(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2012-177612
(P2012-177612A)
(43)公開日　平成24年9月13日(2012.9.13)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
G01N 21/35	(2006.01)	G01N	21/35	Z	2G059
G01N 21/39	(2006.01)	G01N	21/39		

審査請求 未請求　請求項の数 12　ＯＬ　（全 17 頁）

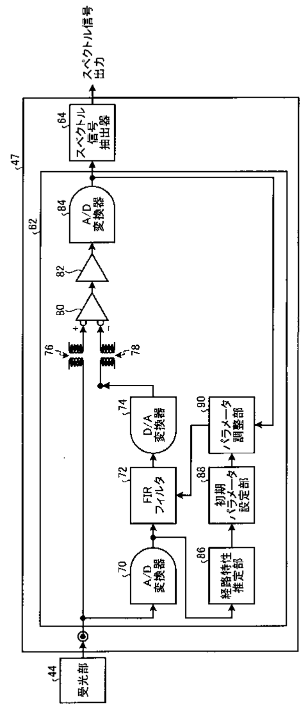
(21)出願番号　特願2011-40514(P2011-40514)
(22)出願日　平成23年2月25日(2011.2.25)

(71)出願人　000006208
三菱重工業株式会社
東京都港区港南二丁目１６番５号
(71)出願人　595107944
株式会社ローラン
大阪市北区東天満１丁目４番１６号　都市計画合同ビル２Ｆ
(74)代理人　100089118
弁理士　酒井　宏明
(74)代理人　100118762
弁理士　高村　順
(72)発明者　近藤　明生
東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】信号処理装置およびレーザ計測装置

(57)【要約】
【課題】受光信号から所望の信号成分を高い精度で検出することができる信号処理装置およびレーザ計測装置を提供すること。
【解決手段】フィルタ処理部が、設定周波数の成分を含むデジタルの信号を供給する信号供給部と、信号供給部から設定周波数の成分を抽出するフィルタ特性を変更可能なデジタルフィルタと、デジタルフィルタで処理された信号を変換するＤ／Ａ変換器と、受光信号からＤ／Ａ変換器から出力された信号を減算し、受光信号から設定された周波数成分を減算する減算処理部と、減算処理部から出力された信号を変換し、変換した信号をスペクトル信号抽出器に出力するＡ／Ｄ変換器と、Ａ／Ｄ変換器からスペクトル信号抽出器に出力する信号を取得し、当該信号に含まれる前記設定周波数の成分に基づいて前記デジタルフィルタのパラメータを調整する所定の時間応答でパラメータ調整部と、を有すること。
【選択図】図２



【特許請求の範囲】
【請求項１】
流体が流れる計測セルと、測定対象のガスに固有な吸収波長を含む波長域のレーザ光を変調周波数で波長を変調しつつ出力し、前記計測セルに入射させる発光部と、前記入射部から入射され、前記計測セルを通過し、前記出射部から出射された前記レーザ光を受光し、受光した光量を受光信号として出力する受光部と、を有し、前記受光信号に基づいて前記計測セルを流れる測定対象のガスの物理量を算出するレーザ計測装置に適用され、
前記受光部が受光した受光信号を処理し、前記計測セルを流れる測定対象のガスの物理量の算出に用いるスペクトル信号を出力する信号処理装置であって、
前記指定周波数よりも出力が大きい設定周波数の出力を低減するフィルタ処理部と、前記フィルタ処理部で処理された信号にスペクトル信号抽出処理を行い、前記スペクトル信号を抽出するスペクトル信号抽出器と、を含み、
前記フィルタ処理部は、
前記設定周波数の成分を含むデジタルの信号を供給する信号供給部と、
前記信号供給部から前記設定周波数の成分を抽出するフィルタ特性を変更可能なデジタルフィルタと、
前記デジタルフィルタで処理された信号をデジタルからアナログに変換するＤ／Ａ変換器と、
前記受光信号から、前記Ｄ／Ａ変換器から出力された信号を減算し、前記受光信号から設定された周波数成分を減算する減算処理部と、
前記減算処理部から出力された信号をアナログからデジタルに変換し、変換した信号を前記スペクトル信号抽出器に出力するＡ／Ｄ変換器と、
前記Ａ／Ｄ変換器から前記スペクトル信号抽出器に出力する信号を取得し、当該信号に含まれる前記設定周波数の成分に基づいて前記デジタルフィルタのパラメータを所定の時間応答で調整するパラメータ調整部と、を有することを特徴とする信号処理装置。
【請求項２】
前記信号供給部は、前記受光信号をアナログからデジタルに変換し、変換したデジタルの信号を前記デジタルフィルタに供給する受光信号Ａ／Ｄ変換器であることを特徴とする請求項１に記載の信号処理装置。
【請求項３】
前記信号供給部は、前記指定周波数成分以外の設定周波数の成分を含むデジタルの信号を生成する信号生成部であることを特徴とする請求項１に記載の信号処理装置。
【請求項４】
前記設定周波数は、前記変調周波数であることを特徴とする請求項１から３のいずれか一項に記載の信号処理装置。
【請求項５】
前記デジタルフィルタは、ＦＩＲフィルタであることを特徴とする請求項１から４のいずれか一項に記載の信号処理装置。
【請求項６】
前記パラメータ調整部は、当該信号に含まれる前記設定周波数の成分をＬＭＳアルゴリズムで処理し、処理結果に基づいて前記パラメータを調整することを特徴とする請求項１から５のいずれか一項に記載の信号処理装置。
【請求項７】
前記信号処理部は、前記受光信号から経路特性を推定する特性推定部と、
前記特性推定部で検出した経路特性に基づいて初期パラメータを算出する初期パラメータ設定部と、をさらに有し、
前記パラメータ調整部は、前記初期パラメータ設定部で算出された初期パラメータに基づいて前記デジタルフィルタのパラメータを調整することを特徴とする請求項１から６のいずれか一項に記載の信号処理装置。
【請求項８】

前記特性推定部は、前記受光信号をデジタル信号に変換した信号を処理して経路特性を推定することを特徴とする請求項７に記載の信号処理装置。

【請求項９】

前記指定周波数は、前記変調周波数を整数倍した周波数であることを特徴とする請求項１から８のいずれか一項に記載の信号処理装置。

【請求項１０】

請求項１から９のいずれか一項に記載の信号処理装置と、

流体を流す流路と連結可能な主管、前記主管に連結し、光が通過可能な窓部が形成された入射部、前記主管に連結し光が通過可能な窓部が形成された出射部と、を含む計測セルと、

