

(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2004-325099
(P2004-325099A)

(43) 公開日 平成16年11月18日(2004.11.18)

(51) Int. Cl.⁷
G01N 21/39

F I
G O I N 21/39

テーマコード(参考)
2 G O 5 9

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2003-116672(P2003-116672)
(22) 出願日 平成15年4月22日(2003.4.22)

(71) 出願人 000006507
横河電機株式会社
東京都武蔵野市中町2丁目9番32号
(72) 発明者 南光 智昭
東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横
河電機株式会社内
Fターム(参考) 2G059 AA01 BB01 EE01 EE11 GG01
GG03 GG07 GG09 HH01 HH06
KK01

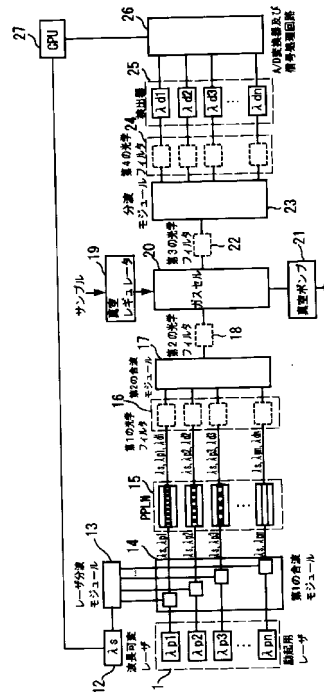
(54) 【発明の名称】 レーザ光源及びこれを用いたレーザ分光分析装置

(57) 【要約】

【課題】 複数の波長に対応した波長変換素子と、それに対応した励起用レーザにより、一台の波長可変レーザをもとに複数の波長の測定光を作り、一台の装置で多成分の測定を可能にしたレーザ分光分析装置を提供する。

【解決手段】 レーザ光源は、波長 $p_1 \sim p_n$ の励起用レーザ光のそれぞれに波長 s のシグナルレーザ光を同軸にして出射する第1の合波モジュールと、第1の合波モジュールにより出射されたレーザ光をそれぞれの波長に対応した波長変換をして波長 $d_1 \sim d_n$ のアイドラー光を出射する波長変換手段とを有することである。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

波長 $p_1 \sim p_n$ の励起用レーザー光のそれぞれに波長 s のシグナルレーザー光を同軸にして出射する第 1 の合波モジュールと、

前記第 1 の合波モジュールにより出射されたレーザー光をそれぞれの波長に対応した波長変換をして波長 $d_1 \sim d_n$ のアイドラー光を出射する波長変換手段とを有することを特徴とするレーザー光源。

【請求項 2】

請求項 1 のレーザー光源において、前記それぞれの波長に対応した波長変換手段を一つのチップ状に構成したことを特徴とするレーザー光源。

10

【請求項 3】

請求項 1 または 2 のレーザー光源において、前記波長変換手段より出射された波長 $d_1 \sim d_n$ のアイドラー光を同軸にして出射する第 2 の合波モジュールを有することを特徴とするレーザー光源。

【請求項 4】

請求項 1 または 2 または 3 のレーザー光源において、前記波長 $p_1 \sim p_n$ の励起用レーザー光を外部より ON/OFF 設定できるようにしたことを特徴とするレーザー光源。

【請求項 5】

請求項 4 のレーザー光源において、前記波長 $p_1 \sim p_n$ の励起用レーザー光を異なる周波数で ON/OFF 設定するための ON/OFF 設定信号発生装置を有することを特徴とするレーザー光源。

20

【請求項 6】

測定対象物にレーザー光を出射し、透過してくる光を検出及び測定するレーザー分光分析装置において、

波長 $p_1 \sim p_n$ の励起用レーザー光のそれぞれに波長 s のシグナルレーザー光を同軸にしたレーザー光を、それぞれの波長に対応した波長変換をして波長 $d_1 \sim d_n$ のアイドラー光を出射する波長変換手段と、

前記波長変換手段により出射された波長 $d_1 \sim d_n$ のアイドラー光を測定対象物に透過させ、該透過した測定光のそれぞれを検出する検出手段と、

前記検出手段により検出され、測定光より変換された電気信号を処理する信号処理手段と

30

を備えたことを特徴とするレーザー分光分析装置。

【請求項 7】

請求項 6 のレーザー分光分析装置において、前記それぞれの波長に対応した波長変換手段を一つのチップ状に構成したことを特徴とするレーザー分光分析装置。

【請求項 8】

請求項 6 または 7 のレーザー分光分析装置において、前記波長変換手段より出射された波長 $d_1 \sim d_n$ のアイドラー光を同軸にして出射する第 2 の合波モジュールを有することを特徴とするレーザー分光分析装置。

