでは、いくつかの急峻なピークの存在するスペクトルパターンが認められる。これに対して、輝炎においては、ラジカルから発せられる光の成分に加えて黒体輻射によって発せられる光の成分が検出される。黒体輻射では、ラジカルから発せられる光と異なり広い波長帯域成分に亘る光が発せられる。そのため輝炎から発せられる光のスペクトルでは、特に長波長帯域において、連続的なスペクトルパターンが認められる。

[0097] このようなスペクトルパターンでは、C_2^*から発せられる光の強度を求めることができない。そのため、C_2^*から発せられる光に対応する波長約473nm、または、約516nmの成分の強度とCH^*から発せられる光に対応する波長約431nmの成分の強度との比からは空気過剰率、当量比、及び空燃比のいずれを算出できない。しかし、波長約473nm、または、約516nmの成分の強度と波長約431nmの成分の強度との比は、完全燃焼の炎から発せられる光のスペクトルと輝炎から発せられる光のスペクトルとでは大きく異なる値となる。このようなスペクトルパターンであっても、CH^*から発せられる光に対応する波長約431nm程度以下の波長帯域においては、ラジカルから発せられる光に対応する波長において、ピークを認めることができる。

[0098] そこで本実施形態では、火炎の分光スペクトルの情報から、まずこのようなスペクトルパターンの違いを、同時に計測された2つの波長成分の強度の一方の他方に対する相対値(以下、「相対強度」と呼ぶ。)基づいて判定することによって、輝炎若しくは煤の発生、または、燃料予混合不良等の状態の検知を行なう。また、本実施形態では、ラジカルから発せられる光に起因するスペクトル上での強度のピークが検出可能な波長帯域において、ピークのタイミング、波長、強度、スペクトル線幅、及びラインシェイプ等の特徴に基づきノッキング発生の検知をはじめとする解析処理を実行し、反応領域についての情報を得る。

[0099] 〔全体構成〕

図2に、本実施形態に係る計測システムの概略構成を示す。図2を参照して、この

計測システム100は、反応領域内、または、近傍の測定領域102より発せられる光を集光させるための光学素子104と、測定領域102より発せられた光の光学素子114による集光位置に一端がそれぞれ配置された複数の光ファイバ108A、・・・、108Nを有し当該一端に入射した光を各々の他端より出射させる光ファイバケーブル106と、光ファイバ108A、・・・、108Nの他端にそれぞれ接続され、当該他端から出射された光を分光し、分光された各成分の強度に応じた電気信号である測定信号112A、・・・、112Nを出力する分光測定装置110A、・・・、110Nと、測定信号112A、・・・、112Nを受け、この測定信号112A、・・・、112Nに対して信号処理を実行することにより測定領域102において輝炎の発生を検出するとともに、その検出結果及び測定信号112A、・・・、112Nに基づき測定領域102に存在する計測対象及びその物理・化学状態等に関する解析を行ない、その解析結果108を出力する反応解析装置114とを有する。

[0100] 〔光学素子〕

図3に、本実施形態に係る光学素子104の断面図を示す。図3を参照して、光学素子104は、第1面140及び第2面142を有する一体的な光学素子である。これら第1面140及び第2面142間は、透光性のある一様な媒質となっている。媒質は、具体的にはいわゆる光学ガラス、または、合成石英等である。

[0101] 第1面140及び第2面142は、それぞれ外周側の第1領域140A、142Aと、中央部の第2領域140B、142Bとを有する。第1面140の第1領域140Aは、所定の点Oを曲率中心とする球面の透過面となっている。第1面140の第2領域140Bには、金属材料等の反射材料（例えば、アルミニウム）からなる第1の反射膜144が被着形成されている。そのため第1面140の第2領域140Bは媒質側からの入射光の反射面となっている。さらに、反射膜144の計測位置102側には、計測対象から反射膜134を保護するための保護膜148が形成されている。第2面142の第1領域142Aには、第1の反射膜144のものと同様の反射材料からなる第2の反射膜146が被着形成されている。すなわち第2面142の第1領域142Aは、媒質側からの光の凹面反射面となっている。第2面142の第2領域142Bは、点Iを曲率中心とする球面の透過面となっている。以下、点Oを「物点」と呼び、点Iを「像点」と呼ぶ。

[0102] 物点Oからの光は、第1面140の第1領域140Aに入射し、第1面140及び第2面142間の媒質中を進行して、第2面142の第1領域142Aにおいて反射される。そして、第2面142の第1領域142Aにおいて反射された光は、第1面140の第2領域140Bにおいて反射され、第2面142の第2領域142Bを通して出射され、迷光絞り150を介して像点Iに集光される。物点O側にある点O_1、O_2、O_3、O_4、O_5、・・・、O_nからの光もまた同様に、光学素子104によって、像点I側の結像面上にそれぞれ集光される。したがって、この光学素子104においては、物点O_1、O_2、O_3、O_4、O_5、・・・、O_nからの光の光路に寄与する面が反射面のみであるため、色収差の発生がない。

[0103] 光ファイバケーブル106の入射側の端面は、光ファイバ108A、・・・、108Nの各々の入射端面が、像点Iを含む光学素子114の結像面上に第1面140の第2領域140Bに向けて配置されるよう、配設される。そのため物点O_1、O_2、O_3、O_4、O_5、・・・、O_nで生じた光が、光学素子104により、その物点に対応する結像面上の位置に配置されたファイバ108A、・・・108Nにより集光される。集光された光はそれぞれ、ファイバ108A、・・・、108Nに入射され、光ファイバ108A、・・・、108Nを介して分光測定装置110A、・・・、110N側の端面よりそれぞれ出射されることになる。

[0104] 〔分光測定装置〕

図1に示す分光測定装置110A、・・・、110Nは、接続される光ファイバが異なることを除けば、いずれも同一の構成を有する。これらを代表して、図4に、分光測定装置110Aの側面図を示す。図4を参照して、分光測定装置110Aは、光ファイバ108Aから出射される光の光軸上に配置され、光ファイバ108Aから出射される光を平行光に変換するコリメータ170と、コリメータ170により平行光に変換された光の光軸上に配置された第1のミラー172と、コリメータ170を介して出射される平行光の第1のミラー172による反射光の光軸上に配置された第2のミラー174と、コリメータ170を介して出射される平行光の第2のミラー174による反射光の光軸上に配置され、第2のミラー174により反射された上述の光を分光して出射する分光素子176と、分光素子176により分光されたスペクトル光の光路上に配置された第3のミラー178と、第3のミラー178により反射されたスペクトル光の光路上に配置され、入射されたスペクトル光を逐次的に光電変換し、その結果得られる時系列電気信号を上述の測定信号112

Aとして出力する光検出器180とを有する。

[0105] 分光素子176は、具体的には回折格子、プリズム等である。光検出器180は、具体的には電荷結合素子(CCD)等がマトリクス状に多数配置されてなるCCDイメージセンサ等である。ミラー172、174、及び178は、プラズマから生じた光が入射されてから分光素子176により分光され光検出器180により受光されるまでの過程において光が輻輳しないよう、それぞれ入射光に対し所定の角度をなすよう配置される。

[0106] 分光素子176に到達した光は分光素子176によりスペクトル光に分光されてミラー178を介して光検出器180に到達する。そのため、スペクトル光の各成分の光検出器180上での受光位置はその波長により異なる。これに対し光検出器180は、各受光位置において受光した光を順次光電変換し、その時刻における受光位置と当該受光位置での光の強度とを表す情報を含んだ測定信号112Aを出力する。したがって、光検出器180の出力する測定信号112Aは、物点O_1から発せられた光に含まれる各波長成分の各時刻における強度を表す情報を含むものとなる。

[0107] 〔信号処理部のコンピュータによる実現と動作〕

本実施形態の反応解析装置114の機能は、コンピュータハードウェアと、そのコンピュータハードウェアにより実行されるプログラムと、コンピュータハードウェアに格納されるデータとにより実現可能である。図5に、この反応解析装置114の機能を実現するためのコンピュータシステム200の構成を示す。

[0108] 図5を参照して、このコンピュータシステム200は、測定信号112A、・・・、112Nの入力及び解析結果116の出力を受け持つインタフェース202を有するコンピュータ204と、コンピュータ204にそれぞれ接続されたキーボード等の入力装置218及びディスプレイ装置等の出力装置220とを有する。

[0109] コンピュータ204は、インタフェース202に加えて、インタフェース202に接続されたバス206と、中央処理装置(CPU)208とを有する。コンピュータ204はさらに、ブートアッププログラム等を記憶する読出専用メモリ(ROM)210と、プログラム命令、システムプログラム、及び作業データ等を記憶するランダムアクセスメモリ(RAM)212と、ハードディスク214と、リムーバブルメディアドライブ216とを有する。CPU208、ROM210、RAM212、ハードディスク214、及びリムーバブルメディアドライブ216はい

ずれもバス186に接続される。ここでは示さないが、コンピュータ204はさらに、ローカルエリアネットワーク(LAN)への接続を提供するネットワークアダプタボードを備えてもよい。

[0110] コンピュータシステム200を反応解析装置114として動作させるためのプログラムは、リムーバブルメディアドライブ216に挿入されるリムーバブルメディアに記憶されており、その記憶内容はハードディスク214に転送される。プログラムは図示しないネットワークを通じてコンピュータ204に送信されハードディスク214に記憶されてもよい。プログラムは実行の際にRAM212にロードされる。なお、プログラムはハードディスク214を経由することなく上述のリムーバブルメディア、または、ネットワークから、直接にRAM212にロードされてもよい。

[0111] このプログラムは、コンピュータ204に反応解析装置114としての動作を実行させる複数の命令を含む。これら動作の実行命令に必要な基本的機能のいくつかは、コンピュータ204にインストールされコンピュータ204上で動作するオペレーティングシステム(OS)、サードパーティのプログラム、または、各種ツールキットのモジュールにより提供される。したがってこのプログラムは、必ずしも反応解析装置114の動作を実現するのに必要な機能全てを含んでいなくてもよい。このプログラムは、命令のうち、所望の結果が得られるように制御された手法で適切な機能、ツール等を呼出すことにより、反応解析装置114の各機能を実現する命令のみを含んでいればよい。コンピュータシステム204自体の動作は周知であるので、ここでは説明を繰返さない。

[0112] 〔機能的構成〕

図6に、反応解析装置114の機能的構成をブロック図形式で示す。図6を参照して、反応解析装置114は、測定信号112A、・・・、112Nを受けて測定領域102の各位置から発せられた光の各時刻における各波長成分の強度を表す時系列データ(以下、「分光データ」と呼ぶ。)に変換する信号変換部300と、信号変換部300により生成された分光データを保持する分光データ記憶部302とを有する。

[0113] 反応解析装置114はさらに、分光データをもとに、各時刻、各位置における分光スペクトルが全体域に亘ってピークを有するスペクトルパターンであるか連続的な部分を有するスペクトルパターンであるかを判定するスペクトルパターン判定部304と、ス

ペクトルパターン判定部304による判定の結果に基づいて、実行すべき解析処理を選択し、選択の結果に対応する命令を出力する処理選択部306と、処理選択部306からの命令に従い、連続的なパターンを有するスペクトルの分光データの解析を実行し、その結果を出力する連続パターン解析部308と、処理選択部306からの命令に従い分光データに基づき、スペクトル上のピークに基づきノッキングの判定及び反応領域の解析を実行し、その結果を出力するピーク解析部310とを有する。

[0114] 処理選択部306による処理の選択は、具体的には次のようなものである。すなわち、分光データ上での時刻のうち連続的なスペクトルパターンであることと判定された時刻の分光データについては、連続パターン解析部308及びピーク解析部310の両方による解析を選択する。さらに、ピーク解析部310による解析対象となるピークの波長範囲として、連続的なスペクトルパターンの影響が軽微な第1の波長範囲を選択し、当該第1の波長範囲を解析対象となるピークの波長範囲として指定する。それ以外の時刻については、ピーク解析部310による解析のみを選択し、さらに、ピーク解析部310による解析対象となるピークの波長範囲として、分光データ上での全波長範囲である第2の波長範囲を指定する。

[0115] 連続的なスペクトルパターンの影響が軽微な波長範囲は、連続的なスペクトルパターンが発生する原因が既知であれば、その原因に応じて予め予測可能である。例えば、図1に示すような輝炎であれば、CH^*から発せられる光に対応する431nm程度以下の波長帯域においては、煤に起因する輝炎の影響は軽微である。したがって、本実施形態では、限定した場合の波長範囲を表す情報が予め準備され、処理選択部306がこれを保持し、選択の際にこの情報を使用するものとする。

[0116] 反応解析装置114はさらに、連続パターン解析部308及びピーク解析部310により出力される解析結果を保持する解析結果記憶部312と、解析結果の出力を命じる操作等をユーザより受付けるユーザインタフェース316と、スペクトルパターン判定部304による判定の結果及びピーク解析部310によるノッキングの判定の結果を測定領域102の状態に関する情報に変換して出力するとともに、ユーザインタフェース316が受付けた操作に基づき、解析結果記憶部312に保持された計測対象情報を読出し出力するための出力部314とを有する。スペクトルパターン判定部304による判定結

果をもとに出力部314が出力する情報は、具体的には、煤発生の通知、燃料予混合不良の通知、輝炎の発生等である。

[0117] スペクトルパターン判定部304は、保持されている分光データからスペクトルパターンの判定に用いる第1の波長成分の強度値(以下、「第1強度値」と呼ぶ。)を取得するための第1強度値取得部330と、第2の波長成分の強度値(以下、「第2強度値」と呼ぶ。)を取得するための第2強度値取得部332と、第1強度値の第2強度値に対する相対強度を算出する相対強度算出部334と、相対強度とスペクトルパターンの別との関係を表す基準値情報を保持する基準値記憶部336と、相対強度と基準値情報との比較により、スペクトルパターンが連続的なものであるか否かを判定する判定部338とを有する。

[0118] 第1の波長成分としては、連続的なスペクトルパターンの違いによって強度が大きな異なる波長成分を選ぶことが望ましく、第2の波長成分としては、連続的なスペクトルパターンの違いによる強度の差異が比較的小さい波長成分を選ぶことが望ましい。例えば測定領域102(図2参照)において炭化水素系燃料の燃焼反応が行なわれている場合には、C_2^*から発せられる光に対応する約473nm、または、約516nm付近の波長成分を選んでもよい。第2の波長成分としては、例えば測定領域102(図2参照)において炭化水素系燃料の燃焼反応が行なわれている場合には、CH^*、CN^*、または、OH^*から発せられる光に対応する波長成分を選んでもよい。

[0119] 連続パターン解析部308は、処理選択部306から連続的なスペクトルパターンの解析処理に対応する命令に従い、連続的なスペクトルパターンからの解析に必要な第3の波長成分及び第4の波長成分の強度値を分光データ記憶部302から読出すためのデータ読出部350と、データ読出部350により読出された第3及び第4の波長成分の強度値をもとに、黒体輻射を発した粒子の温度を算出する温度算出部352と、温度算出部352により算出された温度及び第4の波長成分の強度値をもとに粒子の濃度を算出する濃度算出部354とを有する。第3の波長成分及び第4の波長成分はいずれも上述の第2の波長範囲外の波長成分であることが望ましい。例えば第3波長成分として約680nmの波長成分を、第4の波長成分として約800nmの波長成分を選んでもよい。

[0120] ピーク解析部310は、分光データ記憶部302に保持された分光データをスキャンして、測定領域102から発せられた光のピークを検出するピーク検出部370と、分光データをもとに、ピーク検出部370により検出されたピークの特徴量を抽出するピーク特徴量抽出部372とを有する。ピークの特徴量は、具体的にはピークの出現時刻、波長、ピークの高さすなわちピークの頂点の波長成分の強度(以下、「ピーク強度」と呼ぶ。)、スペクトル線幅、シフト量、及びラインシェイプである。

[0121] ピーク解析部310はさらに、ノッキングが発生した際に圧力波の影響により生じる副次的な生成物から発せられる光、または、反応による生成物から発せられる光に時間的な変化が生じる成分から発せられる光に対応する第5の波長成分において出現するピークの特徴量をもとにノッキングが発生したか否かを判定し、ノッキングが発生した場合にその旨を通知する信号を出力するノッキング検出部373を有する。第5の波長成分は、例えばOH^*から発せられる光に対応する波長成分である。ノッキングにより圧力波が生じると、その影響により高温高圧になった領域において、OH^*が発生し、燃焼反応が起きていない領域においてOH^*から発せられる光が検出されることがある。このような場合、燃焼反応によって生じる例えばC_2^*、CN^*、CH^*から光が発せられる光に対応する波長成分(以下、「第6の波長成分」と呼ぶ。)におけるピークの出現時刻とOH^*から発せられる光に対応する波長成分におけるピークの出現時刻との間に差異が生じる。また、圧力波の影響により、OH^*から発せられる光の強度が時間の経過にしたがって波打つように段階的に変化することがある。ノッキング検出部373は、ノッキングが発生した際に生じるこのような光の時間的な変化をもとに、ノッキングの発生の有無を判定する。