測定対象のガスに固有な吸収波長を含む波長域のレーザ光を変調周波数で波長を変調しつつ出力し、前記入射部に入射させる発光部と、

前記入射部から入射され、前記計測セルを通過し、前記出射部から出射された前記レーザ光を受光し、受光した光量を受光信号として出力する受光部と、

前記スペクトル信号に基づいて、前記計測セルを流れる測定対象のガスの物理量を算出する物理量算出部と、

各部の動作を制御する制御部と、を有することを特徴とするレーザ計測装置。

【請求項１１】

前記物理量算出部が算出する物理量は、前記測定対象のガスの濃度であることを特徴とする請求項１０に記載のレーザ計測装置。

【請求項１２】

前記物理量算出部は、前記発光部から出力したレーザ光の強度と、前記受光部で受光したレーザ光の強度とに基づいて、前記測定対象のガスの濃度を算出することを特徴とする請求項１１に記載のレーザ計測装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、レーザ吸収分光法により測定対象のガスの物理量を算出するレーザ計測に用いる信号処理装置およびレーザ計測装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

管路内を流れるガス（気体）を分析する方法として、レーザ光を測定光として用いる方法がある。例えば、特許文献１には、一定電流に重畳された第１の交流成分を有する電流で変調され、温度に応じて波長が変化するレーザ光を発振するレーザと、検知雰囲気通過後のレーザ光の強度を電圧に変換する光強度電圧変換器と、該光強度電圧変換器の出力電圧を位相敏感検波する２つの位相敏感検波器と、一方の位相敏感検波器から得られる１次の位相敏感検波信号と他方の位相敏感検波器から得られる２次の位相敏感検波信号とに基づいて検知雰囲気の濃度を検知するガス検知装置が記載されている。

【０００３】

また、特許文献２には、レーザ光を出射するレーザ素子と、レーザ光を基本波で周波数変調する周波数変調部と、周波数変調されたレーザ光を検出する光検出部と、光検出部にて検出されたレーザ光から基本波成分を検出する基本波成分検出部と、光検出部にて検出されたレーザ光から２倍波成分を検出する２倍波成分検出部と、光検出部にて検出された基本波成分と２倍波成分との振幅比に基づいて測定対象ガスの濃度を算出するガス濃度算出部と、を有するガス濃度測定装置が記載されている。また、当該ガス濃度測定装置は、レーザ光から検出された基本波成分と２倍波成分との振幅比を算出する振幅比算出部と、基本波成分と２倍波成分との振幅比に基づいてレーザ素子の温度を設定する温度設定部と、吸収ピーク波長からシフトされた波長を基準とする波長変調を行った時の基本波成分と２倍波成分との振幅比に基づいてレーザ素子の駆動電流を制御する駆動電流制御部とを備える。

【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特許第２７９６６４９号明細書
【特許文献２】特開２００８－１４７５５７号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
特許文献１および特許文献２に記載されているように、測定光として波長変調を行いつつ出力したレーザ光を用い、当該レーザ光の吸収を計測することで、測定対象物質の濃度等の物理量を計測することができる。レーザ光を用いてガス濃度を計測することで高い応答性でガス濃度を計測することができる。
【０００６】
受光部がレーザ光を受光して生成する受光信号には、種々のノイズが含まれる。そのため、受光信号からノイズを除去し、必要な成分（例えば波長変調を行う変調周波数に対応する信号成分）を抽出するために各種信号処理を行う。この信号処理としては、ロックインアンプで、ロックイン処理およびローパス処理を行い特定のスペクトル信号を抽出する方法がある。しかしながら、検出対象の信号はノイズに対して出力が小さいため、高精度な検出を行う場合は、ロックインアンプによる処理前にＦＩＲフィルタや、バンドパスフィルタ等を設け、ロックインアンプの処理対象の周波数成分を抽出する、つまりロックインアンプの処理対象の周波数成分以外の周波数成分を低減させる処理を行う。
【０００７】
ここで、ＦＩＲフィルタやバンドパスフィルタを用いた処理では、ノイズを十分に低減できない場合があったり、ノイズを十分に低減するために多くの計算を実行する必要があったりする。
【０００８】
本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、受光信号から所望の信号成分を高い精度で検出することができる信号処理装置およびレーザ計測装置を提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００９】
上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、流体が流れる計測セルと、測定対象のガスに固有な吸収波長を含む波長域のレーザ光を変調周波数で波長を変調しつつ出力し、前記計測セルに入射させる発光部と、前記入射部から入射され、前記計測セルを通過し、前記出射部から出射された前記レーザ光を受光し、受光した光量を受光信号として出力する受光部と、を有し、前記受光信号に基づいて前記計測セルを流れる測定対象のガスの物理量を算出するレーザ計測装置に適用され、前記受光部が受光した受光信号を処理し、前記計測セルを流れる測定対象のガスの物理量の算出に用いるスペクトル信号を出力する信号処理装置であって、前記指定周波数よりも出力が大きい設定周波数の出力を低減するフィルタ処理部と、前記フィルタ処理部で処理された信号にスペクトル信号抽出処理を行い、前記スペクトル信号を抽出するスペクトル信号抽出器と、を含み、前記フィルタ処理部は、前記設定周波数の成分を含むデジタルの信号を供給する信号供給部と、前記信号供給部から前記設定周波数の成分を抽出するフィルタ特性を変更可能なデジタルフィルタと、前記デジタルフィルタで処理された信号をデジタルからアナログに変換するＤ／Ａ変換器と、前記受光信号から、前記Ｄ／Ａ変換器から出力された信号を減算し、前記受光信号から設定された周波数成分を減算する減算処理部と、前記減算処理部から出力された信号をアナログからデジタルに変換し、変換した信号を前記スペクトル信号抽出器に出力するＡ／Ｄ変換器と、前記Ａ／Ｄ変換器から前記スペクトル信号抽出器に出力する信号を取得し、当該信号に含まれる前記設定周波数の成分に基づいて前記デジタルフィルタのパラメータを所定の時間応答で調整するパラメータ調整部と、を有することを特徴とす