【請求項 9】

請求項 6 または 7 または 8 のレーザー分光分析装置において、前記波長 $p_1 \sim p_n$ の励起用レーザー光を外部より ON/OFF 設定できるようにしたことを特徴とするレーザー分光分析装置。

40

【請求項 10】

請求項 9 のレーザー分光分析装置において、前記波長 $p_1 \sim p_n$ の励起用レーザー光を異なる周波数で ON/OFF 設定するための ON/OFF 設定信号発生装置を有することを特徴とするレーザー分光分析装置。

【請求項 11】

測定対象物にレーザー光を出射し、透過してくる光を検出及び測定するレーザー分光分析装置において、

50

波長 $p_1 \sim p_n$ の励起用レーザ光のそれぞれに波長 s のシグナルレーザ光を同軸にしたレーザ光を、それぞれの波長に対応した波長変換をして波長 $d_1 \sim d_n$ のアイドラー光を出射する波長変換手段と、

前記波長変換手段により出射された波長 $d_1 \sim d_n$ のアイドラー光を同軸のレーザ光にして測定対象物を透過させ、該透過した測定光を検出する検出手段と、

前記検出手段により検出され、測定光より変換された電気信号を処理する信号処理手段と、を備え、

前記波長 $p_1 \sim p_n$ の励起用レーザ光のそれぞれが発生するタイミングと、前記信号処理手段で処理するタイミングとを同期させたことを特徴とするレーザ分光分析装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 のレーザ分光分析装置において、前記それぞれの波長に対応した波長変換手段を一つのチップ状に構成したことを特徴とするレーザ分光分析装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 1 または 1 2 のレーザ分光分析装置において、前記波長 $p_1 \sim p_n$ の励起用レーザ光が発生するタイミングを外部より設定できるようにしたことを特徴とするレーザ分光分析装置。

【請求項 1 4】

請求項 1 3 のレーザ分光分析装置において、前記波長 $p_1 \sim p_n$ の励起用レーザ光が発生するタイミングを異なる周波数に設定するためのレーザ光発生タイミング設定装置を有することを特徴とするレーザ分光分析装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、レーザ光源及びこれを用いたレーザ分光分析装置に関し、詳しくは複数成分同時測定を安価に実現したレーザ光源及びこれを用いたレーザ分光分析装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来技術におけるレーザ分光分析装置は、図 6 に示すように、ファイバーレーザ 1 1 2 と DFB-LD 1 1 3 とからなる励起ステージ 1 1 1 と、励起ステージ 1 1 1 からのレーザ光を結合する WDM (Wavelength Division Multiplexer) 1 1 4 と、WDM 1 1 4 で結合されたレーザ光を入力して差周波を発生させる差周波発生ステージ 1 1 5 と、差周波発生ステージ 1 1 5 からのレーザ光を反射させる反射鏡 1 2 1 と、反射鏡 1 2 1 で反射されたレーザ光を計測する計測ステージ 1 2 2 と、計測ステージ 1 2 2 からの計測信号を増幅する DC アンプ 1 2 9 と、この DC アンプ 1 2 9 で増幅された信号を解析する演算処理部 1 3 0 とから構成されている。

【0003】

差周波発生ステージ 1 1 5 は、WDM 1 1 4 からのレーザ光を入光して集束させる対物レンズ 1 1 6 と、対物レンズ 1 1 6 で集束されたレーザ光の波長を変換する PPLN (Periodically Poled Lithium Niobate) 1 1 7 と、PPLN 1 1 7 の温度を調整する温度調整用モジュール 1 1 8 と、PPLN 1 1 7 からのレーザ光を平行光にする CaF₂ レンズ 1 1 9 とからなる。

【0004】

計測ステージ 1 2 2 は、波長変換されたレーザ光を反射する反射鏡 1 2 1 からのレーザ光をガスセル 1 2 4 側に反射させる反射鏡 1 2 3 と、ガスセル 1 2 4 と、ガスセル 1 2 4 を透過したレーザ光を反射させる反射鏡 1 2 5 と、反射鏡 1 2 5 からのレーザ光を反射させる放物面鏡 1 2 6 と、測定波長 d のみを取り出す Ge フィルタ 1 2 7 と、Ge フィルタ 1 2 7 を通過したレーザ光を検出する HgCdTe 光検出器 1 2 8 とからなる。