[0122] ピーク解析部310はさらに、ピーク特徴量抽出部372により抽出された各ピークの特徴量について統計処理を行ない、その結果として測定位置から発せられた光の特徴を表す情報(以下、「測定光特徴情報」と呼ぶ。)を生成する統計処理部374を有する。測定光特徴情報は、具体的にはピークの特徴量及びピーク同士でのピークの特徴量の比、並びにそれらの平均、2乗平均、分散、及び時間変動特性等である。

[0123] ピーク解析部310はさらに、反応領域から発せられる光の特徴と反応領域の状態・特徴との関係を表す較正情報を保持する較正情報記憶部376と、較正情報に基づ

き、測定光特徴情報を解析して計測対象の特徴に関する情報に変換し、その情報をピークに基づく解析の結果として解析結果記憶部312に格納する特徴量解析部232とを有する。計測対象の特徴は、例えば計測対象の質量、流量、濃度、圧力、温度、及びプラズマ特性評価値等、並びにそれらの時間変動、並びに反応帯の厚さ及び反応の到達速度等である。較正情報は、プラズマから生じた光の上述した特徴と、上述した計測対象の特徴との関係を表す関数、相関曲線、または、対応表等である。

[0124] 〔処理全体の流れ〕

図7に、反応解析装置114により実行される処理全体の制御構造をフローチャートで示す。図7を参照して、この処理400は、測定信号112A、・・・、112Nの各々について実行される。処理400が開始されると、ステップ402では、処理対象の時刻を0で初期化する。ステップ404では、時刻tにおける測定信号を増幅及びデジタル化することにより、分光データに変換する。ステップ406では、ステップ404で変換された分光データを蓄積する。ステップ408では、ステップ406で蓄積された分光データを用いてスペクトルパターンを判定する処理を実行する。この処理については図8を参照しつつ後述する。

[0125] 続くステップ410では、ステップ408においてスペクトルが連続的なスペクトルパターンであると判定されたか否かを判定する。前者であれば処理はステップ412に移行する。さもなければステップ416に移行する。

[0126] ステップ412では、時刻tを、連続的なスペクトルパターンに基づく粒子の状態解析の対象時刻に設定する。続くステップ414では、黒体輻射の影響下にある波長帯域を後述のステップ418での処理対象から除外するために、第1の波長範囲を選択してピークの検出範囲に制限を設けて、ステップ418に進む。処理がステップ416に移行した場合、当該ステップ416で、第2の波長範囲を選択して全波長帯域をピークの検出範囲に設定し、ステップ418に進む。

[0127] ステップ418では、時刻t以降の時刻に対応する測定信号が与えられているか否かを判定する。測定信号が与えられていればステップ420に進み、時刻tに1を加算し、ステップ404に戻る。さもなければステップ422に進む。

[0128] ステップ422では、分光データを用いて、黒体輻射を発した粒子の状態を解析する

。この処理については図9を参照しつつ後述する。ステップ424では、分光データ上でピークに関する解析を行なう。この処理については、図10を参照しつつ後述する。ステップ426では、ステップ422、及びステップ424での処理の結果得られた情報を解析結果として出力し、この処理を完了する。

[0129] 〔スペクトルパターン解析処理〕

図8に、上述のステップ408(図7参照)で実行されるスペクトルパターン解析処理の制御構造をフローチャートで示す。図8を参照して、この処理408が開始されると、ステップ440では、ステップ406(図7参照)で蓄積された分光データから第1及び第2の選択波長の強度値を読出す。ステップ442では、第1強度値を第2強度値で除算して、相対強度を算出する。

[0130] ステップ444では、ステップ442で算出した相対強度が所定の基準範囲内の値であるか、基準範囲外の範囲の値であるかを判定する。基準範囲内の値であればスペクトルパターン判定処理408を終了する。基準範囲外の範囲の値であれば、処理はステップ446に移行する。ステップ446では、判定対象となっているスペクトルにおいて連続的なスペクトルパターンが検出されたことに対応する値を出力する。続くステップ448では、連続的なスペクトルパターンに対応する通知を発行し、スペクトルパターン判定処理408を終了する。

[0131] 〔粒子の状態解析処理〕

図9に、上述のステップ422(図7参照)で実行される粒子の状態解析処理の制御構造をフローチャートで示す。図9を参照して、この処理412が開始されると、ステップ460では、処理の対象時刻tを0で初期化する。ステップ462では、時刻tが図7に示す処理のステップ412によって解析の対象時刻として設定されたか否かを判定する。設定されていればステップ466に進む。さもなければステップ464に進み、当該ステップ478で時刻tに1を加算し、ステップ462に戻る。

[0132] ステップ466では、ステップ404(図7参照)で蓄積された分光データから時刻tにおける第3及び第4の波長成分の強度値を読出す。ステップ468では、2色法を用いて、ステップ466で読出した第3及び第4の波長成分の強度値から、黒体輻射の光を発している粒子の真温度を算出する。

[0133] ステップ470では、プランクの放射則に基づき、ステップ468で算出した真温度と第3の波長成分の強度値とから当該波長成分に対応する輝度温度を算出する。続くステップ472では、ステップ468で算出した真温度とステップ470で算出した輝度温度とから、いわゆるKL値すなわち放射率と反応場の厚さとの積を算出する。ステップ474では、ステップ472で算出したKL値を粒子の濃度に換算する。ステップ476では、時刻t以降の時刻の分光データが蓄積されているか否かを判定する。蓄積されていれば、処理はステップ464に移行する。さもなければステップ480に進む。

[0134] ステップ480では、上述のステップ460～ステップ476の一連の処理で算出された真温度及び粒子の濃度について、時間方向での統計処理を実行し、これらの値の平均、標準偏差、及び時間変動等を求める。ステップ482では、上述のステップ460～ステップ476の一連の処理で算出された真温度及び粒子の濃度、並びにステップ480で求めたそれらの統計量を解析結果として出力・記憶し、粒子の状態解析処理422を終了する。

[0135] 〔ピーク解析処理〕

図10に、上述のステップ424（図7参照）で実行されるピーク解析処理の制御構造をフローチャートで示す。図10を参照して、このピーク解析処理424が開始されると、ステップ500では、処理対象時刻tを0で初期化する。ステップ502では、時刻tに関しステップ414、または、ステップ416（ともに図7参照）において設定された波長範囲が、制限された範囲であるか否かを判定する。制限されたものであれば、処理はステップ504に進む。さもなければステップ506に進む。

[0136] ステップ504では、制限された波長帯域内で分光データをスキャンして、当該範囲内にある全ピークを検出し、ステップ508に進む。ステップ506では、分光データにおける全波長帯域を対象に分光データをスキャンして、当該範囲内にある全ピークを検出し、ステップ508に進む。

[0137] ステップ508では、分光データをもとに、ステップ504、または、ステップ506で検出したピークの各々について、ピークの出現時刻、波長、ピーク強度、スペクトル線幅、シフト量、及びラインシェイプを同定し、これらをピークの特徴量として記憶する。

[0138] ステップ510では、ステップ474では、ステップ472で算出したKL値を粒子の濃度

に換算する。ステップ476では、時刻t以降の時刻の分光データが蓄積されているか否かを判定する。蓄積されていれば、処理はステップ464に進み、処理対象時刻tに1を加算して、ステップ502に戻る。さもなければステップ513に進む。

[0139] ステップ513では、ピークの特徴量をもとにノッキングの発生の有無を判定するノッキング判定処理を実行する。この処理については、図11を参照しつつ後述する。続くステップ514では、ステップ500～ステップ512の一連の処理によって同定された各ピークの特徴量をもとに、ピークの特徴量に関する統計処理を実行し、測定光特徴情報を生成する。そして生成した測定光特徴情報を記憶する。

[0140] ステップ516では、ステップ502と同様に波長範囲に制限が設けられているか否かを判定する。制限が設けられていなければ、処理はステップ518に進み、測定光特徴情報のうちのピーク強度の比及びその統計値と予め準備された較正曲線とを照合することにより、空気過剰率に関する解析を実行し、その結果を出力する。この際、空気過剰率の解析結果を局所当量比、または、局所空燃比の情報に換算した上で出力してもよい。

[0141] ステップ516、または、ステップ518の処理が終了すると、以下に示すステップ520及び522、並びにステップ524、並びにステップ526、並びにステップ528及び530、並びにステップ532の解析処理を並行して実行する。

[0142] ステップ520では、予め準備された反応領域における反応の開始点の位置及び反応の開始時刻の情報と、測定位置の情報と、測定光特徴情報のうちのピークの出現時刻とをもとに、反応領域における反応の伝播速度及びその統計量の解析を実行し、その解析結果を出力・記憶する。

[0143] ステップ522では、ステップ520で解析された伝播速度と時間軸方向でのピークの幅とを乗算して、反応帯の厚さを算出する。さらに伝播速度の統計量及び時間軸方向のピーク幅の統計量をもとに、及び反応帯の厚さの統計量に関する解析を実行する。そして、反応帯の厚さ及びその統計量を解析結果として出力・記憶する。

[0144] ステップ524では、単一のラジカル、または、プラズマから発せられた光に含まれる複数の波長成分に対応するピークに関し、それらピークのピーク強度比及びその統計量をもとに、当該ラジカル、または、プラズマの回転温度に関する解析を実行し、

回転温度及びその統計量を解析結果として出力・記憶する。

[0145] ステップ526では、各ピークのスペクトル線幅を測定位置における圧力に換算するとともに、スペクトル線幅の統計量をもとに圧力に関する解析を実行し、測定位置における圧力及び統計量に基づく圧力の解析の結果を解析結果として出力・記憶する。

[0146] ステップ528では、各ピークの波長、及びシフト量から測定位置に存在するラジカル、または、プラズマの特性を同定するとともに、ピーク強度及びその統計量から同定された特性のラジカル、または、プラズマの質量、流量、及び数量、並びにそれらの統計量を算出し、上記ラジカル、または、プラズマの特性評価値と質量、流量、及び数量、並びにそれらの統計量とを解析結果として記憶する。続くステップ530では、ステップ528での解析結果をもとに、分子分析、元素分析等の成分分析を実行しその結果を解析結果として出力・記憶する。

[0147] 〔ノッキング判定処理〕

図11に、上述のステップ513(図10参照)で実行されるノッキング判定処理の制御構造をフローチャートで示す。図11を参照して、ノッキング判定処理513が開始されると、ステップ552で、第5の波長成分の強度が第6の波長成分と比べて急増しているか否かを判定する。具体的には、第5の波長成分においてピークが出現している時間帯に第6の波長成分においてピークが出現しているか否かを判定する。存在していなければ第5の波長成分の強度が急増していると判定し、ステップ560に進む。存在していれば急増していないと判定し、ステップ554に進む。

[0148] ステップ554では、第5の波長成分のピークの出現時刻と第6の波長成分のピークの出現時刻にずれがあるか否かを判定する。ずれがあればステップ560に進む。さもなければステップ558に進む。

[0149] ステップ558では、第5の波長成分のあるピークが出現している時間帯において当該波長成分の強度が段階的に変動しているか否かを判定する。変動していればステップ560に進む。さもなければこの処理を終了する。

[0150] ステップ560では、ノッキングが発生したことを示す通知を発行し、この処理を終了する。

[0151] 〔動作〕

以下、本実施形態に係る計測システムの動作を例示する。図2を参照して、計測システム100の光学素子104は、所望の測定位置からの光が光学素子104に入射されるよう配置され、その状態で計測が開始される。図3を参照して、反応領域内の物点O_1、O_2、O_3、O_4、O_5、・・・、O_nから発せられた光が光学素子104に入射されると、それらの光は光学素子104の第1面140の第1領域140Aを通過し、第1面140及び第2面142間の媒質中を進行して、第2面142の第1領域142Aにおいて反射される。そして、第2面142の第1領域142Aにおいて反射された光は、第1面140の第2領域140Bにおいて反射され、第2面142の第2領域142Bを通して出射され、迷光絞り150を介して、光ファイバ108A、・・・、108Nの入射端面においてそれぞれ集光される。集光された光は、ファイバ108A、・・・、108Nにそれぞれ入射され、光ファイバ108A、・・・、108Nを介して分光測定装置110A、・・・、110N（図2参照）側の端面よりそれぞれ出射される。

[0152] 図4を参照して、分光測定装置110Aに入射された光は、コリメータ170により平行光に変換された後、第1のミラー172及び第2のミラー174により反射され、分光素子176に到達する。分光素子176に到達した光は、分光素子176によりスペクトル光に分光され、第3のミラー178を介して光検出器180に到達する。光検出器180は、各受光位置に到達した光を順次光電変換し、その時刻における光の到達位置とその位置での光の強度とを表す測定信号112Aを出力する。図2に示す分光測定装置110A、・・・、110Nはいずれも上述の動作と同様の動作を実行し、入射された光に対応する測定信号測定信号112A、・・・、112Nをそれぞれ出力する。出力された測定信号112A、・・・、112Nは、反応解析装置114に与えられる。

[0153] 反応解析装置114が測定信号112A、・・・、112Nを受けると、反応解析装置114は、測定信号112A、・・・、112Nの各々について、以下に示す動作を実行する。

[0154] 図6を参照して、反応解析装置114に入力された測定信号は、信号変換部300に与えられる。信号変換部300は測定信号が与えられたことに応答して、測定信号を順次増幅及びデジタル化することにより、分光データに変換し、当該分光データを分光データ記憶部302に格納する。

[0155] 分光データ記憶部302に分光データが格納されると、スペクトルパターン判定部304の第1強度値取得部330及び第2強度値取得部332がそれぞれ、分光データから第1及び第2の選択波長の強度値を順次読出し、相対強度算出部334に与える。相対強度算出部334は、与えられた第1強度値を第2強度値で除算して、相対強度を順次算出する。算出した相対強度は、判定部338に順次与えられる。判定部338は、与えられた相対強度と基準値記憶部336に保持されている基準値とを比較し、相対強度が所定の基準範囲内にあるか否かを判定する。相対強度が基準範囲内になければ、判定部338は、判定対象となっている時刻の分光スペクトルが連続的なスペクトルパターンであると判定し、判定対象の時刻と当該時刻が連続的なスペクトルパターンであることを示す信号を出力部316及び処理選択部306に対し出力する。出力部316は、この信号の入力を受けると、煤発生の通知、燃料予混合不良の通知、輝炎の発生等の通知を発行し、解析結果116として出力する。

[0156] 処理選択部306は、判定部338からの信号に基づいて、当該時刻の分光データに対する解析処理を選択する。すなわち、連続的なスペクトルパターンであることと判定された時刻に対しては、連続パターン解析部308及びピーク解析部310の両方による解析を選択し、さらに、ピーク解析部310による解析対象となるピークの波長範囲を、連続的なスペクトルパターンの影響が軽微な範囲に限定する。それ以外の時刻については、ピーク解析部310による解析のみを選択し、さらに、ピーク解析部310による解析対象となるピークの波長範囲として、分光データ上での全波長範囲を指定する。処理選択部306は、この選択結果をもとに、連続パターン解析部308及びピーク解析部310が行なう解析の命令を生成し、連続パターン解析部308及びピーク解析部310に与える。

[0157] 処理選択部306からの命令が連続パターン解析部308に与えられると、データ読出部350は命令に従い、連続パターン解析部308による処理が選択された時刻における第3の波長成分の強度及び第4の波長成分の強度を分光データ記憶部302から読出し、温度算出部352及び濃度算出部354に順次与える。温度算出部352は、2色法を用いて、第3及び第4の波長成分の強度値から、黒体輻射の光を発している粒子の真温度を算出する。温度算出部352は、算出した真温度の値を解析結果記

憶部312に格納し、この値をさらに濃度算出部354に与える。そして時間方向に真温度に関する統計処理を実行し、その結果を解析結果記憶部312に格納する。濃度算出部354は、第3の波長成分の強度値とから当該波長成分に対応する輝度温度を算出する。そして、輝度温度と温度算出部352から与えられた真温度とから、KL値を算出する。さらにKL値を粒子の濃度に換算する。濃度算出部354は、算出した粒子の濃度値を解析結果記憶部312に格納する。そして時間方向に濃度に関する統計処理を実行し、その結果を解析結果記憶部312に格納する。

[0158] 処理選択部306からの命令がピーク解析部310に与えられると、ピーク検出部370は、分光データ記憶部302に格納されている分光データを、波長方向及び時間方向にスキャンし、各時刻においてその時刻にピークが存在するか否かを判定する。ただし、処理選択部306からの命令により、処理対象の波長範囲が限定されている時刻については、限定された波長範囲内についてのみスキャンを実行する。ピーク検出部370は、分光データにこの判定の結果を付与して、ピーク特徴量抽出部372に与える。

[0159] ピーク特徴量抽出部372は、ピーク検出部370から、ピークの検出結果付の分光データが与えられると、このデータをもとに、検出された各ピークの出現時刻、波長、及びピーク強度を同定する。ピーク特徴量抽出部372はさらに、各ピークの頂点周辺のデータをスキャンして、当該ピークのスペクトル線幅、シフト量、及びラインシェイプをピークごとに同定する。そして、これら同定した情報を各ピークの特徴量としてノッキング検出部373及び統計処理部374に与える。