る。

【００１０】

ここで、前記信号供給部は、前記受光信号をアナログからデジタルに変換し、変換したデジタルの信号を前記デジタルフィルタに供給する受光信号Ａ／Ｄ変換器であることが好ましい。

【００１１】

また、前記信号供給部は、前記指定周波数成分以外の設定周波数の成分を含むデジタルの信号を生成する信号生成部であることが好ましい。

【００１２】

また、前記設定周波数は、前記変調周波数であることが好ましい。

【００１３】

また、前記デジタルフィルタは、ＦＩＲフィルタであることが好ましい。

【００１４】

また、前記パラメータ調整部は、当該信号に含まれる前記設定周波数の成分をＬＭＳアルゴリズムで処理し、処理結果に基づいて前記パラメータを調整することが好ましい。

【００１５】

また、前記信号処理部は、前記受光信号から経路特性を推定する特性推定部と、前記特性推定部で検出した経路特性に基づいて初期パラメータを算出する初期パラメータ設定部と、をさらに有し、前記パラメータ調整部は、前記初期パラメータ設定部で算出された初期パラメータに基づいて前記デジタルフィルタのパラメータを調整することが好ましい。

【００１６】

また、前記特性推定部は、前記受光信号をデジタル信号に変換した信号を処理して経路特性を推定することが好ましい。

【００１７】

また、前記指定周波数は、前記変調周波数を整数倍した周波数であることが好ましい。

【００１８】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明はレーザ計測装置であって、上記のいずれかに記載の信号処理装置と、流体を流す流路と連結可能な主管、前記主管に連結し、光が通過可能な窓部が形成された入射部、前記主管に連結し光が通過可能な窓部が形成された出射部と、を含む計測セルと、測定対象のガスに固有な吸収波長を含む波長域のレーザ光を変調周波数で波長を変調しつつ出力し、前記入射部に入射させる発光部と、前記入射部から入射され、前記計測セルを通過し、前記出射部から出射された前記レーザ光を受光し、受光した光量を受光信号として出力する受光部と、前記スペクトル信号に基づいて、前記計測セルを流れる測定対象のガスの物理量を算出する物理量算出部と、各部の動作を制御する制御部と、を有することを特徴とする。

【００１９】

また、前記物理量算出部が算出する物理量は、前記測定対象のガスの濃度であることが好ましい。

【００２０】

また、前記物理量算出部は、前記発光部から出力したレーザ光の強度と、前記受光部で受光したレーザ光の強度とに基づいて、前記測定対象の物質の濃度を算出することが好ましい。

【発明の効果】

【００２１】

本発明にかかる信号処理装置およびレーザ計測装置は、受光信号から所望の信号成分を高い精度で検出することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【００２２】

【図１】図１は、本発明の信号処理装置を有するレーザ計測装置の一実施形態の概略構成を示す模式図である。

【図２】図２は、図１に示すレーザ計測装置の信号処理部の概略構成を示すブロック図である。
【図３】図３は、受光信号の出力分布を示すグラフである。
【図４】図４は、信号処理部の処理を説明するための説明図である。
【図５】図５は、信号処理部の処理を説明するための説明図である。
【図６】図６は、信号処理部の処理を説明するための説明図である。
【図７】図７は、信号処理部の処理を説明するための説明図である。
【図８】図８は、信号処理部の処理を説明するための説明図である。
【図９】図９は、信号処理部の処理を説明するための説明図である。
【発明を実施するための形態】
【００２３】
以下に、本発明にかかる信号処理装置およびレーザ計測装置の一実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施形態によりこの発明が限定されるものではない。なお、レーザ計測装置は、流路を流れる種々の気体（ガス）等の流体に含まれる測定対象の物質（ガス、特定の成分）の物理量（濃度、量）を計測することができる。レーザ計測装置は、例えば、ディーゼルエンジンに取付、ディーゼルエンジンから排出される排ガスに含まれる窒素酸化物、硫化酸化物、一酸化炭素、二酸化炭素、アンモニア等の濃度等を計測してもよい。なお、測定対象のガスを排出（供給）する装置は、これに限定されず、ガソリンエンジンや、ガスタービン等種々の内燃機関に用いることができる。また、内燃機関を有する装置としては、車両、船舶、発電機等種々の装置が例示される。さらに、レーザ計測装置は、ゴミ焼却炉、ボイラ等の燃焼機器から排出される排ガスに含まれる測定対象の物質の濃度等を計測することもできる。なお、以下の実施形態では、配管を流れる排ガスに含まれる測定物質の濃度を計測する場合として説明する。
【００２４】
図１は、本発明の信号処理装置を有するレーザ計測装置の一実施形態の概略構成を示す模式図である。図１に示すようにレーザ計測装置１０は、計測セル１２と、計測手段１４と、を有する。ここで、レーザ計測装置１０は、排ガスＡが流れる配管６と配管８との間に設けられている。また、排ガスＡは、配管６の上流側から供給され、配管６、レーザ計測装置１０、配管８を通過し、配管８よりも下流に排出される。なお、配管６の上流側には、排ガスの発生装置（供給装置）が配置されている。
【００２５】
計測セル１２は、基本的に主管２０と、入射管２２と、出射管２４とを有する。また、入射管２２には、窓２６が設けられており、出射管２４には、窓２８が設けられている。主管２０は、筒状の管状部材であり、一方の端部が配管６と連結され、他方の端部が配管８と連結されている。つまり、主管２０は、排ガスＡが流れる流路の一部となる位置に配置されている。これにより、排ガスＡは、配管６、主管２０、配管８の順に流れる。また、配管６を流れる排ガスＡは、基本的に全て主管２０を流れる。
【００２６】
入射管２２は、管状部材であり、一方の端部が主管２０に連結されている。また、主管２０は、入射管２２との連結部が、入射管２２の開口（端部の開口）と略同一形状の開口となっている。つまり、入射管２２は、主管２０と、空気の流通が可能な状態で連結されている。また、入射管２２の他方の端部には、窓２６が設けられており、窓２６により封止されている。なお、窓２６は、光を透過する部材、例えば、透明なガラス、樹脂等で構成されている。これにより、入射管２２は、窓２６が設けられている端部が、空気が流通しない状態で、かつ、光が透過できる状態となる。
【００２７】
入射管２２は、図１に示すように、窓２６側の端部の開口（つまり、窓２６により塞がれている開口）の面積と、主管２０側の端部（つまり、主管２０と連結している部分の開口）の面積とが実質的に同一の円筒形状である。なお、入射管２２の形状は円筒形状に限定されず、空気および光を通過させる筒型の形状であればよく、種々の形状とすることが