【0005】

このような構成からなるレーザ分光分析装置の動作を説明すると、まず、励起ステージ 1 1 1 にあるファイバーレーザ 1 1 2 及び波長可変 DFB-LD 1 1 3 より、それぞれ、波

10

20

30

40

50

長 $p = 1038 \text{ nm}$ 、 $s = 1577 \text{ nm}$ のレーザー光が出射される。それぞれのレーザー光は、WDM 114によって結合され、赤外用の対物レンズ ($f = 10 \text{ mm}$)によりPPLN 117結晶の中心に集光される。

【0006】

2つのレーザー光は、PPLN 117により一部波長変換され、波長 $d = 1 / (1/p - 1/s)$ となる差周波光が2つのレーザー光と共にPPLN 117より出射する。波長 p 、 s 、 d のレーザー光はそれぞれCaF₂レンズ ($f = 50 \text{ mm}$) 119によりコリメートされ計測ステージ122のマルチパスセル ($l = 10 \text{ m}$) 或いはガスセル ($l = 0.1 \text{ m}$) 124に導入され、マルチパスセル又はガスセル124よりの光はGeフィルタ127により測定波長である d の光のみが取り出され測定される。

10

【0007】

【特許文献1】

特開平8-240528号公報 (第3頁 第1図)

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来技術で説明したレーザー分光分析装置においては、レーザーの波長掃引範囲が数10nmと狭いため、測定対象とするガスの吸光スペクトルにより最適な掃引波長範囲を選び装置を構成することになる。

そのため、大気などの成分を分析する際、複数の成分を測定する場合には、その掃引波長範囲に測定に適した光の吸収がある成分のみ測定可能であり、その他の成分を測定するためには、その成分の吸収スペクトルにより、適した波長範囲を掃引することができる他の装置を用いなければならないという問題がある。

20

【0009】

従って、一つの装置でレーザーの波長掃引範囲を広くし、複数の吸収スペクトルが測定できる、所謂、多成分同時測定ができるレーザー分光分析装置を安価に実現することに解決しなければならない課題を有する。

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明に係るレーザー光源及びこれを用いたレーザー分光分析装置は、次に示す構成にすることである。

30

【0011】

(1) レーザ光源は、波長 $p_1 \sim p_n$ の励起用レーザー光のそれぞれに波長 s のシグナルレーザー光を同軸にして出射する第1の合波モジュールと、前記第1の合波モジュールにより出射されたレーザー光をそれぞれの波長に対応した波長変換をして波長 $d_1 \sim d_n$ のアイドラ光を出射する波長変換手段とを有することである。

(2) 又、(1)のレーザー光源において、前記それぞれの波長に対応した波長変換手段を一つのチップ状に構成したことを特徴とするレーザー光源。

(3) (1)または(2)のレーザー光源において、前記波長変換手段より出射された波長 $d_1 \sim d_n$ のアイドラ光を同軸にして出射する第2の合波モジュールを有することを特徴とするレーザー光源。

40

(4) (1)または(2)または(3)のレーザー光源において、前記波長 $p_1 \sim p_n$ の励起用レーザー光を外部よりON/OFF設定できるようにしたことを特徴とするレーザー光源。

(5) (4)のレーザー光源において、前記波長 $p_1 \sim p_n$ の励起用レーザー光を異なる周波数でON/OFF設定するためのON/OFF設定信号発生装置を有することを特徴とするレーザー光源。

【0012】

(6) レーザ分光分析装置は、測定対象物にレーザー光を出射し、透過してくる光を検出及び測定するレーザー分光分析装置において、波長 $p_1 \sim p_n$ の励起用レーザー光のそれぞれに波長 s のシグナルレーザー光を同軸にしたレーザー光を、それぞれの波長に対応した波

50

長変換をして波長 $d_1 \sim d_n$ のアイドラー光を出射する波長変換手段と、前記波長変換手段により出射された波長 $d_1 \sim d_n$ のアイドラー光を測定対象物に透過させ、該透過した測定光のそれぞれを検出する検出手段と、前記検出手段により検出され測定光より変換された電気信号を処理する信号処理手段と、を備えたことである。