[0160] ノッキング検出部373は、与えられたピークの特徴量のうち、第5の波長成分に注目し、次のようにしてノッキングの発生の有無を判定する。すなわち、第5の波長成分においてピークが出現している時間帯に第6の波長成分にピークが出現してしない場合、または、当該時間帯に第6の波長成分にピークが出現しているが、そのピークの出現時刻にずれがある場合、または、当該時間帯において、第5の波長成分の強度が段階的に変動している場合、ノッキングが発生したと判定する。ノッキングが発生したと判定した場合、ノッキング検出部373は、ノッキングの発生を示す信号を出力部316に対し出力する。出力部316は、この信号の入力を受けると、ノッキング発生

の通知を発行し、解析結果116として出力する。

[0161] 統計処理部374は、各ピークの特徴量からピーク同士でのピークの各特徴量の比等を算出する。統計処理部374はさらに、各特徴量及びその比について統計処理を行ない、それらの平均、2乗平均、分散、及び時間変動特性を算出する。そして統計処理部374は、各ピークの特徴量、各特徴量の比、及びそれらについての統計処理の結果を、測定光特徴情報として、特徴量解析部378に与える。

[0162] 特徴量解析部378は、統計処理部374から測定光特徴情報が与えられたことに応答して、この情報を較正情報記憶部376に保持されている較正情報に基づいて以下の解析を実行して計測対象情報に変換する。ただし、ピーク検出の対象範囲外に発生しうるピークの特徴量を用いて行なう解析処理は、実行しない。

[0163] すなわち、特徴量解析部378は、測定光特徴情報のうちのピーク強度の比及びその統計値と構成情報とを照合することにより、空気過剰率に関する解析を実行し、その結果を解析結果記憶部312に格納する。この際、空気過剰率の解析結果を局所当量比、または、局所空燃比の情報に換算した上で解析結果記憶部312に格納するようにしてもよい。ただし、反応領域における反応が図1に示すような炭化水素系燃料の燃焼である場合、C_2^*から発せられる光の波長成分と輝炎の波長成分とは重複するため、輝炎が発生するとC_2^*から発せられる光に対応するピークについて情報を得ることが困難となる。すなわち、特徴量解析部378は、輝炎が発生した時刻については、空気過剰率の解析を実行しない。

[0164] また、特徴量解析部378は、反応領域における反応の開始点の位置及び反応の開始時刻、測定位置、並びにピークの出現時刻をもとに、反応領域における反応の伝播速度及びその統計量の解析を実行し、その解析結果を解析結果記憶部312に格納する。

[0165] また、特徴量解析部378は、伝播速度と時間軸方向でのピークの幅とを乗算して、反応帯の厚さを算出する。さらに伝播速度の統計量及び時間軸方向のピーク幅の統計量をもとに、及び反応帯の厚さの統計量に関する解析を実行する。そして、反応帯の厚さ及びその統計量を解析結果記憶部312に格納する。

[0166] また、特徴量解析部378は、単一のラジカル、または、プラズマから発せられた光に

含まれる複数の波長成分に対応するピークに関し、それらピークのピーク強度比及びその統計量をもとに、当該ラジカル、または、プラズマの回転温度に関する解析を実行し、当該温度及びその統計量を解析結果記憶部312に格納する。

[0167] また、特徴量解析部378は、各ピークのスペクトル線幅を測定位置における圧力に換算するとともに、スペクトル線幅の統計量をもとに圧力に関する解析を実行し、測定位置における圧力及び統計量に基づく圧力の解析の結果を解析結果記憶部312に格納する。

[0168] また、特徴量解析部378は、各ピークの波長、及びシフト量から測定位置に存在するラジカル、または、プラズマの特性を同定するとともに、ピーク強度及びその統計量から同定された特性のラジカル、または、プラズマの質量、流量、及び数量、並びにそれらの統計量を算出し、上記ラジカル、または、プラズマの特性評価値と質量、流量、及び数量、並びにそれらの統計量とを解析結果として解析結果記憶部312に格納する。さらに、この解析結果をもとに、分子分析、元素分析等の成分分析を実行しその結果を解析結果記憶部312に格納する。

[0169] また、特徴量解析部378は、測定位置においてノッキング等の反応異常があったか否かを検査する処理を実行する。そしてその検査結果を解析結果記憶部312に格納する。

[0170] このようにして連続パターン解析部308及びピーク解析部310による解析結果は、解析結果記憶部312に格納される。ユーザインタフェース314がユーザより所望の計測対象情報の出力を要求する操作を受付けると、ユーザインタフェース314は、この操作に対応する命令を出力部316に与える。出力部314は、与えられた命令に従い、ユーザの要求に対応する情報を解析結果記憶部312から読出し、解析結果116として出力する。

[0171] 以上のように、本実施形態に係る計測システム100は、測定領域102から発せられた光の集光を光学素子104が行なう。この光学素子104においては、集光に関与する面が反射面のみであるため、色収差の発生がなく、高空間分解能で分光測定、並びに輝炎及び煤等の発生の検知、ノッキングの検知、及び反応領域に関する種々の解析を行なうことができる。また、本実施形態では、測定信号として時系列の信号を

発生し、当該時系列信号を用いて時系列で信号処理を実行する。そのため、測定領域102における反応の時系列変化についての情報を得ることが可能になる。

[0172] また、本実施形態では、分光測定により得られ第1の波長成分の強度の同じ時点で得られた第2の波長成分の強度に対する相対強度に基づいて、連続的なスペクトルパターンの光が発生したことを判定する。そしてその判定結果をもって煤、または、輝炎の発生、または、燃料予混合不良等を検出する。したがって、煤の付着等による光を受ける光学素子の性能の劣化等に影響を受けることなく、煤、または、輝炎の発生、または、燃料予混合不良等を検出することができる。

[0173] また本実施形態では、上述の判定の結果に基づき、分光測定の結果の解析手法を選択するため、無駄な処理が実行されるのを回避でき、測定位置で発せられた光に応じた有効な解析処理が可能になる。さらには、分光測定の結果を無駄なく有効利用して、測定結果からより多くの情報を得ることが可能になる。

[0174] また本実施形態では、ノッキングに伴う圧力波の影響によってOH^*から発せられる光と、反応によって生じるその他のラジカルから発せられる光との相対的な関係及びOH^*から発せられる光の時間的な変化に基づき、ノッキングの発生を検出する。したがって、圧力、振動などからノッキングを検知するより直接的にノッキングを検知することができ、ノッキング発生の検知の再現性が向上する。また、煤の付着等による光を受ける光学素子の性能の劣化等に影響を受けることなく、ノッキングの発生を検知することが可能になる。

[0175] 〔変形例1〕

上記実施形態では、光学素子104は、反射により光を集光させる光学系であったが、この光学素子114に代えて凸レンズ等の光学系を用いてもよい。ただしこの場合、種々の手法で光の波長に起因する収差を軽減させることが望ましい。

[0176] 上記実施形態では、光ファイバ108A、・・・、108Nの光学素子104側の端面は、光学素子104の結像面上に平面的に配置されたが、本発明はこのような実施形態には限定されない。光ファイバ108A、・・・、108Nの入射端面を立体的に配置するようにしてもよい。こうすることにより、反応領域から発せられる光を立体的に測定・解析することが可能になる。

[0177] 上記実施形態では、分光測定装置112A、・・・、112Nは、入射された光をスペクトル分光し、その結果得られるスペクトル光を光検出器180によって電気信号に変換して出力するものであった。しかし、本発明はこのような実施形態には限定されない。計測位置反応領域で行なわれている反応が既知であるならば、または、所定のプラズマ特性を有する対象の反応についてのみ情報を得ることが計測の目標であるならば、分光測定装置は、反応領域から発せられる光のうち特定の波長成分のみを抽出して電気信号に変換するものであってもよい。

[0178] 例えば、分光されたスペクトル光のうち特定の波長成分のみが通過する位置に、光検出器180を配置するようにしてもよい。所望の波長成分が複数存在するならば、複数の光検出器を、それぞれ所望の波長成分に対応する位置に配置すればよい。

[0179] また例えば、光の波長に対し選択的な透過、反射、若しくは吸収特性を有する光学素子、または、それら光学素子からなる光学系の組合せによって、特定の波長成分のみを抽出するようにしてもよい。図12に、このような機能を有する構成の分光測定装置の一例を示す。図12を参照して、この分光測定装置600には、光ファイバ108Aが接続されている。この分光測定装置600は、計測の対象に応じて予め選択された波長（以下、単に「選択波長」と呼ぶ。）の光の強度を測定するための複数系統の分光測定ユニット610A、610B、610C、・・・、610Nを有する。例えば、反応領域における反応が炭化水素系燃料と空気との混合気の燃焼反応であれば、選択波長には、OH^*から生じる光、CH^*から生じる光、CN^*から生じる光、及びC_2^*から生じる光の波長等、並びに煤の温度及び濃度の算出に用いる2つの波長がそれぞれ選択される。なお、この分光測定装置600を適用する場合、レーザ光束の波長には、選択波長以外の波長が選択される。

[0180] 分光測定ユニット610Aは、光ファイバ108Aから出射される光の光軸上にこの光軸に対し所定の角度をなすよう配置され、分光測定ユニット610Aの選択波長を含む所定帯域の光成分に対し反射特性を有し、かつレーザ光束の波長及び分光測定ユニット610A以外の選択波長を含むその他の波長帯域の光成分に対して透過特性を有するダイクロイックミラー612Aと、ダイクロイックミラー612Aにより反射される光の光軸上に配置され、分光測定ユニット610Aの選択波長の光成分に対して透過特性

を有するフィルタ614Aと、ダイクロイックミラー612Aにより反射される光の光軸上のフィルタ614Aを挟んでダイクロイックミラー612Aの反対側に配置された光検出器616Aとを有する。

[0181] 分光測定ユニット610B、610C、・・・、610Nの構成もまた、分光測定ユニット610Aのものと同様である。ただし、それらの選択波長に応じてそれらのダイクロイックミラー及びフィルタの波長特性が選択される。

[0182] この分光測定装置600は、次のように動作する。すなわち、光ファイバ108Aから光が入射されると、その光は、ダイクロイックミラー612A、612B、612C、・・・、612Nにより分光される。分光された光成分のうち選択波長近辺の波長帯域の成分は、それぞれフィルタ614A、614B、614C、・・・、614Nを通過して光検出器616A、616B、616C、・・・、616Nに到達する。光検出器616A、616B、616C、・・・、616Nはそれぞれ、到達した光成分を逐次的に測定信号112Aに変換して出力する。

[0183] このようにして出力された測定信号112Aをもとに、信号処理装置114が判定及び解析を実行すると、選択波長の近傍以外の波長帯域についてピーク検出その他の処理を実行する必要がなくなる。処理すべき情報量が減少するため、信号処理が効率化し、高速処理が可能になる。

[0184] なお、波長方向でのスペクトル線幅、シフト量、及びラインシェイプに基づく解析の結果が計測対象情報として必要なければ、光検出器616A、616B、616C、・・・、616Nの出力信号は、受光位置の情報を必ずしも含まなくてよい。また、このような場合、光検出器616A、616B、616C、・・・、616Nとして、光電子増倍管等を適用してもよい。光電子増倍管はCCD等のイメージセンサより時間応答性が高いため、高時間分解能での計測が可能になる。

[0185] また、このような分光測定装置600においては、光検出器616A、616B、616C、・・・、616Nの出力信号を、それぞれ別個に増幅し、増幅後の信号を測定信号112Aとして出力するようにしてもよい。ただし、その場合、図6に示す基準値記憶部336に記憶される基準値を、信号の増幅率に応じた値に設定しておく必要がある。

[0186] 上記実施形態では、連続的なスペクトルパターンに基づく温度及び濃度解析処理、ピークに基づく解析処理を、分光データの全体が図6に示す分光データ記憶部30

2に格納された後の段階で実行する構成となっていた。しかし、これら解析処理のうち、時間方向での統計処理を要しないものについては、ある時刻に対応する分光データが生成されるたびに、その時刻の分光データに基づく解析を実行するようにしてもよい。さらには、当該解析処理をリアルタイムで実行するようにしてもよい。さらに、そのようなリアルタイム処理で得られた解析結果を、リアルタイムで出力するようにしてもよい。

[0187] 上記実施形態では、主として燃焼反応における輝炎に起因する連続的なスペクトルパターンに対する処理について説明したが、本発明はその他の種々の反応においても、連続的なスペクトルパターンを判定し、それに基づき解析処理を選択することができる。例えば、反応領域にレーザ光などを照射して、その領域にある物質等をプラズマ化させる反応では、反応の最も初期の段階で、特に短波長域に連続的なスペクトルパターンを持つ光が発生することがある。このような場合にも、第1の波長成分及び第2の波長成分、並びに判定のための基準値を適切に選択すれば、反応の初期段階を適切に検出することも可能になる。また、このように検出された初期段階については、ピーク解析処理を実行しないようにしてもよい。

[0188] 上記実施形態では、図6を参照して、出力部316はスペクトルパターン判定部304による判定の結果及びピーク解析部310によるノッキングの判定の結果を測定領域102の状態に関する情報に変換して出力するとともに、解析結果記憶部312に保持された計測対象情報を読出し出力した。しかし、信号処理部114はさらに、これら出力部316が出力すべき情報を総合して新たな情報を生成し、出力するようにしてもよい。例えば、反応領域が自動車用エンジンの燃焼室などのように一定のサイクルで繰返し反応が起こる領域であるならば、計測対象情報記憶部312に記憶される情報をもとに各解析結果を総合して、それら解析結果と反応のサイクルとの関係を表す情報を生成し出力するようにしてもよい。具体的には、各解析結果のサイクル変動などを表す情報を生成し出力するようにすれば、反応領域について、より分かり易い情報を提供することができる。また、上記解析結果同士を比較したり、相関性を解析したりして、上記解析結果同士の関係を表す情報を生成し出力するようにしてもよい。

[0189] 今回開示された実施形態は単なる例示であって、本発明が上述の実施形態のみ

に制限されるわけではない。本発明の範囲は、発明の詳細な説明の記載を参酌した上で、特許請求の範囲の各請求項によって示され、そこに記載された文言と均等の意味及び範囲内でのすべての変更を含む。

[0190] 〔変形例2－測定結果の時分割機能（繰返し計測、多点計測の一元化等への対応）について〕

図13は、本実施形態に係る計測システムの概略構成を示す。

[0191] このシステムは、図1とそれぞれ同様の光学素子104、光ファイバケーブル106及び反応解析装置114と、光ファイバケーブル106に直結された分光測定装置702と、分光測定装置702及び反応解析装置114に接続された信号分配器708とを備える。

[0192] 図14は、分光測定装置702の内部構成を示す。

[0193] 分光測定装置702は、図4に示す分光測定装置110Aと同様の構成である。ただし、分光測定装置702においては、分光測定装置110Aに光ファイバ108Aが接続される代りに、光ファイバケーブル106が直結される。光ファイバケーブル106においては、光ファイバ108A～Nは、一列にバンドル化されている。この光回折格子176の各スリットが延びる方向と平行に、一列に並ぶようにして分光測定装置702と接続されている。これにより、光ファイバ108A～Nのいずれより分光測定装置702に入射された光も、光検出器180の同じ位置に同じ波長成分が到達する。そのため、分光測定装置702より出力される信号704は、反応領域102内の複数の物点（図3のO1～On）からの光に関する分光測定結果を重畳したものとなる。

[0194] 図13に示す信号分配器706は、所定の外部信号706と、分光測定装置702からの信号704の周期性に基づき、信号704を時方向に分割することにより、物点O1～Onに対応する信号112A～112Nを発生させる。なお、ここでの外部信号は、例えば、光ファイバケーブル106に束ねられた光ファイバの本数、順序等を表す信号である。

[0195] 図15に、時方向での信号分割による信号112A～112Nの発生の概念を模式的に示す。図15を参照して、帯状の反応領域（以下、「反応帯」と呼ぶ。）720が物点O1～Onを順次横断するように移動するものとする。通過した物点に対応する光ファイ

バ108A～Nに導入される光の強度722は、反応帯720が物点O1～Onをそれぞれ通過する時点で強くなる。そのため、光ファイバA～Nより分光測定装置702に導入される光には時間差が生じる。分光測定装置による測定結果704は、これらを重畳したものとなり、極大期（A1～An）と極小期（T1～Tn）とを光ファイバの本数と同数回繰返す信号となる。信号分配器708は、信号704の強度が極小となるタイミング（T1～Tn）で信号704を時方向に分割する。そして外部信号706に基づき、分割した信号を光ファイバ108A～Nに対応する信号114A～Nとして出力する。

[0196] 図16は、本実施形態の変形例に係る計測システム800の概略構成を示す。

[0197] この計測システム800は4個の光学素子104P～Sと、それらにそれぞれ接続された光ファイバケーブル106P～Sとを有している。光ファイバケーブル106P～Sに束ねられた光ファイバのうち所定のもの（光ファイバ108nP～108nS）がバンドルファイバ802によりバンドルかされている。バンドルファイバ802は、図13に示すものと同一の分光測定装置702に接続される。分光測定装置702は信号分派器804を介して反応解析装置114に接続される。