できる。例えば、断面が四角、多角形、楕円、非対称曲面となる形状としてもよい。また筒形状の断面の形状、径が位置によって変化する形状でもよい。

【００２８】

出射管２４は、入射管２２と略同一形状の管状部材であり、一方の端部が主管２０に連結され、出射管２４の他方の端部には、窓２８が設けられている。出射管２４も、主管２０と空気が流通可能な状態で、窓２８が設けられている端部が、空気が流通しない状態で、かつ、光が透過できる状態となる。また、出射管２４は、中心軸が入射管２２の中心軸と略同一となる位置に配置されている。つまり、入射管２２と出射管２４とは、主管２０の対向する位置に配置されている。

【００２９】

また、出射管２４も、窓２８側の端部の開口（つまり、窓２８により塞がれている開口）の面積と、主管２０側の端部（つまり、主管２０と連結している部分の開口）の面積とが実質的に同一の円筒形状である。なお、出射管２４も形状は円筒形状に限定されず、空気および光を通過させる筒型の形状であればよく、種々の形状とすることができる。例えば、断面が四角、多角形、楕円、非対称曲面となる形状としてもよい。また筒形状の断面の形状、径が位置によって変化する形状でもよい。なお、出射管２４も、後述するパージガスが安定して流れる形状とすることが好ましい。

【００３０】

次に、計測手段１４は、発光部４０と、光ファイバ４２と、受光部４４と、光源ドライバ４６と、信号処理部（信号処理装置）４７と、物理量算出部４８と、制御部５０と、を有する。なお、本実施形態では、信号処理部４７と、物理量算出部４８と、を別々に設けたが一体で（１つの処理部として）設けてもよい。また、光源ドライバ４６と、信号処理部４７と、物理量算出部４８と、制御部５０と、を一体で（１つの処理部として）設けてもよい。

【００３１】

発光部４０は、所定波長のレーザ光を出力（発光）させる発光素子を有する。なお、発光部４０の発光素子は、出力するレーザ光の出力波長（周波数）を所定の波長幅（周波数幅）で変化させることができる発光素子である。発光素子としては、波長可変の半導体レーザ素子（ＬＤ：Laser Diode）を用いることができる。発光部４０は、測定対象の物質が吸収する近赤外波長域を含む波長域のレーザ光を出力する。例えば、計測対象が一酸化窒素の場合、発光部４０は、一酸化窒素を吸収する近赤外波長域を含む波長域のレーザ光を出力する。また、計測対象が二酸化窒素の場合、発光部４０は、二酸化窒素を吸収する近赤外波長域の波長域を含むレーザ光を出力する。また、計測対象が亜酸化窒素の場合、発光部４０は、亜酸化窒素を吸収する近赤外波長域の波長域を含むレーザ光を出力する。なお、測定対象が複数の物質である場合、発光部４０は、夫々の物質が吸収する波長域の光を発光する発光素子を複数備え、それぞれの波長域の光を出力するようにしてもよい。光ファイバ４２は、発光部４０から出力されたレーザ光を案内し、窓２６から計測セル１２内に入射させる。

【００３２】

受光部４４は、計測セル１２の主管２０の内部を通過し、出射管２４の窓２８から出力されたレーザ光を受光する受光部である。なお、受光部４４は、例えば、フォトダイオード（ＰＤ、Photodiode）等の光検出器を備え、光検出器によってレーザ光を受光し、その光の強度を検出する。受光部４４は、受光したレーザ光の強度（光量）を受光信号として、信号処理部４７に送る。

【００３３】

光源ドライバ４６は、発光部４０を駆動する機能を有し、発光部４０に供給する電流、電圧を調整することで、発光部４０から出力されるレーザ光の波長、強度を調整する。光源ドライバ４６は、発振器であり、電流、電圧を所定の波形で発光部４０に供給することで時間により波長が変化するレーザ光を出力させる。本実施形態の光源ドライバ４６は、設定された変調周波数（例えば、１００ｋＨｚ、１５０ｋＨｚ）でレーザ光の波長を振動

させ、変調周波数よりも低い周波数である掃引周波数（０．１ｋＨｚ、１ｋＨｚ）でレーザ光の波長を掃引する。なお、変調周波数に基づいたレーザ光の波長の振動の振動幅は、掃引周波数に基づいたレーザ光の波長の変化幅よりも小さい。これにより、発光部４０から出力されるレーザ光は、変調周波数で振動する振動の中心が、掃引周波数に基づいて変化するレーザ光となる。光源ドライバ４６は、制御部５０を介して物理量算出部４８に、発光部４０から出力しているレーザ光の強度の情報を出力する。

【００３４】

信号処理部４７は、受光部４４がレーザ光を受光することで生成した信号（受光信号）を処理する。具体的には、信号処理部４７は、受光信号に含まれるノイズ成分を除去し、発光部４０から出力され受光部４４に到達したレーザ光の成分を抽出する。なお、抽出して生成される信号を以下スペクトル信号という。また、信号処理部４７の処理については後述する。

【００３５】

物理量算出部４８は、信号処理部４７から出力されたスペクトル信号に基づいて、計測セル１２を流れる排ガスの濃度を算出する。物理量算出部４８は、信号処理部４７から出力されたスペクトル信号と、制御部５０により光源ドライバ４６を駆動させている条件とに基づいて、計測対象の物質の濃度を算出する。具体的には、物理量算出部４８は、制御部５０により光源ドライバ４６を駆動させている条件に基づいて発光部４０から出力されるレーザ光の強度を算出し、信号処理部４７で生成されたスペクトル信号に基づいて受光したレーザ光の強度を算出する。物理量算出部４８は、この発光したレーザ光の強度と受光したレーザ光の強度と比較し、排ガスＡに含まれる測定対象の物質の濃度を算出する。