(7) (6) のレーザ分光分析装置において、前記それぞれの波長に対応した波長変換手段を一つのチップ状に構成したことを特徴とするレーザ分光分析装置。

(8) (6) または (7) のレーザ分光分析装置において、前記波長変換手段より出射された波長 $d_1 \sim d_n$ のアイドラー光を同軸にして出射する第2の合波モジュールを有することを特徴とするレーザ分光分析装置。

(9) (6) または (7) または (8) のレーザ分光分析装置において、前記波長 $p_1 \sim p_n$ の励起用レーザ光を外部より ON/OFF 設定できるようにしたことを特徴とするレーザ分光分析装置。 10

(10) (9) のレーザ分光分析装置において、前記波長 $p_1 \sim p_n$ の励起用レーザ光を異なる周波数で ON/OFF 設定するための ON/OFF 設定信号発生装置を有することを特徴とするレーザ分光分析装置。

【0013】

(11) レーザ分光分析装置は、測定対象物にレーザ光を出射し、透過してくる光を検出及び測定するレーザ分光分析装置において、波長 $p_1 \sim p_n$ の励起用レーザ光のそれぞれに波長 s のシグナルレーザ光を同軸にしたレーザ光を、それぞれの波長に対応した波長変換をして波長 $d_1 \sim d_n$ のアイドラー光を出射する波長変換手段と、前記波長変換手段により出射された波長 $d_1 \sim d_n$ のアイドラー光を同軸のレーザ光にして測定対象物を透過させ、該透過した測定光を検出する検出手段と、前記検出手段により検出され測定光より変換された電気信号を処理する信号処理手段と、を備え、前記波長 $p_1 \sim p_n$ の励起用レーザ光のそれぞれが発生するタイミングと、前記信号処理手段で処理するタイミングとを同期させたことである。 20

(12) (11) のレーザ分光分析装置において、前記それぞれの波長に対応した波長変換手段を一つのチップ状に構成したことを特徴とするレーザ分光分析装置。

(13) (11) または (12) のレーザ分光分析装置において、前記波長 $p_1 \sim p_n$ の励起用レーザ光が発生するタイミングを外部より設定できるようにしたことを特徴とするレーザ分光分析装置。 30

(14) (13) のレーザ分光分析装置において、前記波長 $p_1 \sim p_n$ の励起用レーザ光が発生するタイミングを異なる周波数に設定するためのレーザ光発生タイミング設定装置を有することを特徴とするレーザ分光分析装置。

【0014】

【発明の実施の形態】

次に、本発明に係るレーザ光源及びこれを用いたレーザ分光分析装置の実施形態について、図面を参照して説明する。

【0015】

本発明に係る第1の実施形態のレーザ光源を備えたレーザ分光分析装置は、図1に示すように、波長 $p_1 \sim p_n$ の励起用レーザ光線が発生させる励起用レーザ11と、波長 s のシグナルレーザ光が発生させる波長可変レーザ12と、波長 s のシグナルレーザ光を n 分岐するレーザ分波モジュール13と、波長 $p_1 \sim p_n$ のポンプ光のそれぞれに n 分岐した波長 s のシグナルレーザ光を同軸のレーザ光にして出射する第1の合波モジュール14と、第1の合波モジュール14により出射された波長 $p_1 \sim p_n$ 、 s のレーザ光をそれぞれの波長に対応した波長変換をして波長 $d_1 \sim d_n$ のアイドラー光を出射する波長変換手段である PPLN (Periodically Poled Lithium Niobate) 15と、PPLN 15より出射する波長 $p_1 \sim p_n$ のポンプ光である励起用レーザ光、波長 s のシグナル光を取り除く第1の光学フィルタ16と、波長変換手段により出射された、波長 $d_1 \sim d_n$ のアイドラー光を全て同軸のレーザ光にする第2の合波モジュール17と、波長 $p_1 \sim p_n$ のポンプ光、波長 40 50

s のシグナルレーザ光を取り除く第 2 の光学フィルタ 18 と、真空レギュレータ 19 と、サンプルを透過させるガスセル 20 と、真空ポンプ 21 と、波長 $p_1 \sim p_n$ のポンプ光、波長 s のシグナルレーザ光を取り除く第 3 の光学フィルタ 22 と、波長 $d_1 \sim d_n$ のアイドラ光を分岐する分波モジュール 23 と、波長 $p_1 \sim p_n$ のポンプ光、波長 s のシグナル光を取り除く第 4 の光学フィルタ 24 と、分波モジュール 23 で分岐された測定光のそれぞれを検出し、電気信号とする検出手段である検出器 25 と、検出手段により検出され、電気信号とされた測定信号を処理する信号処理手段である A/D 変換器及び信号処理回路 26 と、波長可変レーザ 12 及び A/D 変換器及び信号処理回路 26 を制御し、また、測定信号を演算処理する演算処理部 (CPU) 27 とからなる。ここで、第 1 ~ 第 4 の光学フィルタ 16、18、22、24 は、波長変換手段である PPLN 15 の後段の何れかに設けて、波長 $p_1 \sim p_n$ のポンプ光、波長 s のシグナルレーザ光を取り除くようにすればよい。