[0198] 信号分配器804に入力される外部信号806は、例えば光学素子の個数、順序等を表す信号である。または、次に示す多気筒エンジンの計測の場合には、クランク角度の情報を外部信号806としてもよい。以下、4気筒エンジンを対象とした各気筒の反応解析をこの計測システム800を用いて行う動作例を示す。

[0199] 本動作例においては、光学素子104P～Sは、エンジンの各気筒に設置される。この場合、信号分配器804は、外部信号806としてクランク角度の信号を受ける。4気筒エンジンにおいては、クランクが180度回転する間にいずれか一つの気筒において着火が行われる。着火を契機として行われる燃焼は、着火時点からクランクが180度回転するまでの間に終了する。そしてクランクが720度回転する間に全気筒が1回ずつ燃焼を行う。着火を行う気筒の順序は予め定められている。したがって、燃焼が行われている気筒は、4気筒のうち1つである。

[0200] 光学素子104P～Sのする光は、分光測定装置702により重畳されて分光される。信号704には、4気筒分の燃焼で発生する光の分光測定の結果が含まれるが、上述のとおり燃焼が行われている気筒は、4気筒のうち1つであるため、信号の重複はな

い。信号分配器804は、4気筒のうちいずれか一の気筒において着火が行われるときのクランク角度を0度としたとき、クランク角度が0度～180度の区間、180度～360度の区間、360度～540度の区間及び540度～720度の区間に信号を分割する。そして分割した信号の各々に対し、その区間において燃焼が行われている気筒の番号を付与し、信号112P～Sを発生する。これらの信号112P～Sが反応解析装置114に与えられる。その結果、反応解析装置114は気筒ごとに反応解析を行うこととなる。

[0201] 以上のように、計測システム800は、多気筒のエンジンの各気筒についての分光計測及び反応解析を1つの分光測定装置によって実現する。これは計測システムの小型化、低コスト化に資する。また、概して振動に弱い分光測定装置の数及びその構成部品点数が少なくなるため、分光測定装置の個体差等による結果のばらつきを低減させることができる。この計測システム800により、各気筒の燃焼反応に関する種々の情報を一括して計測し解析することが可能になる。また、各気筒に関する反応解析の結果を比較することにより、気筒間のばらつきや変動について情報を得ることが可能になる。

[0202] なお、分光測定装置700に代えて、(基礎出願の)図12に示す分光測定装置600を用いてもよい。この場合、光ファイバが一列に配置される必要はない。

[0203] なお、信号分配器708は、反応解析装置に内蔵されてもよい。例えば、図6に示す分光データ記憶部302からデータを読出す際に信号分配器708が行う信号の時分割を行うようにしてもよい。

[0204] 〔変形例3－LIBS、SIBS等を行う場合の例外処理機能について〕

図17は、この実施形態における計測システム900の概略構成を示す。

[0205] この計測システム900においては、反応領域102において燃焼等の反応とレーザによるプラズマ誘起(ブレイクダウン)との両方が行われる。この計測システム900は、図13に示す分光測定装置700の分光測定装置702と信号分配器708の間の信号経路上に、信号704に表す特定の波長成分の発光強度に応じて受けた信号の出力先を選択する処理選択器902が配置される。

[0206] 処理選択器902は、特定の波長成分(具体的にはレーザ光の波長成分)の発光が

検出された時点から所定期間(レーザによるブレイクダウンが行われている期間)の信号を信号904として出力し、それ以外の信号を信号分配器708に出力する。

[0207] この信号904を用いて解析を行うことにより、レーザ着火時の反応に関する解析やLIBSによる解析が可能になる。

[0208] 図17では、処理選択器902が分光測定装置からの信号に基づき信号の出力先を選択したが、外部からの信号を受けた時刻から所定期間の信号を信号904として出力するようにしてもよい。例えばレーザ照射のトリガ信号を受けるようにしてもよい。また、火花着火式の内燃機関や、放電電極での放電を契機に反応を開始する反応領域において、光学素子104を放電の行われる位置に向けて配置し、点火プラグまたは放電電極へ流れる電流の計測値を処理選択器に与えるようにすれば、放電による発光の分光測定結果を信号904として出力することができる。これにより、放電を契機とする火炎核形成初期の発光に関する解析と燃焼反応での反応解析とを並立させることができる。また、放電によってプラズマを形成させるSIBSの解析とその周囲での反応の解析とを並立させることが可能になる。

[0209] また、LIBSを行った場合には、図18に示すように、その初期において制動輻射(電子の急速な加速、減速に起因して生じる放射光)が生じ、波長が短くなるにしたがい発光強度が高いスペクトルパターンが生じる。このような場合に相対強度(短波長側の強度を分母にとっていると仮定)を算出すると、LIBSの初期においては相対強度が低くなり、その後反応領域に存在する成分のブレイクダウンに起因する光のスペクトルパターンに移行していき、その値は上昇すると考えられる。ここで、ブレイクダウンから着火に至り、さらにススが生成されたとすると、相対強度はさらに高い値になる。

[0210] そこで、相対強度が所定範囲以下であるときに、制動輻射による発光であると判定し、それ以降所定期間内の測定結果に対しLIBSの解析を行うようにしてもよい。

[0211] レーザ着火の場合、制動輻射後初期火炎核が形成されて着火に至るまでの期間はLIBS計測を行い、それ以降についてはノッキングの判定、火炎帯の計測等の処理を実行するようにすればよい。

[0212] なお、LIBSでは、制動輻射の発生後、時間の経過に従い、イオンの発光のスペク

トルパターン、原子の発光のスペクトルパターン、分子の発光のスペクトルパターンがこの順で発生することがある(特に、ガスに対するLIBSの場合)。このような場合には、制動輻射を契機として、解析の対象を時間の経過に従い、イオン、原子、分子、その後火炎と変更していけば、反応領域についての解析を効率的に行うことが可能になる。

[0213] なお、本変形例では、燃焼器内においてLIBSまたはSIBSを行うことを例示したが、LIBS及びSIBSは、燃焼が行われるような反応領域での解析に限定される解析手法ではない。例えば固体または液体の表面にレーザ光、放電等により高エネルギを投入することにより、それら固体または液体に関する成分分析、分子または結晶の構造等、種々の分析を行うことも可能である。また、弱電離プラズマ等エネルギ密度の低いプラズマにさらに高エネルギを投入することにより、プラズマを対象としたSIBSまたはLIBSを実行することも可能である。LIBSまたはSIBSにおける分光スペクトルの処理については周知の種々の手法を用いることができる。また、LIBSまたはSIBSにおける分光スペクトルの処理については周知の種々の手法を用いることができる。それらの処理機能もまた、コンピュータ、データ及びコンピュータプログラムによって実現可能である。そのため、それらの処理を行う機能部を反応解析装置に内蔵することも可能である。

[0214] 〔変形例4－相対強度について〕

前述した実施の形態においては、相対強度として第1の波長成分と第2の波長成分の強度比等を例示したが、本発明はこれに限定されず、波長と強度値とを軸とする分光スペクトル平面上において、第1の波長成分の強度値に対応する位置と第2の波長成分の強度値に対応する位置とを結ぶ直線が波長軸となす角度(強度変化の傾き)を、相対強度に代えて用いてもよい。

[0215] 〔変形例5－制御システム〕

前述した実施形態においては、反応解析装置を有する計測システムによって反応領域の計測及び解析を行ったが、反応領域に関する該計測システムからの出力を反応領域の制御に用いてもよい。

[0216] 例えば、計測システムによる出力から、この出力一意に対応する入力値への変換を

機械的に、関数により、または、所定のマップを用いることにより制御量となる入力値に変換部と、さらに、この入力値に対応する状態になるよう反応領域の調整を行う調整部とを有する制御装置を、計測システムと共に用いればよい。入力値は、位置、進路、高度、姿勢、方向、寸法、体積、角度、流量、密度、線速度、角速度、加速度、機械的力、応力、流体圧力、トルク、振幅、周波数、位相、数量、物理化学的変量、成分、混合比率、湿度、温度、粘度、光量、色、電荷、電圧、電流、磁束密度及び線量等であってよい。例えば、反応領域が内燃機関のものであれば、入力値は、吸気量、吸気湿度、酸化剤の供給圧力、酸化剤中の成分の混合比率、燃料供給量、燃料供給速度、燃料供給位置、燃料供給方向、燃料供給タイミング、燃料粒径、燃料貫通度、混合度、バルブタイミング、バルブ間での開閉の相対時間差、着火タイミング、着火のための投入エネルギ、スワール強さ、タンブル強さ、点火プラグ近傍の作動流体の乱れの強さ、稼働させる計器の種類、稼働させる計器の数量、稼働させる計器の配置、排気再循環量、再循環される排気の温度、排気管圧力、後燃え、排気の定性的成分、排気の定量的成分及び圧力波の振動等であってよい。制御システムの出力からこれら入力値への変換、及び、入力値に基づく反応領域の状態の調整は、例えばエンジン制御ユニット(ECU)、キャブレタ等を用いて一般的に行われている制御手法によって実現可能である。

産業上の利用可能性

[0217] 本発明は、燃焼、または、プラズマ反応等を利用する技術一般において、その反応の測定、解析、エラー検知、反応解析及び診断等に利用可能である。

請求の範囲

[1] 反応領域から発せられた光の分光測定装置による測定結果から、第1の波長成分の強度値及び第2の波長成分の強度値を取得する取得手段と、

前記取得手段により取得された前記第1の波長成分の強度値及び前記第2の波長成分の強度値から、前記第2の波長成分に対する前記第1の波長成分の相対強度を算出する相対強度算出手段と、

前記相対強度算出手段により算出された相対強度が所定の範囲内の値であるか否かを判定する判定手段と、

前記判定手段により前記相対強度が前記所定の範囲内の値であると判定されたことに応答して、前記反応領域の状態が所定の状態にあることを通知する通知手段とを有する

ことを特徴とする反応解析装置。

[2] 前記取得手段は、炭化水素の反応領域から発せられた光の分光測定装置による測定結果から、C_2^*から発せられる光の波長と略一致する波長成分の強度値を前記第1の波長成分の強度値とし、CH^*、CN^*、及びOH^*からなる群より選ばれた少なくとも一のラジカルから発せられる光の波長と略一致する波長の成分の強度値を第2の波長成分の強度値として、それぞれ取得することを特徴とする請求項1記載の反応解析装置。

[3] 前記通知手段は、前記判定手段により前記相対強度が前記所定の範囲内の値であると判定されたことに応答して、前記反応領域において煤が発生したことを通知する

ことを特徴とする請求項1、または、請求項2記載の反応解析装置。

[4] 前記取得手段は、反応領域から発せられた光の前記分光測定装置による測定結果から、第3の波長成分の強度値及び第4の波長成分の強度値を取得し、

前記相対強度算出手段は、前記取得手段により取得された前記第3の波長成分の強度値及び前記第4の波長成分の強度値から、前記第4の波長成分に対する前記第3の波長成分の相対強度を算出し、

前記判定手段が前記相対強度が前記所定の範囲内の値であると判定したことに応

答して、前記通知手段が前記反応領域において煤が発生したことを通知したときに、算出手段により、前記第3の波長成分の強度値及び前記第4の波長成分の強度値をもとに、前記反応領域において発生した煤の温度を算出する

ことを特徴とする請求項3記載の反応解析装置。

[5] 前記通知手段が前記反応領域において煤が発生したことを通知したときに、前記第3の波長成分の強度値、前記第4の波長成分の強度値及び前記煤の温度をもとに、前記反応領域において発生した煤の濃度を算出する濃度算出手段を有する

ことを特徴とする請求項4記載の反応解析装置。

[6] 前記通知手段は、前記判定手段により前記相対強度が前記所定の範囲内の値であると判定されたことに応答して、前記反応領域において連続的なスペクトルパターンの光を発する反応がおきている状態にあることを通知する

ことを特徴とする請求項1、または、請求項2記載の反応解析装置。

[7] 前記通知手段は、前記判定手段により前記相対強度が前記所定の範囲内の値であると判定されたことに応答して、前記反応領域において輝炎が発生したことを通知する

ことを特徴とする請求項1、または、請求項2記載の反応解析装置。

[8] 前記通知手段は、前記判定手段により前記相対強度が前記所定の範囲内の値であると判定されたことに応答して、前記反応領域において不完全燃焼が発生したことを通知する

ことを特徴とする請求項1、または、請求項2記載の反応解析装置。

[9] 前記通知手段は、前記判定手段により前記相対強度が前記所定の範囲内の値であると判定されたことに応答して、前記反応領域において燃料と酸化剤との予混合不良が発生したことを通知する

ことを特徴とする請求項1、または、請求項2記載の反応解析装置。

[10] 前記通知手段は、前記判定手段により前記相対強度が前記所定の範囲内の値であると判定されたことに応答して、前記反応領域の状態がプラズマ反応の所定の状態にあることを通知する

ことを特徴とする請求項1、または、請求項2記載の反応解析装置。

[11] 前記通知手段は、前記判定手段により前記相対強度が前記所定の範囲内の値であると判定されたことに応答して、前記反応領域がレーザ誘起ブレイクダウン反応の初期状態にあることを通知する

ことを特徴とする請求項1、または、請求項2記載の反応解析装置。

[12] 前記判定手段により前記相対強度が前記所定の範囲内の値ではないと判定されたときに、前記分光測定装置による測定結果をもとに、前記反応領域の空気過剰率を算出する算出手段を有する

ことを特徴とする請求項1乃至請求項11のいずれか一に記載の反応解析装置。

[13] 前記判定手段による判定の結果に応じて、第1の波長範囲及び第2の波長範囲から、波長範囲を選択する選択手段と、

前記判定手段による判定が実行された測定結果のうち、前記選択手段により選択された波長範囲内に出現するピークの特徴量をもとに、前記反応領域の特徴に関する所定の情報を生成するピーク解析手段と

を備えたことを特徴とする請求項1乃至請求項12のいずれか一に記載の反応解析装置。

[14] 前記ピーク解析手段は、前記判定手段による判定が実行された測定結果のうち、前記選択手段により選択された波長範囲内の第5の波長及び第6の波長にそれぞれ出現するピークの出現時期をもとに、ノッキングの発生の有無を判定し、当該判定の結果を示す情報を生成する

ことを特徴とする請求項13記載の反応解析装置。

[15] 前記ピーク解析手段は、前記判定手段による判定が実行された測定結果のうち、前記選択手段により選択された波長範囲内の第5の波長及び第6の波長にそれぞれ出現するピークにおける強度の時間変化をもとに、ノッキングの発生の有無を判定し、当該判定の結果を示す情報を生成する

ことを特徴とする請求項13記載の反応解析装置。

[16] 前記ピーク解析手段は、前記判定手段による判定が実行された測定結果のうち、前記選択手段により選択された波長範囲内に出現するピークの特徴量をもとに、前記反応領域における反応の伝播速度を算出し、その結果を示す情報を生成する

ことを特徴とする請求項13記載の反応解析装置。

[17] 前記ピーク解析手段は、前記判定手段による判定が実行された測定結果のうち、前記選択手段により選択された波長範囲内に出現するピークの特徴量をもとに、前記反応領域における反応帯の厚さを算出し、その結果を示す情報を生成する

ことを特徴とする請求項13記載の反応解析装置。

[18] 前記ピーク解析手段は、前記判定手段による判定が実行された測定結果のうち、前記選択手段により選択された波長範囲内に出現するピークの特徴量をもとに、前記反応領域の温度解析を算出し、その結果を示す情報を生成する

ことを特徴とする請求項13記載の反応解析装置。

[19] 前記ピーク解析手段は、前記判定手段による判定が実行された測定結果のうち、前記選択手段により選択された波長範囲内に出現するピークの特徴量をもとに、前記反応領域の成分を分析し、その結果を示す情報を生成する

ことを特徴とする請求項13記載の反応解析装置。

[20] 分光測定手段は、分光測定の結果の信号をこの信号の周期性に基づいて時方向に分割し、反応解析装置は、時方向に分割された信号の各々を分光計測の結果とし、その各々について解析を実行する測定結果の時分割機能を有する

ことを特徴とする請求項1乃至請求項19のいずれか一に記載の反応解析装置。

[21] 時方向に分割した各々の信号を、予め定められた情報に基づき、光学素子ごとに分光測定結果を分ける

ことを特徴とする請求項20記載の反応解析装置。

[22] 光学素子を複数有し、これら複数の光学素子の各々により集光された光を一の光に集束させて分光測定する

ことを特徴とする請求項1乃至請求項21のいずれか一に記載の反応解析装置。

[23] 第1の波長成分及び第2の波長成分の相対強度による判定は、予め定められた3以上の波長成分より二つの波長成分の組を生成し、その組の各々について相対強度を算出し、それら算出された相対強度からなる群を構成する相対強度が所定の条件を満たすか否かを判定する