【００３６】

具体的には、発光部４０から出力された近赤外の波長域のレーザ光Ｌは、光ファイバ４２から計測セル１２の所定経路、具体的には、窓２６、入射管２２、主管２０、出射管２４、窓２８を通過した後、受光部４４に到達する。このとき、計測セル１２内の排ガスＡ中に測定対象の物質が含まれていると、計測セル１２を通過するレーザ光Ｌが吸収される。そのため、レーザ光Ｌは、排ガスＡ中の測定対象の物質の濃度によって、受光部４４に到達するレーザ光の出力が変化する。受光部４４は、受光したレーザ光を受光信号に変換する。受光部４４で生成された受光信号は、信号処理部４７で処理されスペクトル信号として物理量算出部４８に入力される。また、制御部５０および光源ドライバ４６は、発光部４０から出力したレーザ光Ｌの強度を物理量算出部４８に出力する。物理量算出部４８は、発光部４０から出力した光の強度と、スペクトル信号から算出される強度とを比較し、その減少割合から計測セル１２内を流れる排ガスＡの測定対象の物質の濃度を算出する。このように計測手段１４は、いわゆるＴＤＬＡＳ方式（Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy：可変波長ダイオードレーザー分光法）を用いることで、出力したレーザ光の強度と、受光部４４で検出した受光信号とに基づいて主管２０内の所定位置、つまり、測定位置を通過する排ガスＡ中の測定対象の物質の濃度を、算出および／または計測することができる。また、計測手段１４は、連続的に測定対象の物質の濃度を、算出および／または計測することができる。なお、レーザ計測装置１０は、発光部４０から出力されるレーザ光の強度を一定として、スペクトル信号のみ基づいて排ガスＡに含まれる測定対象の物質の濃度を算出してもよい。

【００３７】

制御部５０は、各部の動作を制御する制御機能を有し、必要に応じて、各部の動作を制御する。なお、制御部５０は、計測手段１４の制御のみならず、レーザ計測装置１０の全体の動作を制御する。つまり、制御部５０は、レーザ計測装置１０の動作を制御する制御部である。

【００３８】

次に、レーザ計測装置１０の信号処理部４７の構成を説明し、信号処理部４７による受光信号の処理について説明する。ここで、図２は、図１に示すレーザ計測装置の信号処理部の概略構成を示すブロック図である。図２に示すように、信号処理部４７は、受光部４

４から送られた受光信号を処理してスペクトル信号を生成し、生成したスペクトル信号を物理量算出部４８に送る。信号処理部４７は、指定周波数よりも出力が大きい設定周波数の出力を低減するフィルタ処理部６２と、フィルタ処理部６２で処理された信号にスペクトル信号抽出処理を行い、スペクトル信号抽出器６４と、を有する。ここで、指定周波数とは、スペクトル信号抽出器６４で抽出する対象の周波数であり、検出対象である吸収スペクトルの成分を含む周波数である。なお、指定周波数としては、変調周波数の２倍以上の整数倍の周波数を用いる。また、設定周波数とは、受光信号に含まれる周波数成分のうち指定周波数よりも出力が大きい周波数である。つまり、設定周波数とは、受光信号をフーリエ変換した場合に指定周波数よりも出力が大きい周波数成分（妨害波）である。ここで、設定周波数としては、変調周波数がある。

【００３９】

フィルタ処理部６２は、Ａ／Ｄ変換器７０と、ＦＩＲフィルタ７２と、Ｄ／Ａ変換器７４と、コイルカップリング７６、７８と、減算処理部８０と、増幅器８２と、Ａ／Ｄ変換器８４と、経路特性推定部８６と、初期パラメータ設定部８８と、パラメータ調整部９０と、を有する。なお、受光部４４からフィルタ処理部６２に入力された受光信号は、分岐されたＡ／Ｄ変換器７０、コイルカップリング７６と、に入力される。また、コイルカップリング７６に入力された受信信号は、コイルカップリング７６を通過して減算処理部８０に入力される。

【００４０】

Ａ／Ｄ（アナログデジタル）変換器７０は、アナログの信号をデジタルの信号に変換する変換器であり、受信信号をアナログの信号からデジタルの信号に変換する。Ａ／Ｄ変換器７０は、変換した信号をＦＩＲフィルタ７２と経路特性推定部８６とに送る（つまり出力する）。

【００４１】

ＦＩＲ（有限インパルス応答、Finite impulse response）フィルタ７２は、デジタルフィルタ（digital filter）であり、所定の周波数成分を選択的に通過させ、所定の周波数以外の周波数成分を除去、低減する。ＦＩＲフィルタ７２は、パラメータ（フィルター係数等）を変更可能なフィルタである。ＦＩＲフィルタ７２は、処理した信号をＤ／Ａ変換器７４に送る。

【００４２】

Ｄ／Ａ（デジタルアナログ）変換器７４は、デジタルの信号をアナログの信号に変換する変換器であり、ＦＩＲフィルタ７２から送られた信号をデジタルの信号からアナログの信号に変換する。Ｄ／Ａ変換器７４は、変換した信号をコイルカップリング７８に送る。

【００４３】

コイルカップリング７６、７８は、減算処理部８０と入力部の回路定数を整合する機器であり、減算処理部８０と他の部品との整合部に配置されている。コイルカップリング７６は、一対のコイルで構成されており、一方のコイルが受光部４４と接続し、他方のコイルが減算処理部８０と接続している。コイルカップリング７６は、一対のコイルが対向して配置されており、受光部４４から送られてきた信号を一方のコイルから他方のコイルに伝達し、減算処理部８０に送る。コイルカップリング７８は、２つのコイルで構成されており、一方のコイルがＤ／Ａ変換器７４と接続し、他方のコイルが減算処理部８０と接続している。コイルカップリング７８は、一対のコイルが対向して配置されており、Ｄ／Ａ変換器７４から送られてきた信号を一方のコイルから他方のコイルに伝達し、減算処理部８０に送る。コイルカップリング７６、７８は、一対のコイルを介して信号を伝達することで、整合部で発生する熱ノイズを抑制することができる。

【００４４】

減算処理部８０は、受光部４４から送られてきてコイルカップリング７６を通過した受光信号から、Ｄ／Ａ変換器７４から送られてきてコイルカップリング７８を通過した信号、つまり受光信号から所定の周波数成分を選択的に通過させ、所定の周波数以外の周波数成分を除去、低減した成分を減算する。これにより、減算処理部８０は、減算処理で受光