10

【0016】

このような構成からなるレーザ分光分析装置において、先ず、測定対象となる成分の吸収スペクトルに対応した波長を生成する波長変換素子である PPLN 15 に対して、波長 $p_1 \sim p_n$ のポンプ光を発生させる励起用レーザ 11 と波長 s のシグナルレーザ光を発生させる波長可変レーザ 12 よりレーザ光を出射する。

【0017】

PPLN 15 は擬似位相整合を用い非線形光学効果により波長変換を行う素子で、励起用レーザ 11 の波長 p、波長可変レーザ 12 のシグナル (信号) レーザ光の波長 s、波長変換光 (測定光; アイドラ光) の波長 d とした場合、分極反転周期 $= 1 / (N_p / p - N_d / d - N_s / s)$ となる周期で分極反転を行った場合に、高効率の波長変換が可能となる (N_p 、 N_d 、 N_s はそれぞれ p、d、s における屈折率)。

20

【0018】

又、そのとき波長変換で得られる測定光の波長は、励起用レーザ 11 の波長 p とシグナル光の波長 s の差周波となり、 $d = 1 / (1 / p - 1 / s)$ となる。

【0019】

つまり、シグナル光の波長 s が一定の場合でも、励起用レーザ 11 の波長 p と波長変換素子の分極反転周期を適当に選ぶことで、必要な波長の光が得られることになる。

【0020】

本実施例では、測定したい成分の吸光スペクトルに対応した波長 $d_1 \sim d_n$ を用いて分析する構成になっている。

30

【0021】

次に、上記構成からなるレーザ分光分析装置における時系列的な動作について説明すると、

- (1) 先ず、波長可変レーザ 12 より波長 s のシグナルレーザ光が出射される。
- (2) レーザ分波モジュール 13 により n 分岐される。
- (3) n 分岐されたシグナルレーザ光はそれぞれ第 1 の合波モジュール 14 に導かれる。
- (4) 励起用レーザ 11 で出力される波長 $p_1 \sim p_n$ のポンプ光も又、それぞれ第 1 の合波モジュール 14 に導かれる。
- (5) 第 1 の合波モジュール 14 にて励起用レーザ 11 と波長可変レーザ 12 からのポンプ光及びシグナルレーザ光が、それぞれ同軸のレーザ光となり出射される。
- (6) 第 1 の合波モジュール 14 より出射されたレーザ光は、それぞれの波長に対応した PPLN 15 に入射される。
- (7) PPLN 15 ではそれぞれ波長変換され、波長 $d_1 \sim d_n$ のアイドラ光を出射する。又、励起光である $p_1 \sim p_n$ のポンプ光、波長 s のシグナルレーザ光についても波長変換の効率により、ある光量を出射することになる。
- (8) PPLN 15 より出射する波長 $p_1 \sim p_n$ のポンプ光、波長 s のシグナルレーザ光は図中点線で示した位置に適当な光学フィルタ (第 1 ~ 第 4 の光学フィルタ 16、18、22、24) を挿入することで取り除くことができる。

40

50

(9) P P L N 15より出射したそれぞれのレーザ光は、第2の合波モジュール17で全て同軸のレーザ光となり、ガスセル20に入射され、ガスセル20内に導入されたサンプルを透過した後に、分波モジュール23に入射する。

(10) 波長 $d_1 \sim d_n$ のそれぞれの測定光は、分波モジュール23にて分岐され、それぞれの波長 $d_1 \sim d_n$ に対する検出器25で検出される。

(11) 検出器25で検出されたレーザ光は電気信号として処理され、求めたい成分の濃度が測定される。

【0022】

又、本実施例において、ガスセル20に真空レギュレータ19、真空ポンプ21をつけ、ガスセル20内の圧力を下げられるように構成してある。サンプルの圧力を下げると、スペクトル幅が狭くなり、選択性が高くなる。 10