ことを特徴とする請求項1乃至請求項22のいずれか一に記載の反応解析装置。

[24] 前記選択手段により選択された波長範囲内の2以上の波長にそれぞれ出現するピークの幅に基づき、圧力に関する情報を生成し出力する

ことを特徴とする請求項13記載の反応解析装置。

[25] 前記圧力に関する情報は、反応領域の分圧の情報である

ことを特徴とする請求項24記載の反応解析装置。

[26] コンピュータにより実行され、当該コンピュータを請求項1乃至請求項19のいずれか一に記載の反応解析装置として動作させるプログラムが記録された記録媒体。

[27] 請求項1乃至請求項25のいずれか一に記載の反応解析装置と、

物点から光が入射されたときに、この光を像点で集光させる光学素子と、

前記光学素子により前記像点に集光された光を分光測定し、この分光測定の結果を信号として出力する分光測定手段と

を備え、

前記反応解析装置は、前記分光測定手段により出力される信号を受信する

ことを特徴とする計測システム。

[28] 前記光学素子は、前記物点側より順に第1面及び第2面を有して一体的に形成され、前記第1面及び前記第2面がそれぞれ第1領域と第2領域とを有し、前記第1面の第1領域が凹面の透過面となされ、第2面の第1領域が凹面反射面となされ、前記第1面の第2領域が反射面となされ、前記物点から入射された光を、前記第2面の第1領域及び前記第1面の第2領域において反射し、前記像点で集光させる

ことを特徴とする請求項27記載の計測システム。

[29] 反応領域から発せられた光の分光測定装置による測定結果から第1の波長成分の強度値及び第2の波長成分の強度値を取得する取得手段と、

前記取得手段により取得された第1の波長成分の強度値及び前記第2の波長成分の強度値から前記第2の波長成分に対する前記第1の波長成分の相対強度を算出する相対強度算出手段と、

前記強度算出手段により算出された相対強度の属する範囲によって、熱励起発光、化学発光及び制動輻射光の別を判定するための判定手段と、

前記判定手段により前記相対強度が前記所定の範囲内の値であると判定されたこ

とに応答して前記反応領域の状態が所定の状態にあることを通知する通知手段とを有し、

LIBSを行う場合には、レーザの波長に対応する波長成分の強度が高くなったときから所定期間内の分光測定結果を、SIBS、または、スパーク放電の光を計測の場合は、プラグへ流れる電流値が高くなったときから所定期間内の分光測定結果を、反応解析装置の処理ではない別の例外処理を行う

ことを特徴とする請求項27、または、請求項28記載の計測システム。

[30] 前記判定手段による判定結果が制動輻射光であった時点の前記測定結果から順に、前記測定結果の時間進展にしたがい、反応領域のイオンの分析、原子の分析及び分子の分析を行う

ことを特徴とする請求項27乃至請求項29のいずれか一に記載の計測システム。

[31] 反応領域から発生された光を分光測定装置による測定結果に対し互いに他と異なる処理を行うことにより前記反応領域の特徴に関し該処理に対応する所定の情報をそれぞれ生成する複数の解析手段と、

前記測定結果から2以上の波長を選択するための波長選択手段と、

前記2以上の波長に属する波長の組合せを構成する各組について一方の波長の成分の強度に対する他方の波長の成分の相対強度を算出する相対強度算出手段と、波長、強度及び時間の3次元からなる前記測定結果の空間において熱励起発光、化学発光及び制動輻射光の生じている領域を判別するための判別手段と、

前記判別手段による判別結果に応じて、前記複数の解析手段が処理を行う範囲を設定するための範囲設定手段とを備える

ことを特徴とする請求項27乃至請求項30のいずれか一に記載の計測システム。

[32] 前記波長選択手段は、原子若しくは分子若しくはイオンに起因する化学発光の光の波長、または、概ね431nmを越える波長帯域内の任意の波長より波長を選択し、選択される波長は概ね431nm以下の波長帯域より選ばれるものと、概ね431nmを越える波長帯域より選ばれるものとを少なくとも一つづつ含む

ことを特徴とする請求項27乃至請求項31のいずれか一に記載の計測システム。

[33] 前記複数の解析手段による処理は、請求項4、または、請求項5記載の二色法によ

る処理、請求項13乃至請求項19のいずれか一に記載の自発光により生じるピークの特徴量に基づく所定の情報の生成処理、または、高エネルギの投入によるブレイクダウンで生じる光のピークの特徴量に基づく所定の情報の生成処理(LIBS、SIBS)より選ばれた処理である

ことを特徴とする請求項27乃至請求項32のいずれか一に記載の計測システム。

[34] 前記範囲設定手段は、前記制動輻射光が生じている領域より、前記高エネルギの投入によるブレイクダウンで生じる光のピークの特徴量に基づく所定の情報の生成処理(LIBS、SIBS)においては、イオンを対象とする前記所定の情報の生成処理、原子を対象とする前記所定の情報の生成処理、分子を対象とする前記所定の情報の生成処理の順で処理を行う

ことを特徴とする請求項27乃至請求項33のいずれか一に記載の計測システム。

[35] 反応解析装置において、相対強度は、波長と強度値とを軸とする分光スペクトル平面上において第1の波長成分の強度値に対応する位置と第2の波長成分の強度値に対応する位置とを結ぶ直線が波長軸とのなす角度である

ことを特徴とする請求項27乃至請求項34のいずれか一に記載の計測システム。

[36] 光学素子が、放電電極、レーザの出射装置及びマイクロ波放射アンテナからなるエネルギ投入手段の群より選ばれた少なくとも一のエネルギ投入手段と一体構成されている

ことを特徴とする請求項27乃至請求項35のいずれか一に記載の計測システム。

[37] 与えられた入力に対応した状態で反応を行う反応領域を制御する制御システムであって、

請求項27乃至請求項36のいずれか一に記載の計測システムと、

前記計測システムによる出力から、この出力一意に対応する入力値への変換を行うための変換手段と、

前記入力値を前記反応領域に与えるための調整手段とを備える

ことを特徴とする制御システム。

[38] 前記入力値は、位置、進路、高度、姿勢、方向、寸法、体積、角度、流量、密度、線速度、角速度、加速度、機械的力、応力、流体圧力、トルク、振幅、周波数、位相、数

量、物理化学的変量、成分、混合比率、湿度、温度、粘度、光量、色、電荷、電圧、電流、磁束密度、及び線量からなる群より選ばれる一以上の値である

ことを特徴とする請求項37記載の制御システム。

[39] 与えられた入力に対応した状態で運転を行う内燃機関を制御する制御システムであって、

請求項27から請求項36のいずれか一に記載の計測システムと、

前記計測システムによる出力から、この出力一意に対応する入力値への変換を行うための変換手段と、

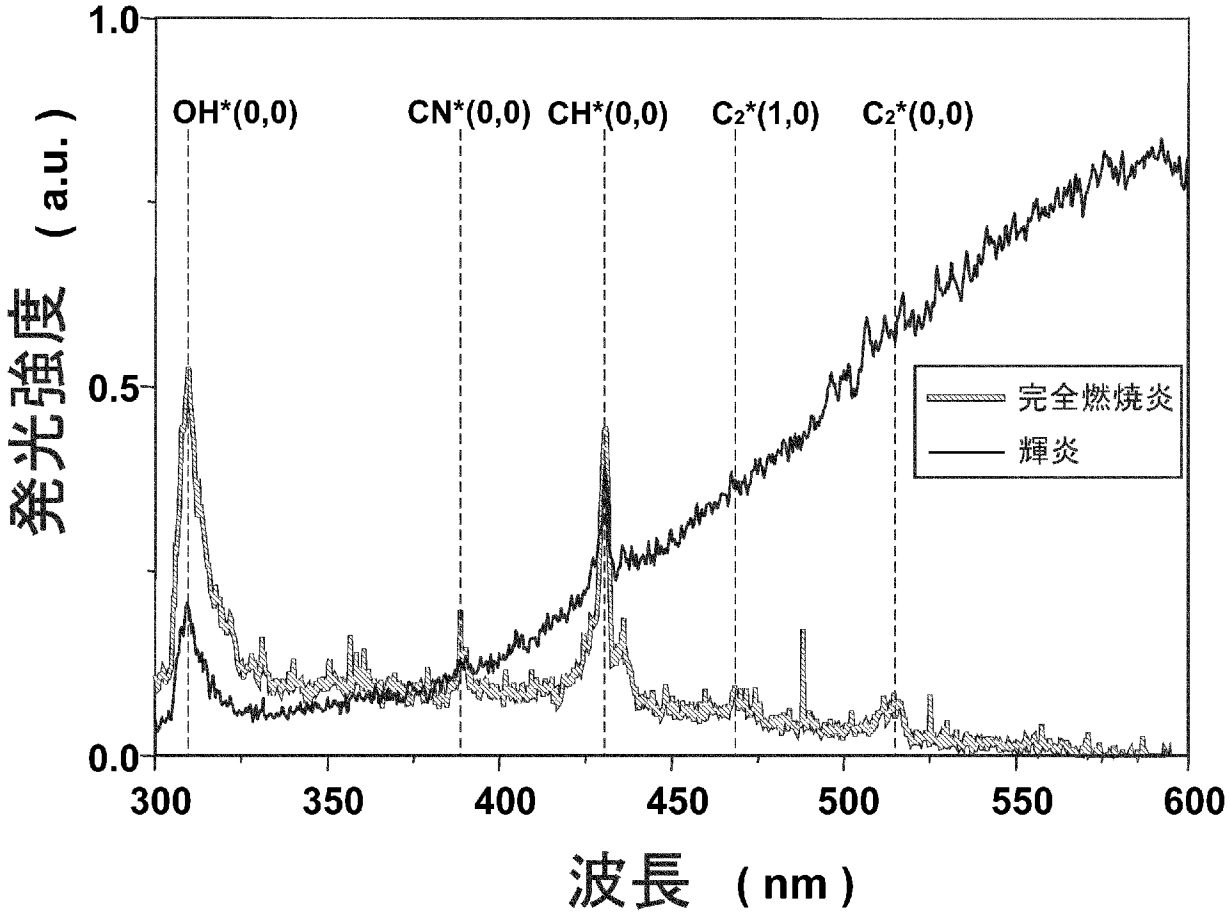
前記入力値を前記反応領域に与えるための調整手段とを備える

ことを特徴とする制御システム。

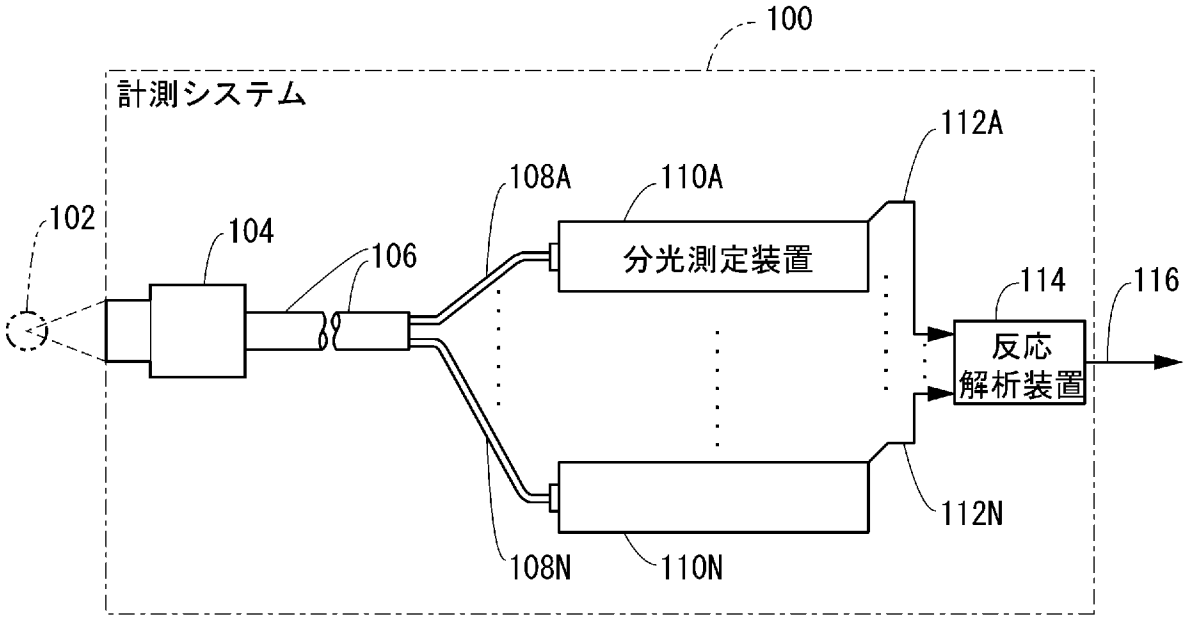
[40] 前記入力値は、吸気量、吸気湿度、酸化剤の供給圧力、酸化剤中の成分の混合比率、燃料供給量、燃料供給速度、燃料供給位置、燃料供給方向、燃料供給タイミング、燃料粒径、燃料貫通度、混合度、バルブタイミング、バルブ間での開閉の相対時間差、着火タイミング、着火のための投入エネルギ、スワール強さ、タンブル強さ、点火プラグ近傍の作動流体の乱れの強さ、稼働させる計器の種類、稼働させる計器の数量、稼働させる計器の配置、排気再循環量、再循環される排気の温度、排気管圧力、後燃え、排気の定性的成分、排気の定量的成分、及び圧力波の振動からなる群より選ばれる一以上の値である

ことを特徴とする請求項39記載の制御システム。

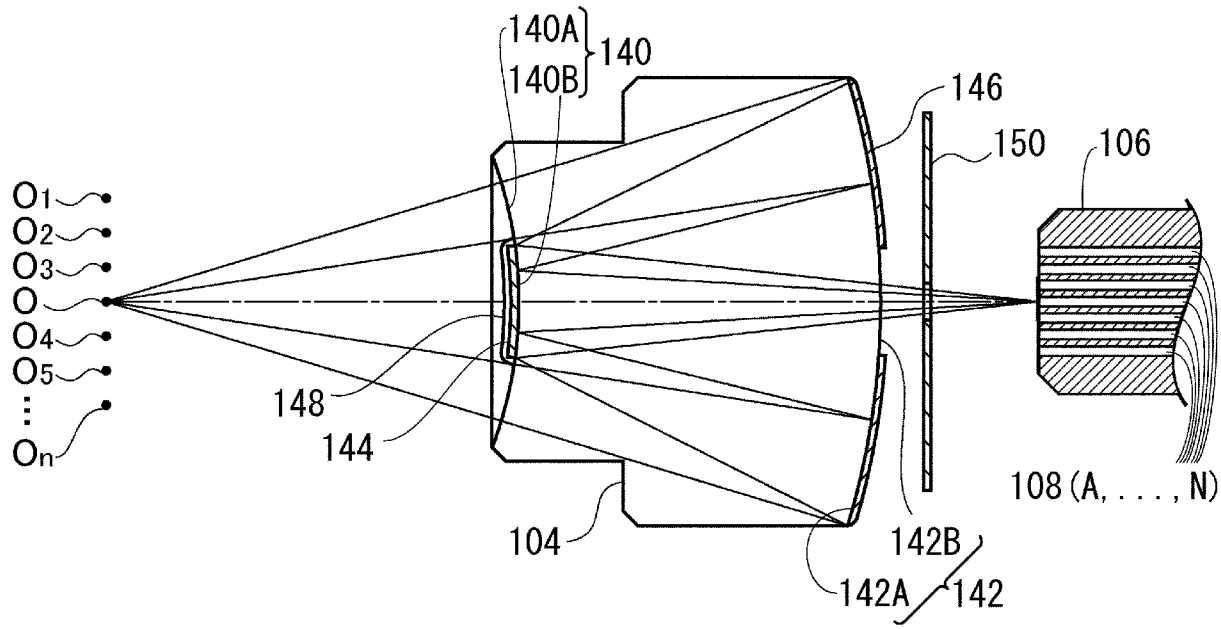
[図1]


1.0
0.5
0.0
発光強度 (a.u.)
OH*(0,0)
CN*(0,0)
CH*(0,0)
C2*(1,0)
C2*(0,0)
完全燃焼炎
輝炎
300
350
400
450
500
550
600
波長 (nm)