信号から所定の周波数成分を除去、低減する。減算処理部８０は、受光信号から所定の周波数成分を除去、低減した信号を増幅器に送る。

【００４５】

増幅器８２は、減算処理部８０から送られた信号（受光信号から所定の周波数成分を除去、低減した信号）を増幅する。増幅器８２は、増幅した信号をＡ／Ｄ変換器８４に送る。

【００４６】

Ａ／Ｄ変換器８４は、アナログの信号をデジタルの信号に変換する変換器であり、増幅器８２で増幅された信号をアナログの信号からデジタルの信号に変換する。Ａ／Ｄ変換器８４は、変換した信号をスペクトル信号抽出器６４と、パラメータ調整部９０に送る。

【００４７】

経路特性推定部８６は、Ａ／Ｄ変換器７０から送られた信号（受光信号をデジタル信号に変換した信号）を処理してシステム同定を行い一巡伝達制御から経路特性を推定する。経路特性推定部８６は、推定した経路特性を初期パラメータ設定部８８に送る。

【００４８】

初期パラメータ設定部８８は、経路特性推定部８６で推定して経路特性に基づいてＦＩＲフィルタ７２の初期パラメータを算出する。初期パラメータ設定部８８は、算出した初期パラメータをパラメータ調整部９０に送る。

【００４９】

パラメータ調整部９０は、Ａ／Ｄ変換器８４から送られた信号と、初期パラメータ設定部８８から送られた初期パラメータと、に基づいてＦＩＲフィルタ７２のパラメータ（フィルター係数等）を調整する。ここで、本実施形態のパラメータ調整部９０は、ＬＭＳ（Least mean squares）アルゴリズムを使用してＡ／Ｄ変換器８４から送られた信号を解析しＦＩＲフィルタ７２のパラメータを更新（修正）する。具体的には、パラメータ調整部９０は、Ａ／Ｄ変換器８４から送られた信号に含まれる設定周波数の成分が最小となるように、パラメータを調整する。つまり、パラメータ調整部９０は、受光信号からＦＩＲフィルタ７２で処理した信号を減算した出力が最小となるようにパラメータを調整する。また、本実施形態では、ＬＭＳアルゴリズムの収束係数μを標準として０．１に設定する。ここで、ＦＩＲフィルタ７２で処理した信号は、基本的に設定周波数のみ（出力の大部分が設定周波数の出力）である。したがって、パラメータ調整部９０は、受光信号からＦＩＲフィルタ７２で処理した信号を減算した出力が最小となるようにパラメータを調整することで、受光信号に含まれる設定周波数成分をより小さくする処理を行うことになる。また、パラメータ調整部９０は、パラメータの更新時に初期パラメータによりスペクトル信号抽出器６４内での信号処理の影響を考慮し、パラメータを調整する。なお、ＬＭＳアルゴリズムは、例えば飯國洋二　著「適応信号処理アルゴリズム」培風館２０００年発行に記載されているアルゴリズムである。また、パラメータ調整部９０は、パラメータの更新（修正）を所定の時間応答（時間間隔）で実行する。所定の時間応答は、任意の時間応答とすることができ、設定した時間応答や、条件に応じて変化する時間応答とすることができる。

【００５０】

次に、スペクトル信号抽出器６４は、フィルタ処理部６２で処理され、設定周波数成分が低減された受光信号に対して、指定周波数を参照周波数として例えばロックイン処理を行う。これにより、設定周波数成分が低減された受光信号から指定周波数のスペクトル信号を生成する。スペクトル信号抽出器６４は、検出したスペクトル信号を物理量算出部４８に送る。信号処理部４７は、以上のようにして受光信号からスペクトル信号を生成及び／または抽出する。

【００５１】

以下、図３から図９を用いて信号処理部４７の処理を説明する。ここで、図３は、受光信号の出力分布を示すグラフである。図３は、受光信号の周波数と電圧（強度）との関係を示している。なお、図３は、縦軸が電圧（強度）［ｄＢＶ］であり、横軸が周波数［Ｍ

Ｈｚ］である。また、図４から図９は、それぞれ信号処理部の処理を説明するための説明図である。なお、図４から図９は、それぞれ各位置における信号の強度を模式的に示している。なお、図４から図９は、いずれも縦軸が強度であり、横軸が時間である。

【００５２】

まず、以下の例では、受光信号として図３に示す信号を用い、設定周波数を１００ｋＨｚとした場合として説明する。なお、図３に示す受光信号は、発光部４０から変調周波数が１００ｋＨｚのレーザ光を出力させた場合に受光部４４が検出した受光信号である。本実施形態のレーザ計測装置１０は、指定周波数として２００ｋＨｚを用いる。ここで、図３では、設定周波数１００ｋＨｚの出力が－１０．９３ｄＢＶであり、指定周波数２００ｋＨｚの出力が－５３．１６ｄＢＶである。そのため、出力の差が－４２．２３ｄＢＶである。

【００５３】

信号処理部４７は、受光信号（入力信号）として、図４に示す信号が入力される。受光信号には、測定対象の周波数の出力である指定周波数の出力１０１と、ノイズ成分である指定周波数以外の出力１０２とが重畳している。また、出力１０１は、出力１０２よりも強度が小さい出力である。これは、出力１０２には、他の周波数成分に対して飛躍的に強度が高い設定周波数の出力を含むためである。なお、図４では、説明のため出力１０１と出力１０２とを別々の波形で示しているが、実際の受光信号は、出力１０１と出力１０２とを加算した出力となる。受光信号は、Ａ／Ｄ変換器７０、減算処理部８０に送られる。

【００５４】

ＦＩＲフィルタ７２は、Ａ／Ｄ変換器７０でデジタルに変換された信号（デジタル受光信号）に処理を行い、デジタル受光信号から設定周波数の成分を抽出する。なお、この時ＦＩＲフィルタ７２は、パラメータ調整部９０によりフィルタ特性が調整されている。これにより、ＦＩＲフィルタ７２は、減算処理部８０で処理する受光信号に含まれる設定周波数の成分に対応する出力に調整された受光信号から設定周波数の成分を抽出する。ここで、ＦＩＲフィルタ７２が、受光信号から抽出した設定周波数の成分は、図５に示す出力１０４となる。ここで、本実施形態の設定周波数（１００ｋＨｚ）は、変調周波数である。そのため、図３で示すように受光信号の強度割合のほとんどを設定周波数が占めている。そのため、ノイズ成分のほとんどが設定周波数の出力となる。このため、図４の出力１０２と、設定周波数の成分を抽出した出力１０４とは略同様の出力となる。