【0023】

そして、測定は演算処理部(CPU)27より波長可変レーザ12の波長 s を変更しながら行われる。通常、成分の濃度などをその成分の吸光スペクトルより求める場合、図2に示すように、吸光スペクトルの吸収ピーク近傍を何点(1、2、3)か測定し、吸光量を求め測定する。

【0024】

実施例の場合、波長可変レーザ12の波長をある波長(1、2、3)に設定した際、測定したいそれぞれの成分の吸光スペクトルの吸収ピーク波長に全ての測定光の波長 $d_1 \sim d_n$ になるように励起用レーザ11の波長 $p_1 \sim p_n$ を選び、その近傍の波長を波長可変レーザ12の波長 s を適当に設定して測定することで、多成分の濃度を同時に測定することができる。 20

【0025】

ここで、上記構成からなるレーザ分波モジュール13、第1の合波モジュール14、第2の合波モジュール17は、空間ビームにてビームスプリッタ、ダイクロイックミラーなどにより構成できる他、光ファイバを用い、カプラなどを用いた構成でもよい。

又、各波長用のP P L N 15を一つのデバイス上に構成してもよい。

【0026】

更に、レーザ光の光路に光導波路を用いたもの、具体的には励起用レーザのチップ化、第1の合波モジュール14を導波路回路上に配置し、各波長用のP P L N 15を1デバイス上に構成したものと接合した構成にしてもよい。又は、それぞれの波長に対して励起用レーザ12、第1及び第2の合波モジュール14、17、P P L N 15を光導波回路上に配置してもよい。 30

【0027】

次に、本願発明のレーザ分光分析装置の第2の実施形態について、図面を参照して説明する。

【0028】

第2の実施形態のレーザ分光分析装置は、図3に示すように、上記説明した第1の実施形態のレーザ分光分析装置と同様であるが、唯一相違する点は、励起用レーザ12のオン/オフを演算処理部(CPU)27より設定するようにしたことで、測定光である波長 $d_1 \sim d_n$ のレーザ光を選択的に発生することができるようにしたものである。この場合は光学フィルタを適当に選ぶことにより、検出器25は波長 $d_1 \sim d_n$ に感度があるものが一つでよい。 40

【0029】

次に、本願発明のレーザ分光分析装置の第3の実施形態について、図面を参照して説明する。

【0030】

第3の実施形態のレーザ分光分析装置は、図4に示すように、上記第1の実施形態で説明したレーザ分光分析装置と同じもので、唯一相違する点は、励起用レーザ11をそれぞれ異なる周波数でオン/オフするオン/オフ信号発生装置28を具備し、それぞれ周波数 f 50

1 ~ f nでオン/オフを連続的に繰り返し、波長 d 1 ~ d nに感度のある一つの検出器 2 5で受光する。

【 0 0 3 1 】

波長 d 1 ~ d nに感度のある一つの検出器 2 5で受光し、検出した信号を電氣的フィルタ又はFFT等のデジタル信号処理によりそれぞれの周波数成分を取り出すことで、検出器 2 5が一つであっても、多成分同時測定を実現することができる。

また、周波数 f 1 ~ f nのオン/オフ信号にそれぞれ同期する信号をA/D変換器及び信号処理回路 2 6に入力し、周期検波を行うことで、それぞれの周波数成分を取り出すことが可能になる。

その他の点は、上記第1の実施形態で説明したものと同一であるので、その説明は省略する。 10

【 0 0 3 2 】

次に、本願発明のレーザ分光分析装置の第4の実施形態について、図面を参照して説明する。

【 0 0 3 3 】

第4の実施形態のレーザ分光分析装置は、図5に示すように、光源ユニット30が、第1の波長変換モジュール31A、第2の波長変換モジュール31B、第3の波長変換モジュール31Cに分離され、それらのモジュール31A、31B、31Cにて波長可変レーザ12Aからレーザ光を波長変換して、ガスセル20を透過させた後に検出ユニット32で信号を検出するものであり、光源ユニット30のレーザ光を発生させるタイミングと、検出器ユニット32で検波するタイミングを同期させた構成になっている。その構成は、光源ユニット30と、光源ユニット30からのレーザ光を透過させるガスセル20と、ガスセル20を透過したレーザ光を受光して検出及び測定する検出器ユニット32とから構成されている。 20