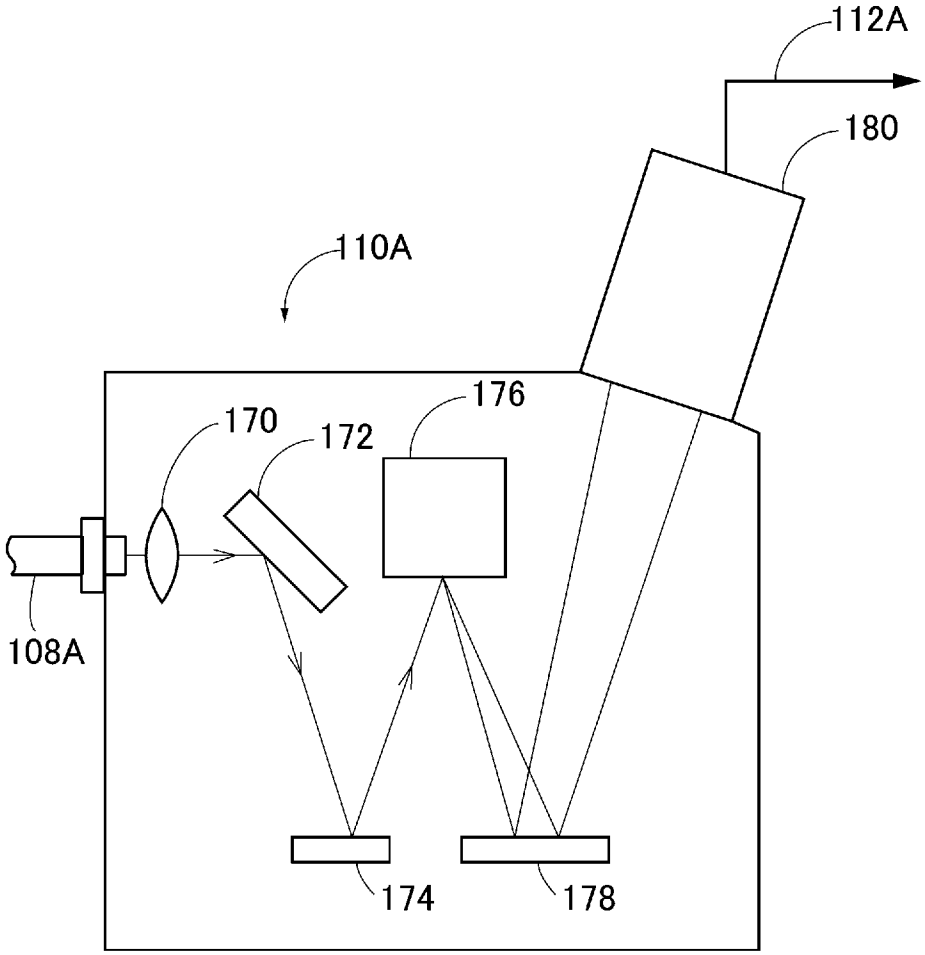
[図2]


100
計測システム
102
104
106
108A
110A
分光測定装置
112A
114
116
反応
解析装置
112N
108N
110N

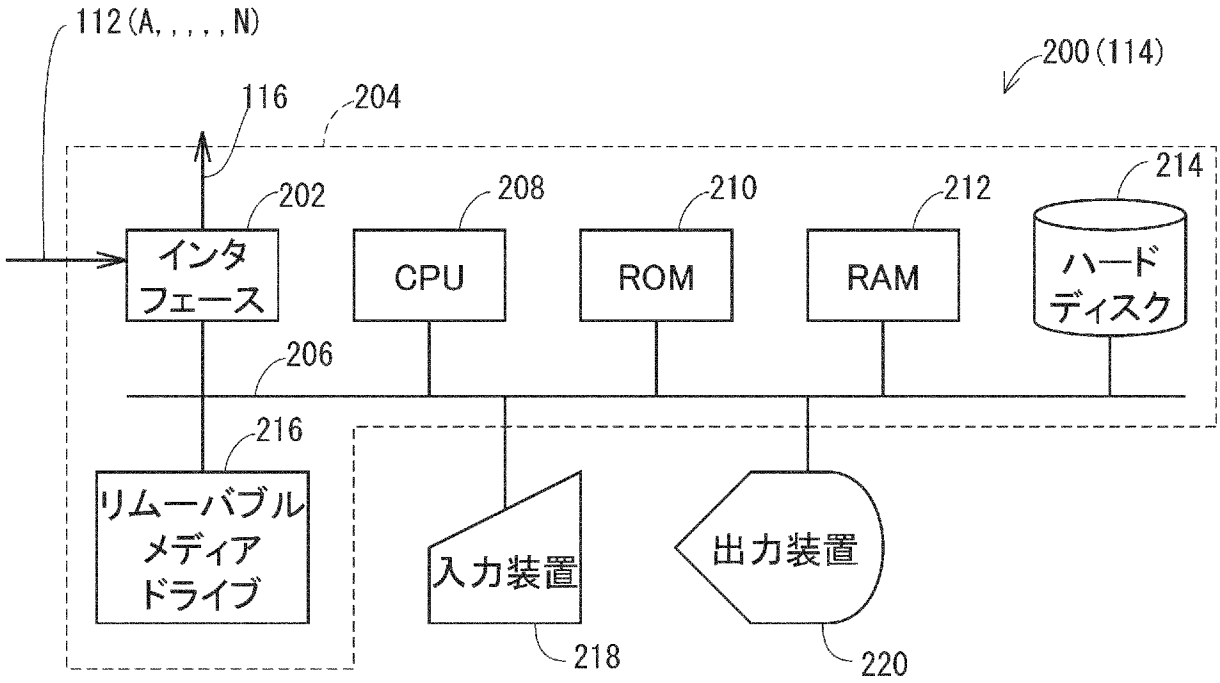
[図3]


140A
140B
140
146
150
106
O1
O2
O3
O
O4
O5
On
148
144
104
142B
142A
142
108 (A, . . . , N)

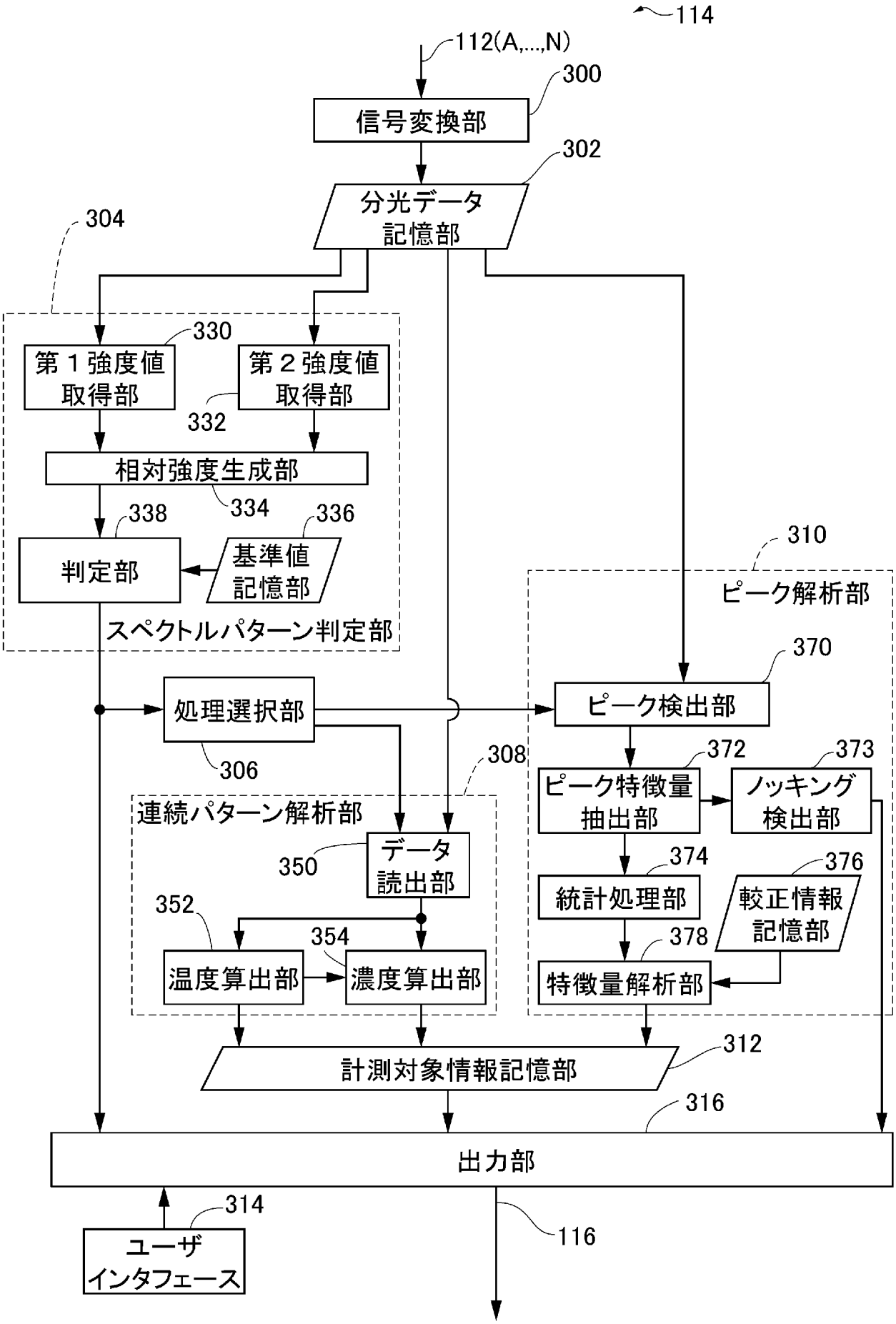
[図4]


112A
180
110A
176
170
172
108A
174
178

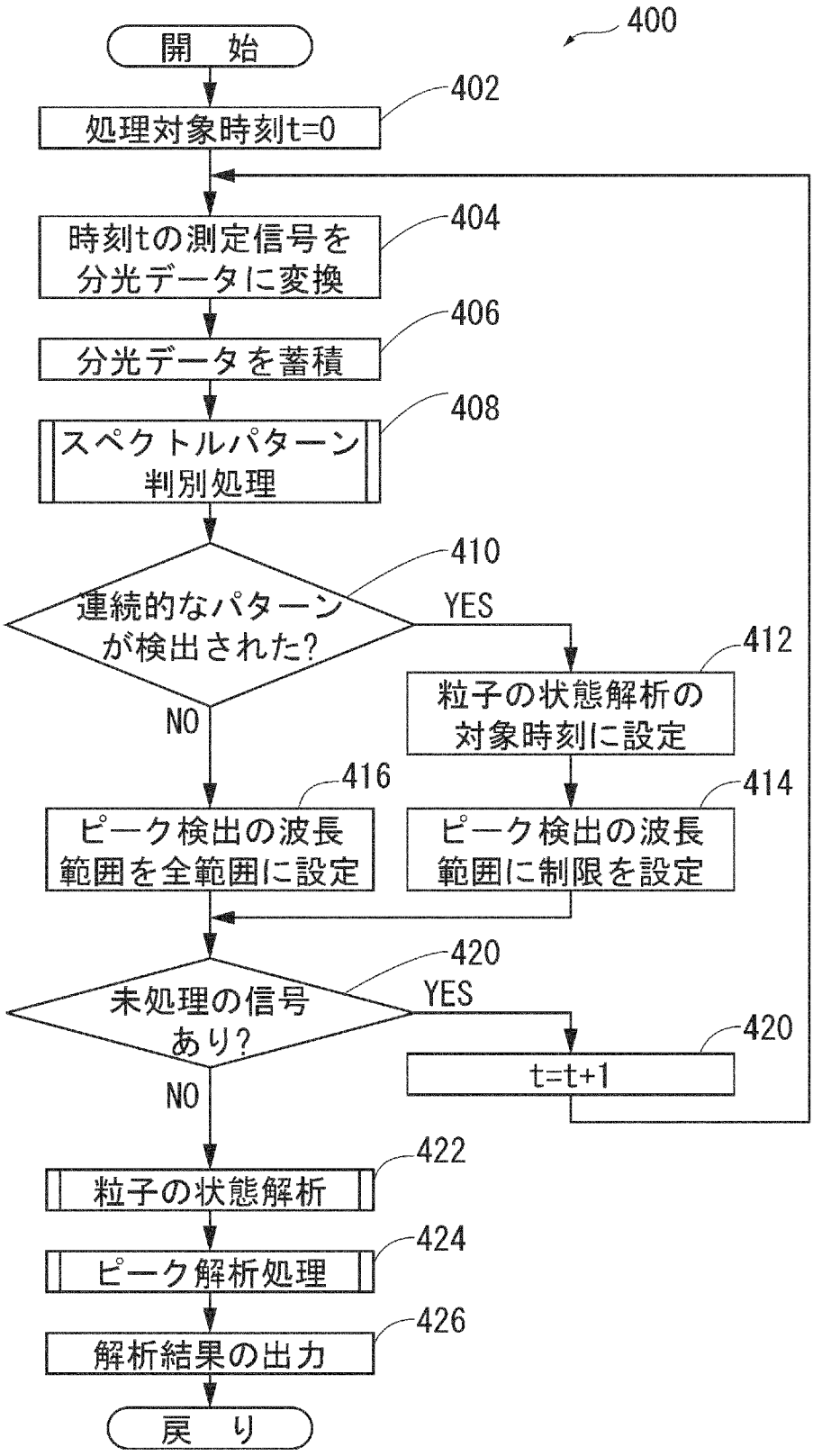
[図5]


112(A, , , , , N)
200(114)
116
204
202
208
210
212
214
インタフェース
CPU
ROM
RAM
ハードディスク
206
216
リムーバブルメディアドライブ
入力装置
出力装置
218
220

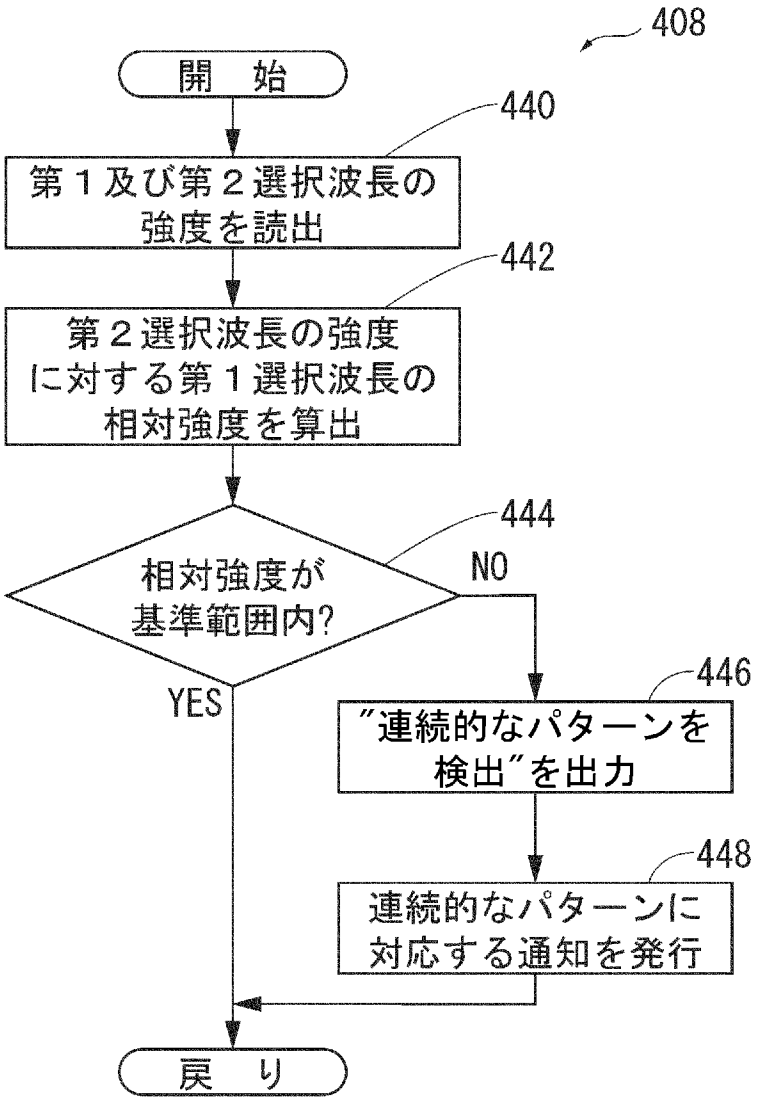
[図6]


114
112(A,...,N)
300
信号変換部
302
分光データ記憶部
304
330
第１強度値取得部
第２強度値取得部
332
相対強度生成部
334
338
336
判定部
基準値記憶部
スペクトルパターン判定部
310
ピーク解析部
370
処理選択部
ピーク検出部
306
308
372
373
ピーク特徴量抽出部
ノッキング検出部
連続パターン解析部
350
データ読出部
374
376
統計処理部
較正情報記憶部
352
354
378
温度算出部
濃度算出部
特徴量解析部
312
計測対象情報記憶部
316
出力部
314
ユーザインタフェース
116