【００５５】

次に、減算処理部８０は、図３に示す出力１０１と出力１０２とが重畳された信号である受光信号から、ＦＩＲフィルタ７２で生成された出力１０４の信号を減算する。これにより、減算処理部８０で生成される信号は、受光信号から出力１０４を減算した信号となる。これにより、減算処理部８０で生成された信号は、図６に示すように、測定対象の周波数の出力である指定周波数の出力１０１と、指定周波数及び設定周波数以外の周波数の出力１０６と、で構成される。なお、出力１０６はノイズ成分である。ここで、ノイズ成分の出力１０６は、出力１０２から設定周波数の成分が除去または減算されるため、出力が小さくなっており、出力１０１との出力差も小さい。

【００５６】

次に、増幅器８２は、減算処理部８０で生成された信号を増幅する。これにより、増幅器８２で増幅された信号は、図７に示すように指定周波数の出力１０１を増幅させた１０１ａと、指定周波数及び設定周波数以外の周波数の出力１０６を増幅させた出力１０６ａと、で構成される。なお、増幅器８２は一定割合で出力を増幅させるため、出力１０１と出力１０６との関係と、出力１０１ａと出力１０６ａとの関係は相似となる。

【００５７】

次に、スペクトル信号抽出器６４は、増幅器８２で増幅されたのち、デジタルデータに変換された信号に対して、例えばスペクトル抽出の１手法であるロックイン処理を用いる。具体的には、図８に示すように、出力１０１ａと出力１０６ａとで構成される信号に出力１０８の信号を乗算する。ここで、出力１０８の信号は、参照周波数の出力である。参

照周波数は、ロックイン処理で抽出する周波数であり、本実施形態では指定周波数となる。スペクトル信号抽出器６４は、この場合のようにロックイン処理を行うことで、図９に示すように、指定周波数の出力１１０で構成されるスペクトル信号を生成する。

【００５８】

このように、レーザ計測装置１０の信号処理部４７は、パラメータ調整部９０でＦＩＲフィルタ７２のパラメータを調整しつつ、ＦＩＲフィルタ７２で設定周波数を含む信号を生成し、その生成した信号で受光信号を減算することで、受光信号から効率よくノイズを除去または低減することができる。また、レーザ計測装置１０の信号処理部４７は、処理対象の設定周波数を特定し、効率よくノイズを除去できるため、既存のフィルタ（バンドパスフィルタ、パラメータ固定型ＦＩＲフィルタ）を用いる場合よりも、フィルタ処理部６２の構成を簡単にすることができる。

【００５９】

また、受光信号から効率よくノイズを除去または低減し、指定周波数の成分の出力とノイズ成分の出力との差が小さくなることで、ノイズ除去後でスペクトル抽出前の信号をより大きく増幅することができ、スペクトル抽出前に指定周波数の成分の出力をより増幅することができる。ここで、増幅器８２は、スペクトル信号抽出器６４の検出レンジに適用可能な大きさまで増幅させる場合に信号の大きさを基準として増幅の比率を設定する。そのため、指定周波数の成分の出力とノイズ成分の出力との差が小さくなることで、ノイズ成分の出力が指定周波数の成分の出力よりも一定程度大きい場合よりも、指定周波数の成分の出力をより大きく増幅することができる。つまり、より大きく増幅しても、出力をスペクトル信号抽出器６４の検出レンジに適用可能な大きさに抑えることができる。これにより、指定周波数の成分の出力をより高精度に検出することができる。

【００６０】

さらに、ノイズを好適に小さくできることで、スペクトル信号抽出器の検出レンジが小さい場合でも好適に指定周波数の出力を検出することができる。これにより、性能を維持しつつ、スペクトル信号抽出器を安価にすることができ、レーザ計測装置も安価にすることができる。

【００６１】

また、信号処理部４７のフィルタ処理部６２は、経路特性推定部８６と初期パラメータ設定部８８とを用いて、一巡伝達制御(具体的にはスペクトル信号抽出器６４より入力側の回路)の応答特性(回路の誤差特性)をＬＭＳアルゴリズムで推定することで、ノイズ成分を除去または低減するだけの作用だけでなく、より高度な性能を得ることができる。具体的には、応答特性(回路の誤差特性)から本システムの状態を把握し、計測器の自動校正やメンテナンスを行なうことでより性能を向上させることなどが挙げられる。

【００６２】

また、パラメータ調整部９０は、ＬＭＳアルゴリズムでパラメータを調整することが好ましい。ＬＭＳアルゴリズムを用いることで、安定して処理を行うことができる。なお、パラメータ調整部９０は、パラメータの調整に用いるアルゴリズムとして、ＬＭＳアルゴリズム以外のアルゴリズムも用いることができる。パラメータ調整部９０は、スペクトル信号抽出器６４から出力された信号を解析してパラメータを決定するアルゴリズムとして、種々のアルゴリズムを用いることができる。なお、アルゴリズム（処理法則）は、スペクトル信号抽出器６４から出力された信号に含まれる設定周波数の成分がより少なくなるようにパラメータを設定するアルゴリズムであればよい。パラメータ調整部９０は、最小二乗法から誤差最小の状態を連立一次方程式で示すYule-Walker方程式を解くＲＬＳ（Recursive Least Square）法も用いることができる。ＲＬＳ法を用いた場合は、ＬＭＳアルゴリズムを用いる場合より安定性は低下するが応答速度をより向上させることができる。

【００６３】

また、ＦＩＲフィルタ７２で出力を低減する周波数成分である設定周波数としては、本実施形態のように変調周波数を用いることが好ましい。変調周波数は、レーザ光に含まれる信号成分であるため信号成分が大きくなり受光信号の出力の多くの割合を占めているこ

とが多い。このため、フィルタ処理部６２でこの変調周波数成分を低減、除去することで、指定周波数の成分をより増幅することができ、スペクトル信号をより高精度な信号とすることができる。なお、ノイズの低減量は低下するが、設定周波数として変調周波数とは異なる周波数を用いることもできる。この場合も不要な特定の周波数を除去または低減することができ、指定周波数の成分をより効率よく検出することができる。