【 0 0 3 4 】

光源ユニット30は、様々な励起用レーザ光 p 1 ~ p nを発生させるもののうち、実施例においては、波長 p 1の励起用レーザ光を発生させる第1の波長変換モジュール31A、波長 p 2の励起用レーザ光を発生させる第2の波長変換モジュール31B、波長 p 3の励起用レーザ光を発生させる第3の波長変換モジュール31Cからなり、夫々に波長可変レーザ12Aから出力される波長 sのシグナルレーザ光を同軸にして波長変換して出力する。 30

【 0 0 3 5 】

第1の波長変換モジュール31Aは、波長 p 1の励起用レーザ光の出力をON/OFF制御するLDドライバ28Aと、LDドライバ28Aの制御に基づいて波長 p 1の励起用レーザ光を発生させるレーザダイオードLD(11A)と、波長 p 1の励起用レーザ光に波長可変レーザ12Aから出力される波長 sのシグナルレーザ光を同軸にして出射するレンズ等で構成された第1の合波モジュール14Aと、第1の合波モジュール14Aで同軸にされたレーザ光の波長変換をするPPLN15Aと、PPLN15Aからのレーザ光のうち波長 sのシグナルレーザ光と波長 p 1の励起用レーザ光を取り除くフィルタ16Aとからなる。このフィルタ16Aを通過したレーザ光が第2の合波モジュール17Aで他のモジュールからのレーザ光と同軸になりガスセル20側に出射されることになる。 40

【 0 0 3 6 】

第2の波長変換モジュール31Bは、波長 p 2の励起用レーザ光の出力をON/OFF制御するLDドライバ28Bと、LDドライバ28Bの制御に基づいて波長 p 2の励起用レーザ光を発生させるレーザダイオードLD(11B)と、波長 p 2の励起用レーザ光に波長可変レーザ12Aから出力される波長 sのシグナルレーザ光を同軸にして出射するレンズ等で構成された第1の合波モジュール14Bと、第1の合波モジュール14Bで同軸にされたレーザ光の波長変換をするPPLN15Bと、PPLN15Bからのレーザ光のうち波長 sのシグナルレーザ光と波長 p 2の励起用レーザ光を取り除くフィル 50

タ 1 6 B とからなる。このフィルタ 1 6 B を通過したレーザ光が第 2 の合波モジュール 1 7 A で他のモジュールからのレーザ光と同軸になりガスセル 2 0 側に出射されることになる。

【 0 0 3 7 】

第 3 の波長変換モジュール 3 1 C は、波長 p 3 の励起用レーザ光の出力を ON / OFF 制御する LD ドライバ 2 8 C と、LD ドライバ 2 8 C の制御に基づいて波長 p 3 の励起用レーザ光を発生させるレーザダイオード LD (1 1 C) と、波長 p 3 の励起用レーザ光に波長可変レーザ 1 2 A から出力された波長 s のシグナルレーザ光を同軸にして出射するレンズ等で構成された第 1 の合波モジュール 1 4 C と、第 1 の合波モジュール 1 4 C で同軸にされたレーザ光の波長変換をする P P L N 1 5 C と、P P L N 1 5 C からのレーザ光のうち波長 s のシグナルレーザ光と波長 p 3 の励起用レーザ光を取り除くフィルタ 1 6 C とからなる。このフィルタ 1 6 C を通過したレーザ光が第 2 の合波モジュール 1 7 A で他のモジュールからのレーザ光と同軸になりガスセル 2 0 側に出射されることになる。

10

【 0 0 3 8 】

検出器ユニット 3 2 は、ガスセル 2 0 を透過してきた、それぞれの波長変換モジュール 3 1 A、3 1 B、3 1 C からのレーザ光を受光する受光部 3 3 と、受光部 3 3 で受けレーザ光から変換された電気信号を増幅する増幅器 3 4 と、増幅された信号と、モジュール 3 1 A、3 1 B、3 1 C の LD ドライバ 2 8 A、2 8 B、2 8 C との同期信号に基づいて検波する同期検波部 3 5 A、3 5 B、3 5 C と、同期検波された信号の信号処理をする信号処理部 3 6 とからなる。

20

同期検波部 3 5 A、3 5 B、3 5 C は、光源ユニット 3 0 で構成されているモジュールの数だけ、実施例においてはモジュール 3 1 A、3 1 B、3 1 C に対応した同期検波部 3 5 A、3 5 B、3 5 C が設定され、それぞれが同期信号 (f 1、 f 2、 f 3) で同期されて検波する構成になっている。