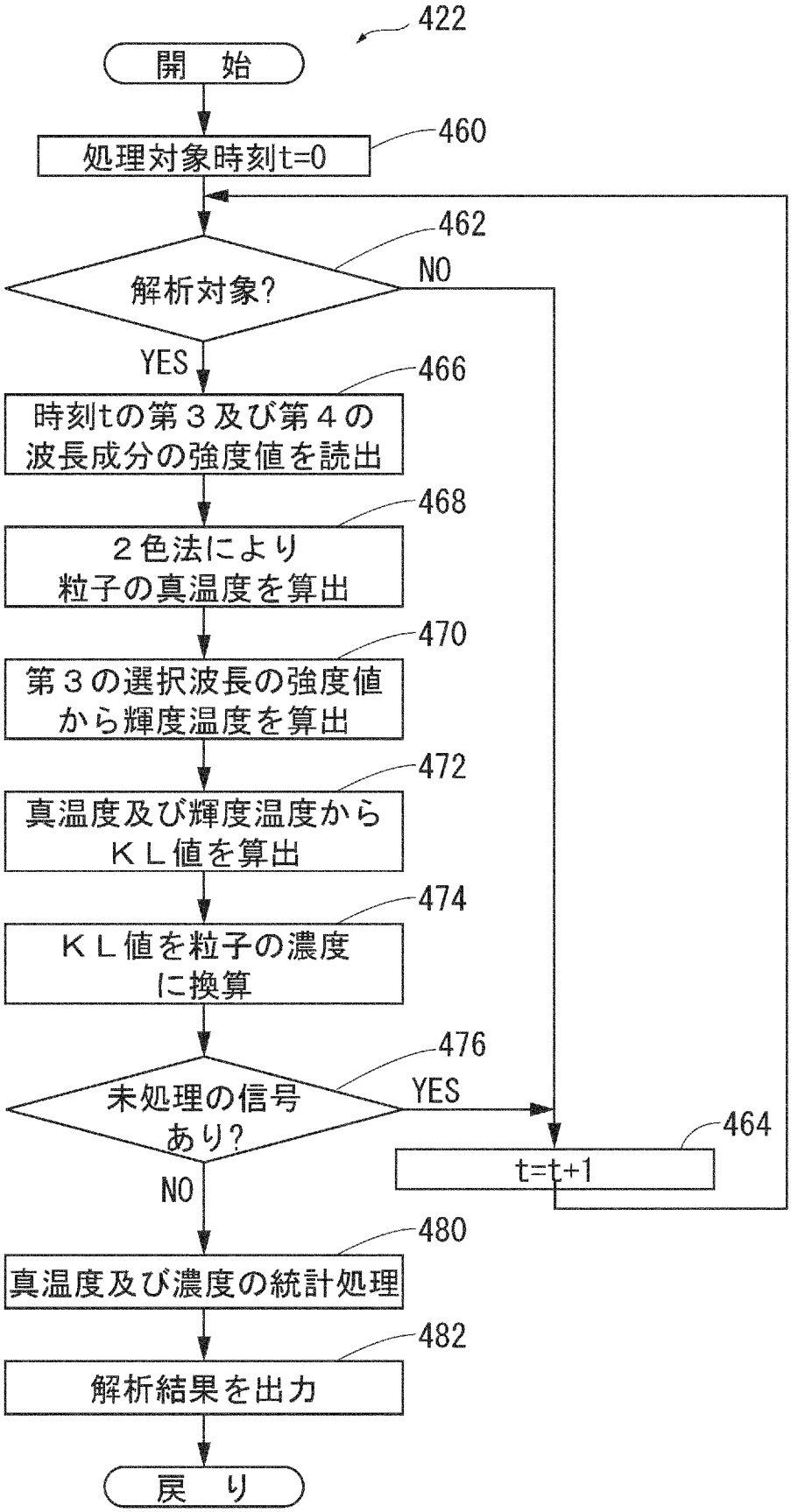
[図7]


400
開　始
402
処理対象時刻t=0
404
時刻tの測定信号を
分光データに変換
406
分光データを蓄積
408
スペクトルパターン
判別処理
410
連続的なパターン
が検出された?
YES
NO
412
粒子の状態解析の
対象時刻に設定
414
ピーク検出の波長
範囲に制限を設定
416
ピーク検出の波長
範囲を全範囲に設定
420
未処理の信号
あり?
YES
NO
420
t=t+1
422
粒子の状態解析
424
ピーク解析処理
426
解析結果の出力
戻　り

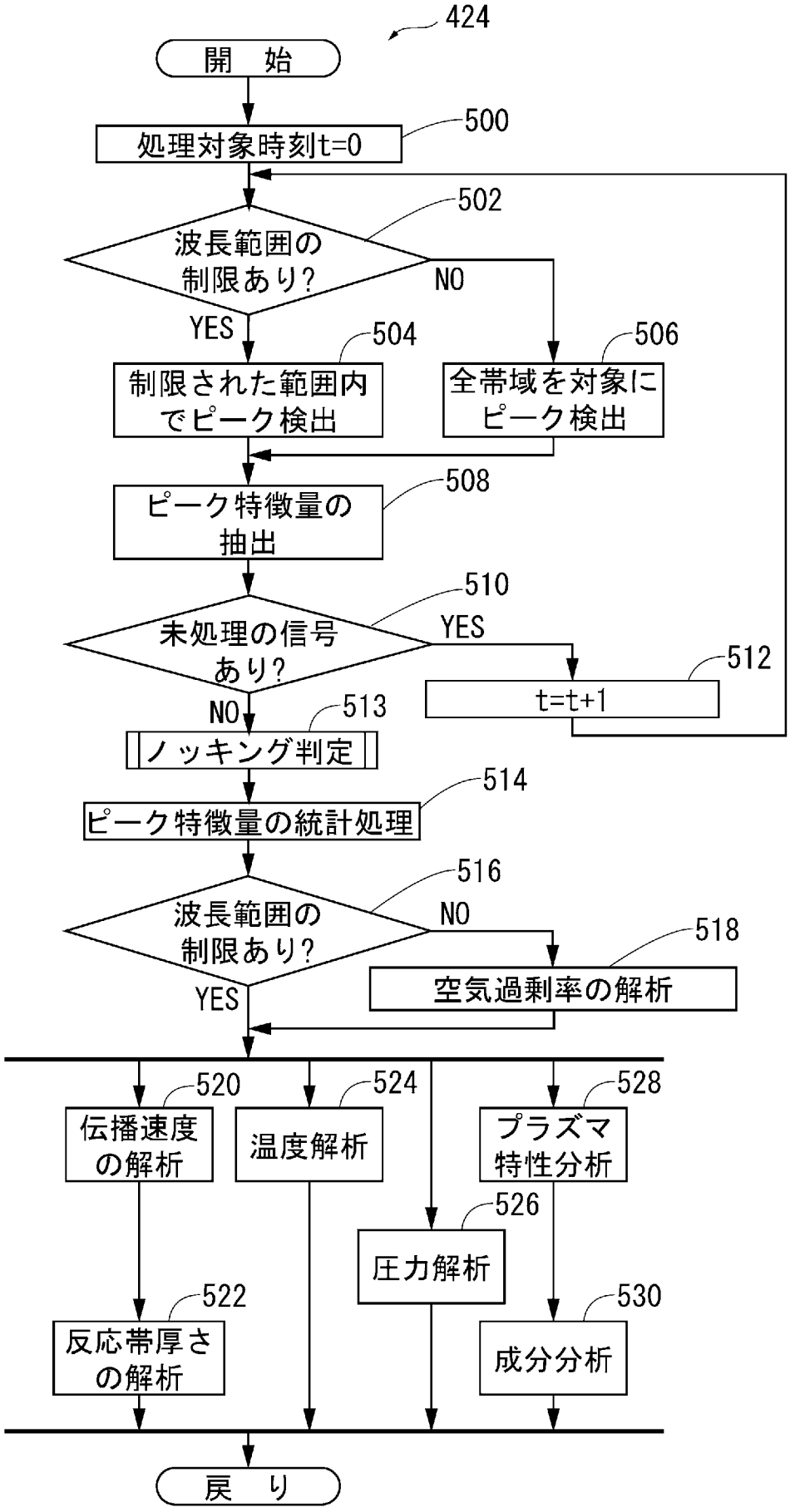
[図8]


408
開　始
440
第１及び第２選択波長の強度を読出
442
第２選択波長の強度に対する第１選択波長の相対強度を算出
444
相対強度が基準範囲内?
NO
YES
446
″連続的なパターンを検出″を出力
448
連続的なパターンに対応する通知を発行
戻　り

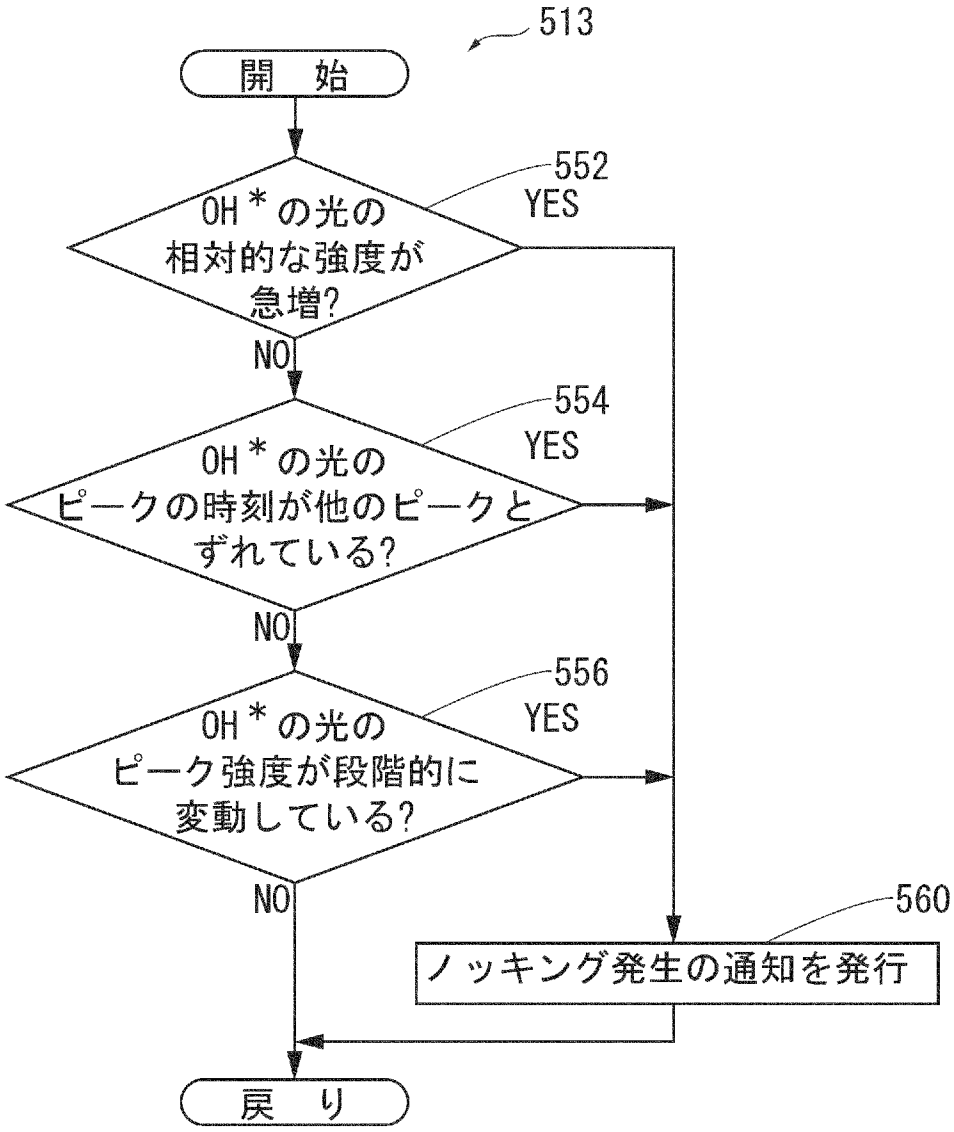
[図9]


422
開　始
処理対象時刻t=0
460
462
解析対象?
NO
YES
466
時刻tの第３及び第４の波長成分の強度値を読出
468
２色法により粒子の真温度を算出
470
第３の選択波長の強度値から輝度温度を算出
472
真温度及び輝度温度からＫＬ値を算出
474
ＫＬ値を粒子の濃度に換算
476
未処理の信号あり?
YES
NO
464
t=t+1
480
真温度及び濃度の統計処理
482
解析結果を出力
戻　り

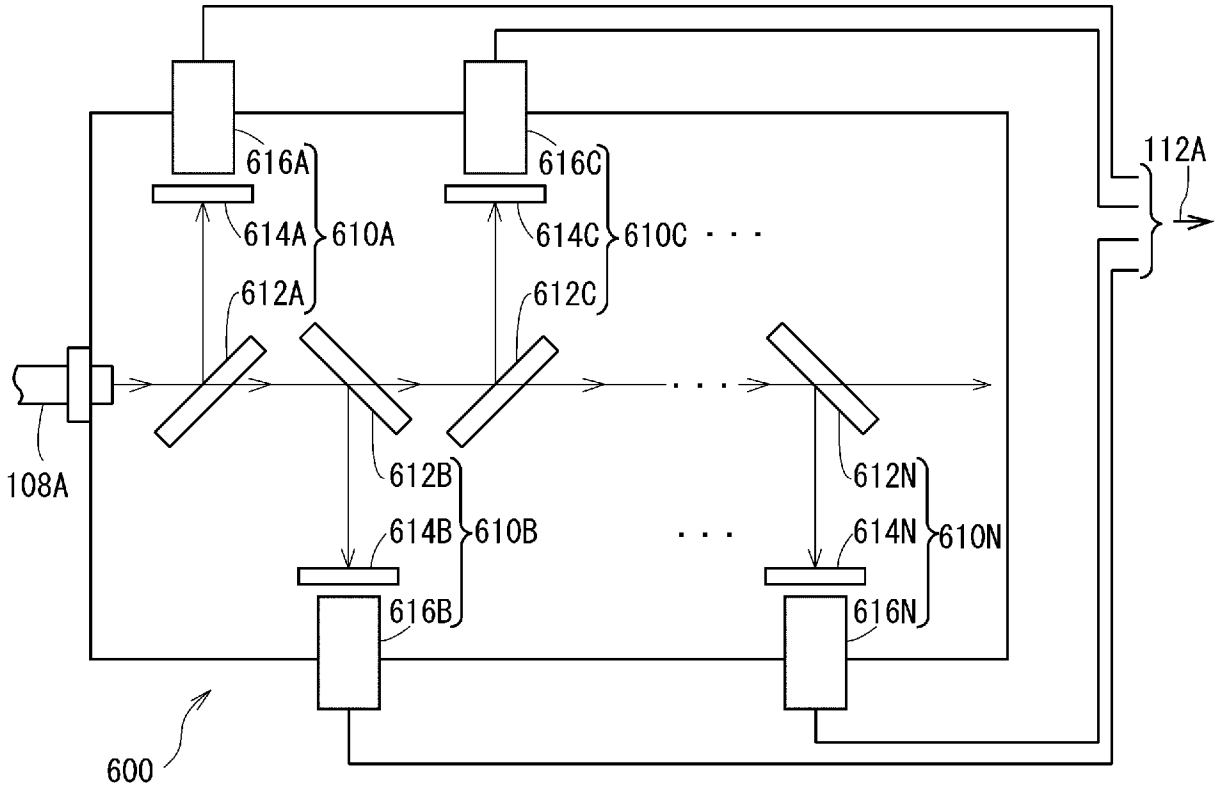
[図10]


424
開　始
処理対象時刻t=0
500
波長範囲の制限あり?
502
NO
YES
制限された範囲内でピーク検出
504
全帯域を対象にピーク検出
506
ピーク特徴量の抽出
508
未処理の信号あり?
510
YES
t=t+1
512
NO
ノッキング判定
513
ピーク特徴量の統計処理
514
波長範囲の制限あり?
516
NO
空気過剰率の解析
518
YES
伝播速度の解析
520
温度解析
524
プラズマ特性分析
528
圧力解析
526
反応帯厚さの解析
522
成分分析
530
戻　り

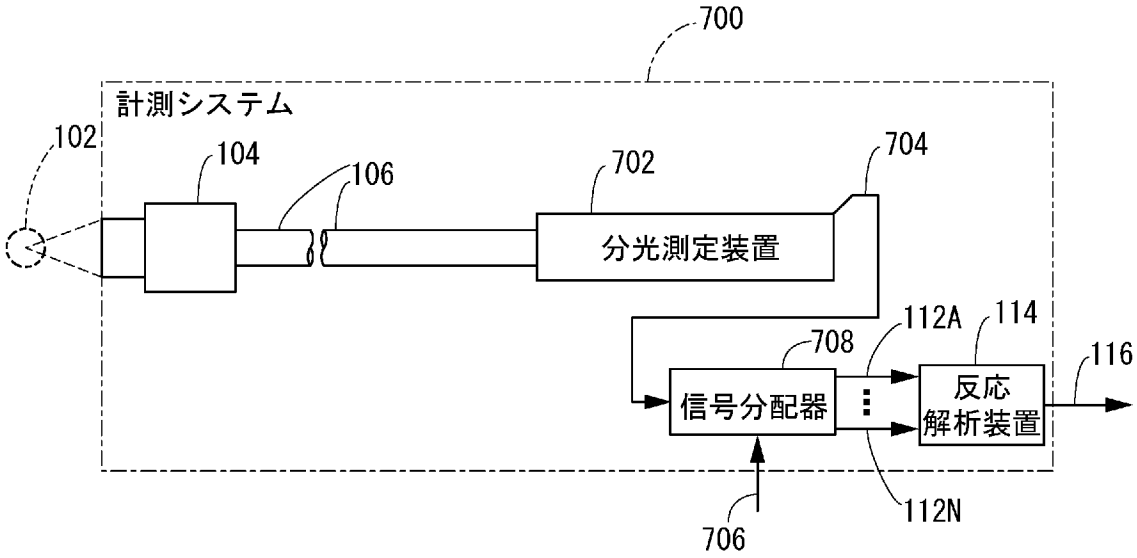
[図11]