【００６４】

また、上述したように、指定周波数は、変調周波数の整数倍の種々の値とすることができる。指定周波数として、変調周波数の４倍の周波数を用いても、変調周波数に含まれる吸収スペクトル（検出対象のスペクトル）の変化を検出することができる。なお、指定周波数として、変調周波数の４倍の周波数を用いて解析を行うとスペクトルの４次微分波形が検出される。このように変調周波数の２倍以外の周波数を用いることで、変調周波数の２倍の周波数にノイズ成分がある場合も吸収スペクトル（検出対象のスペクトル）の変化を検出することができる。

【００６５】

ここで、設定周波数の出力を抽出するフィルタとしては、本実施形態のようにＦＩＲフィルタを用いることが好ましい。ＦＩＲフィルタを用いることで、設定周波数の成分を高い精度で抽出することができる。なお、設定周波数の出力を抽出するフィルタとしては、ＦＩＲフィルタ以外にもパラメータが変更可能な種々のデジタルフィルタを用いることができる。

【００６６】

また、ＦＩＲフィルタ７２は、受光信号を処理して減算処理に用いる設定周波数の成分の信号を生成することで、つまり、受光部４４で検出されＡ／Ｄ変換器７０で変換された信号から設定周波数の成分の信号を生成する構成とすることで、装置構成を増加させることなく、減算処理に用いる設定周波数の成分を含む信号を生成することができる。なお、ＦＩＲフィルタ７２に入力する信号は、受光信号に限定されず、設定周波数の成分を有する信号も可能である。つまり、ＦＩＲフィルタ７２に信号を入力する信号供給部としては、設定周波数の成分を有する信号を供給可能な種々の機構を用いることができる。例えば、信号生成部（発振器）を用いてもよい。

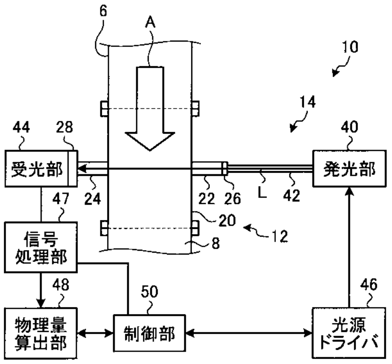
【符号の説明】

【００６７】

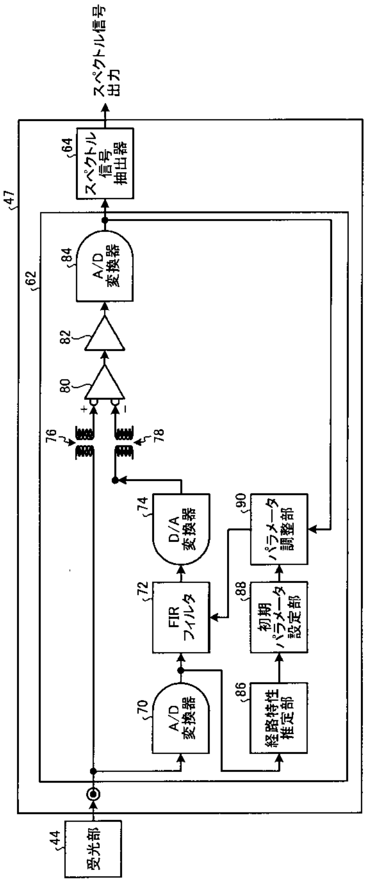
６、８　配管
１０　レーザ計測装置
１２　計測セル
１４　計測手段
２０　主管
２２　入射管
２４　出射管
２６、２８　窓
４０　発光部
４２　光ファイバ
４４　受光部
４６　光源ドライバ
４７　信号処理部
４８　物理量算出部
５０　制御部
６２　フィルタ処理部
６４　スペクトル信号抽出器
７０、８４　Ａ／Ｄ変換器
７２　ＦＩＲフィルタ
７４　Ｄ／Ａ変換器

７６、７８　コイルカップリング
８０　減算処理部
８２　増幅器
８６　経路特性推定部
９０　パラメータ調整部
８８　初期パラメータ設定部

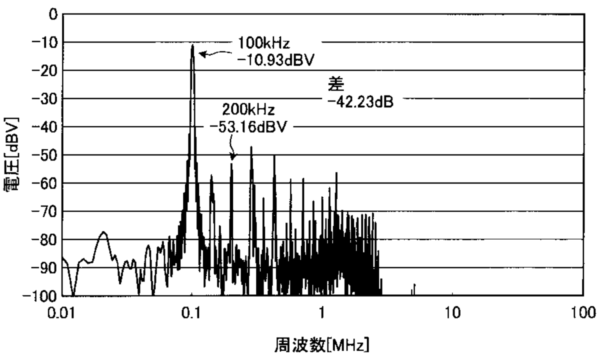
【図１】



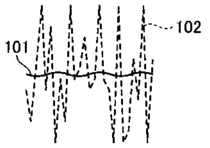
【図２】



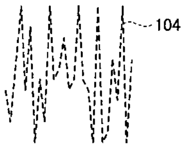
【図３】


0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
電圧[dBV]
100kHz
-10.93dBV
差
-42.23dB
200kHz
-53.16dBV
0.01
0.1
1
10
100
周波数[MHz]

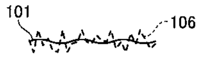
【図４】


101
102

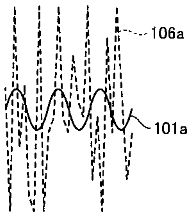
【図５】


104

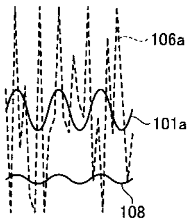
【図６】


101
106

【図７】


106a
101a

【図８】



【図９】

フロントページの続き

(72)発明者　小林　靖之
東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内
(72)発明者　高桑　義直
東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内
(72)発明者　茂木　建二
大阪府大阪市北区東天満１丁目４番１６号　株式会社ローラン内
Ｆターム(参考) 2G059 AA01 BB01 CC04 CC05 EE01 GG01 GG03 GG09 HH01 JJ02
JJ17 KK01 MM01 MM07 MM09