【 0 0 3 9 】

このような構成からなるレーザ分光分析装置において、光源ユニット 3 0 で励起用レーザ光を発生させたときの同期信号が検出器ユニット 3 2 側に送られることで、特定の波長、例えば、波長 p 1 の励起用レーザ光であれば第 1 の波長変換モジュール 3 1 A からのレーザ光が検出器ユニット 3 2 で同期信号 (f 1) に同期させて同期検波部 3 5 A で検波されることになる。このようにすることで、同期信号 (f 1、 f 2、 f 3、... f n) に同期させることで同時に複数のレーザ光による測定を可能にすることができるのである。

30

【 0 0 4 0 】

【 発明の効果 】

上記説明したように、本発明によれば、複数の波長に対応した波長変換素子とそれに対応した励起用レーザにより、一台の波長可変レーザをもとに複数の波長の測定光を作成して測定できるため、一台の装置で多成分の同時測定が可能となり、多成分の測定を安価に実現できる。

又、多波長を同時に測定できるよう構成することで、多成分同時測定が可能になる。

【 図面の簡単な説明 】

40

【 図 1 】 本発明に係る第 1 の実施形態のレーザ分光分析装置を示すブロック図である。

【 図 2 】 同、吸光スペクトルの吸収ピーク近傍を何点か測定する手法を示した説明図である。

【 図 3 】 本発明に係る第 2 の実施形態のレーザ分光分析装置を示すブロック図である。

【 図 4 】 本発明に係る第 3 の実施形態のレーザ分光分析装置を示すブロック図である。

【 図 5 】 本発明に係る第 4 の実施形態のレーザ分光分析装置を示すブロック図である。

【 図 6 】 従来技術における測定手法を示した説明図である。

【 符号の説明 】

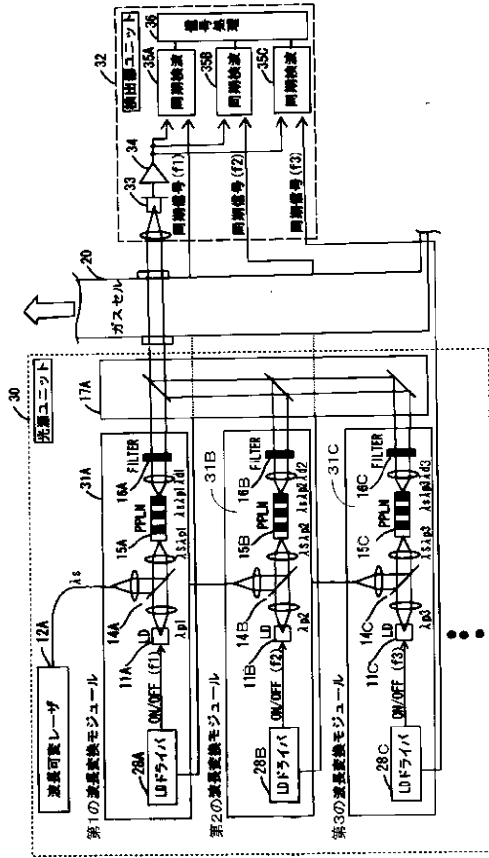
1 1 励起用レーザ

1 1 A レーザドライバ

50

1 2	波長可変レーザ	
1 2 A	波長可変レーザ	
1 3	レーザ分波モジュール	
1 4	第 1 の合波モジュール	
1 4 A、1 4 B、1 4 C	第 1 の合波モジュール	
1 5	P P L N	
1 5 A、1 5 B、1 5 C	P P L N	
1 6	第 1 の光学フィルタ	
1 6 A、1 6 B、1 6 C	フィルタ	
1 7	第 2 の合波モジュール	10
1 7 A	第 2 の合波モジュール	
1 8	第 2 の光学フィルタ	
1 9	真空レギュレータ	
2 0	ガスセル	
2 1	真空ポンプ	
2 2	第 3 の光学フィルタ	
2 3	分波モジュール	
2 4	第 4 の光学フィルタ	
2 5	検出器	
2 6	A / D 変換器及び信号処理回路	20
2 7	演算処理部 (C P U)	
2 8	オン / オフ信号発生装置	
2 8 A、2 8 B、2 8 C	L D ドライバ	
3 1 A	第 1 の波長変換モジュール	
3 1 B	第 2 の波長変換モジュール	
3 1 C	第 3 の波長変換モジュール	
3 2	検出器ユニット	
3 3	受光部	
3 5 A	同期検波部	
3 5 B	同期検波部	30
3 5 C	同期検波部	
3 6	信号処理部。	

【図5】



【図6】