513
開　始
552
YES
OH＊の光の
相対的な強度が
急増?
NO
554
YES
OH＊の光の
ピークの時刻が他のピークと
ずれている?
NO
556
YES
OH＊の光の
ピーク強度が段階的に
変動している?
NO
560
ノッキング発生の通知を発行
戻　り

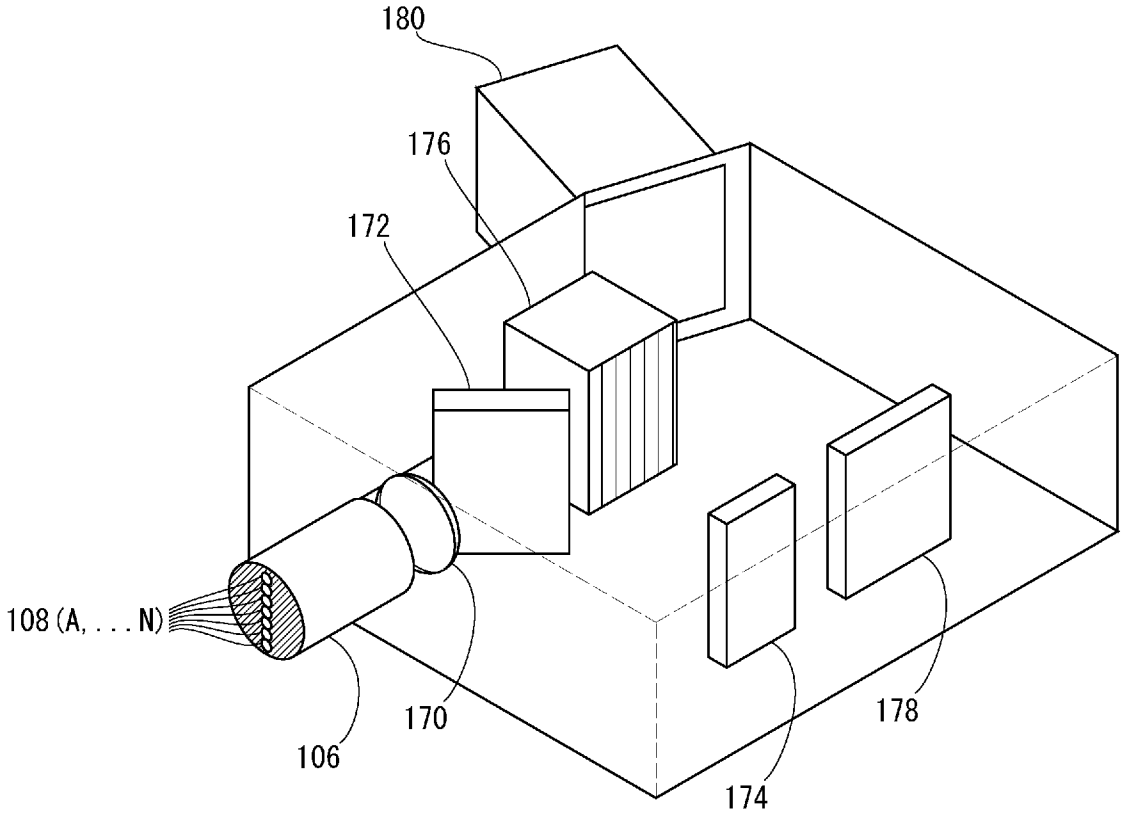
[図12]


616A
616C
112A
614A
610A
614C
610C
612A
612C
108A
612B
612N
614B
610B
614N
610N
616B
616N
600

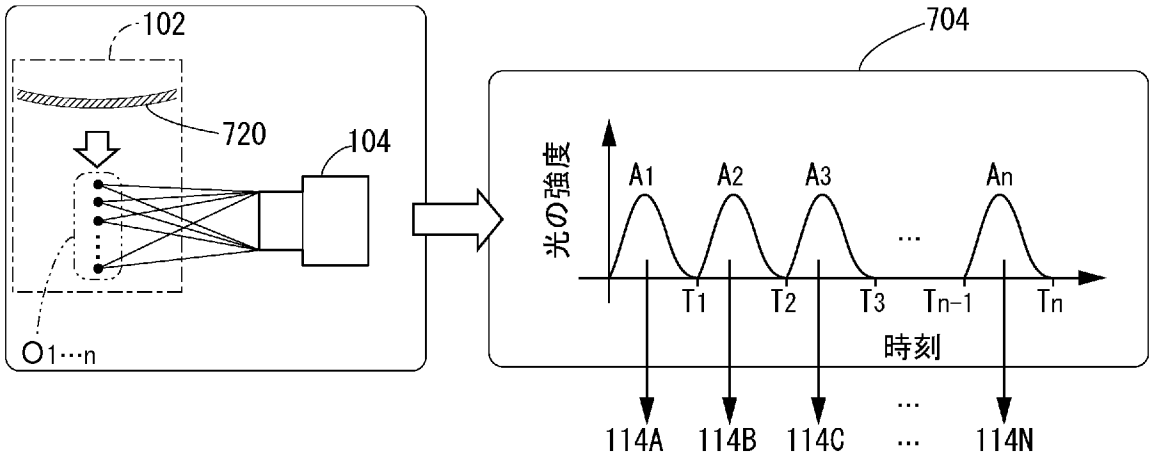
[図13]


700
計測システム
102
104
106
702
704
分光測定装置
112A
114
708
116
信号分配器
反応
解析装置
706
112N

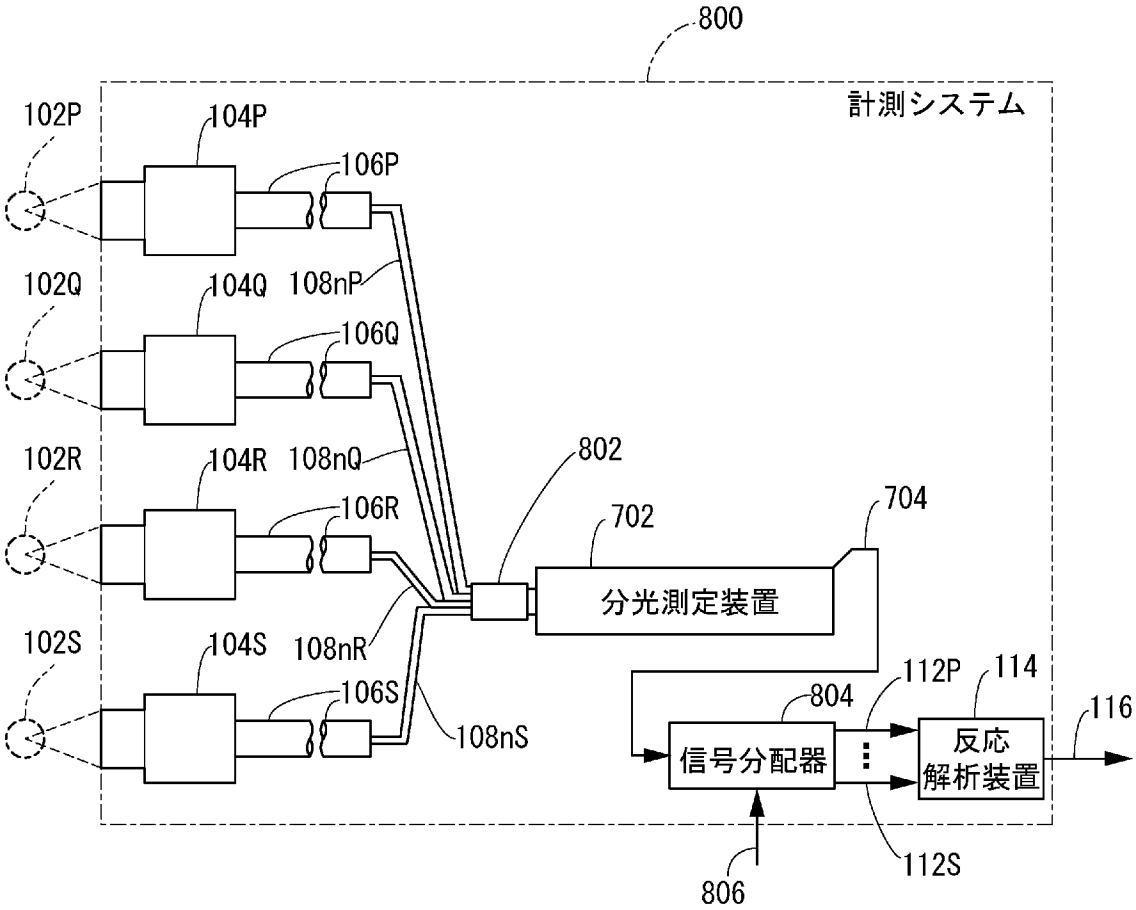
[図14]


180
176
172
108 (A, . . . N)
106
170
178
174

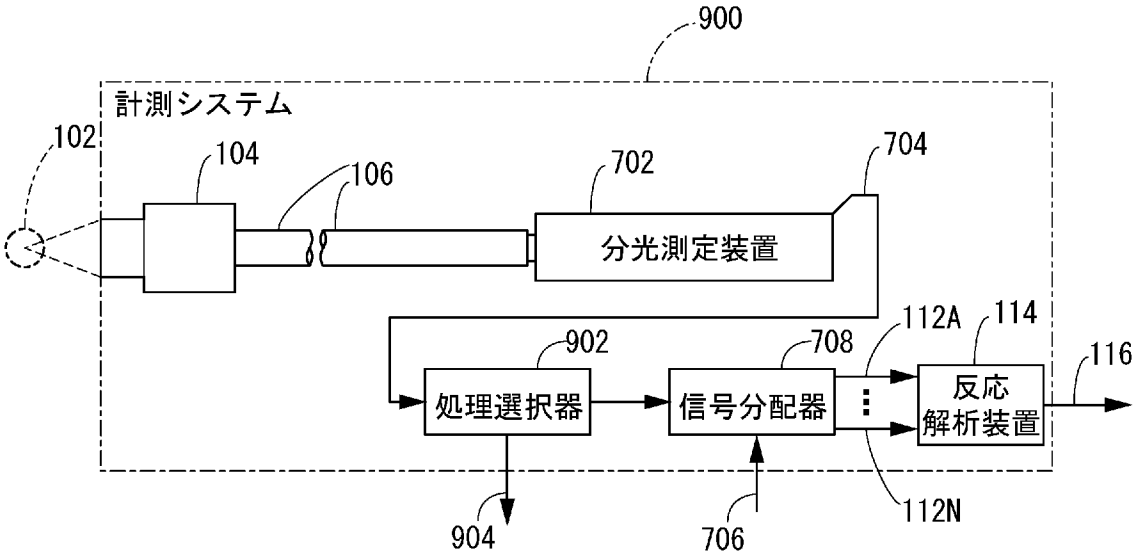
[図15]


102
720
104
O1…n
704
光の強度
A1
A2
A3
An
T1
T2
T3
Tn-1
Tn
時刻
114A
114B
114C
114N

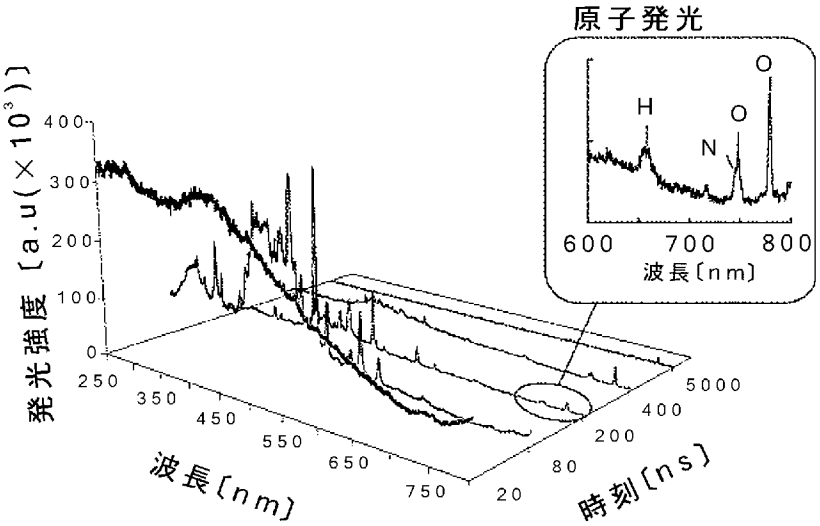
[図16]


800
計測システム
102P
104P
106P
102Q
104Q
108nP
106Q
102R
104R
108nQ
106R
802
702
704
分光測定装置
102S
104S
108nR
106S
108nS
112P
114
804
信号分配器
反応
解析装置
116
112S
806

[図17]


900
計測システム
102
104
106
702
704
分光測定装置
112A
114
902
708
処理選択器
信号分配器
反応
解析装置
116
112N
904
706

[図18]


原子発光
H
O
N
O
600
700
800
波長〔nm〕
発光強度〔a.u(×10³)〕
400
300
200
100
0
250
350
450
550
650
750
波長〔nm〕
5000
400
200
80
20
時刻〔ns〕

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2007/072329

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01N21/71(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)
G01N21/62-G01N21/83, F23N5/00-F23N5/26, F01D25/00

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 1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2008 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2008

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JST7580(JDream2), JSTPlus(JDream2)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2006-292524 A (Imagineering, Inc.), 26 October, 2006 (26.10.06), Par. Nos. [0003], [0131] to [0155], [0179] to [0207], [0225]; Figs. 2, 7, 13, 14, 17 (Family: none)	1,2,12,13, 16,17,20-23, 26-28,33, 35-40 3-10,18,19
X Y	JP 2005-226893 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 25 August, 2005 (25.08.05), Claim 1; Par. No. [0036] (Family: none)	1,2,12,13, 26,33,35-40 3-10,18,19
X Y	JP 2000-179843 A (Babcock-Hitachi Kabushiki Kaisha), 27 June, 2000 (27.06.00), Claim 1; Par. Nos. [0008], [0043] (Family: none)	1,12,13,26, 33,35,36 3-10,18,19

☒ 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	Date of mailing of the international search report
17 January, 2008 (17.01.08)	05 February, 2008 (05.02.08)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2007/072329

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 11-166722 A (The High Pressuer Gas Safety Institute of Japan), 22 June, 1999 (22.06.99), Claim 5 (Family: none)	1,12,13,26, 33,35,36 3-10,18,19
X Y	Yuji IKEDA et al., "Methane· Kuki Oyobi Propane· Kukisoryu Yokongo Kaen no Kyokusho Jihakko Spectrum Keisoku", Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series B, 25 January, 2003 (25.01.03), Vol.69, No.677, pages 200 to 206	1,2,12,13, 23,26-28,32, 33,35,36 3-10,18,19
Y	JP 62-276421 A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 01 December, 1987 (01.12.87), Page 3, upper left column, line 15 to lower right column, line 17 (Family: none)	3-10,18,19
Y	JP 2005-164128 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 23 June, 2005 (23.06.05), Claims 1, 2; Par. Nos. [0025] to [0050] (Family: none)	3-10,18,19

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００７／０７２３２９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01N21/71(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.　G01N21/62-G01N21/83, F23N5/00-F23N5/26,　F01D25/00

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	１９７１－２００８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００８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）

JST7580(JDream2), JSTPlus(JDream2)

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	関連する請求の範囲の番号
X	JP 2006-292524 A（イマジニアリング株式会社）2006.10.26 【０００３】、【０１３１】－【０１５５】、 【０１７９】－【０２０７】、【０２２５】、	1,2,12,13,16,17,20-23,26-28,33,35-40
Y	第２，７，１３，１４，１７図（ファミリーなし）	3-10,18,19
X	JP 2005-226893 A（川崎重工業株式会社）2005.08.25 【請求項１】、【００３６】（ファミリーなし）	1,2,12,13,26,33,35-40
Y		3-10,18,19

☑　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 １７．０１．２００８	国際調査報告の発送日 ０５．０２．２００８
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 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）　2W　9706 横井　亜矢子 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	関連する請求の範囲の番号
X	JP 2000-179843 A（バブコック日立株式会社）2000.06.27 【請求項１】、【０００８】、【００４３】（ファミリーなし）	1,12,13,26,33,35,36
Y		3-10,18,19
X	JP 11-166722 A（高圧ガス保安協会）1999.06.22 【請求項５】（ファミリーなし）	1,12,13,26,33,35,36
Y		3-10,18,19
X	池田裕二　他２名，メタン・空気およびプロパン・空気層流予混合火炎の局所自発光スペクトル計測，日本機械学会論文集Ｂ編，2003.01.25，第69巻／第677号，第200-206頁	1,2,12,13,23,26-28,32,33,35,36
Y		3-10,18,19
Y	JP 62-276421 A（石川島播磨重工業株式会社）1987.12.01 第３頁左上欄第１５行－右下欄第１７行（ファミリーなし）	3-10,18,19
Y	JP 2005-164128 A（川崎重工業株式会社）2005.06.23 【請求項１】、【請求項２】、【００２５】－【００５０】（ファミリーなし）	3-10,18,19