

(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2010-91446

(P2010-91446A)

(43) 公開日 平成22年4月22日(2010.4.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 21/31 (2006.01)	GO 1 N 21/31 6 1 O Z	2 G O 2 O
GO 1 J 3/42 (2006.01)	GO 1 J 3/42 Z	2 G O 5 9

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2008-262414 (P2008-262414)	(71) 出願人	000001993
(22) 出願日	平成20年10月9日 (2008. 10. 9)		株式会社島津製作所
		(74) 代理人	100095670
			弁理士 小林 良平
		(72) 発明者	山内 一夫
			京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会
			社島津製作所内
		F ターム (参考)	2G020 AA05 CA02 CB33 CB43 CC02
			CD03 CD13 CD23
			2G059 AA01 EE01 EE12 FF09 GG03
			JJ05 JJ13 JJ14 JJ22 JJ24
			KK02 MM01 MM03 MM09 MM10

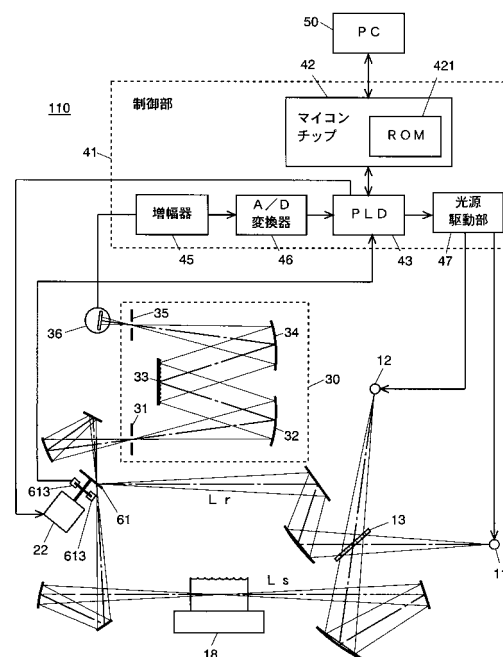
(54) 【発明の名称】 原子吸光分光光度計

(57) 【要約】

【課題】 交流電源の電源周波数に依存せずに、常に検出下限性能が最適化された状態で測定データを取得することができる原子吸光分光光度計を提供する。

【解決手段】 原子吸光分光光度計 110 に搭載されたマイコンチップ 42 上で動作する制御プログラムにおいて、交流モータ 22 を駆動させる交流電源周波数 (50 Hz / 60 Hz) の各場合に対して検出下限性能を最適化した、光源 11、12 の点灯期間及びサンプリングデータ抽出期間を複数記憶しておく。装置使用時、制御プログラムにより、装置で使用している交流電源の電源周波数が識別され、記憶されている複数の点灯期間及びサンプリングデータ抽出期間の中から、識別された電源周波数及び予め装置使用者により設定された測定モードに対応したものが選択され、適切な点灯期間がハードウェア (PLD 43) に設定される。これにより、電源周波数に依存せずに、常に検出下限性能が最適化された状態で測定データを取得することができる。

【選択図】 図 6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

a) 光源から発せられる光を 2 方向に分割し、一方の光は試料の原子化部を通過させ、他方の光は該原子化部以外の空間を通過させた後、各光を、交流モータにより回転するセクタミラーに導入し分光器へ交互に入射させ、該分光器で分光された光を検出器に入射させる光学系と、

b) 前記セクタミラーの回転に同期して、前記光源を所定の点灯期間だけ点灯させる光源制御手段と、

c) 前記セクタミラーの回転に同期して、前記検出器から出力される検出信号のサンプリングデータを所定の抽出期間に抽出するサンプリングデータ抽出手段と、

を備える原子吸光分光光度計であって、

d) 前記点灯期間及び抽出期間の設定値を、前記交流モータを駆動させる交流電源の電源周波数に対応させて複数記憶するための記憶手段と、

e) 交流電源の電源周波数を識別する周波数識別手段と、

f) 前記記憶手段から、前記周波数識別手段により識別された電源周波数に対応した設定値を読み取り、該設定値に基づいて前記光源の点灯期間及びサンプリングデータの抽出期間を設定する点灯抽出期間設定手段と、

を備えることを特徴とする原子吸光分光光度計。

【請求項 2】

前記周波数識別手段が、装置電源投入時に交流電源の電源周波数を識別することを特徴とする請求項 1 に記載の原子吸光分光光度計。

【請求項 3】

前記点灯抽出期間設定手段が、制御端末からの指示により前記光源の点灯期間及びサンプリングデータの抽出期間を変更することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の原子吸光分光光度計。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、原子吸光分光光度計に関し、更に詳しくは、ダブルビーム光学系を用いた原子吸光分光光度計に関する。

【背景技術】

【0002】

図 1 に、ダブルビーム光学系を用いた原子吸光分光光度計 10 の概略構成を示す。原子吸光分光光度計 10 は、輝線スペクトルを有する光を放射する光源であるホロカソード（HC）ランプ 11、連続スペクトルを有する光を放射する光源である重水素（D2）ランプ 12、各ランプから発せられた光を 2 方向に分割するハーフミラー 13、試料を原子化する原子化部 18、ハーフミラー 13 で分割された各光を同じ光路に送るためのセクタミラー 21、セクタミラー 21 から送られた光を分光する分光器 30、分光された光の強度を検出する検出器 36、各種信号の送受信やデータ処理等を行う制御部 40 を主な構成要素とする（特許文献 1 参照）。

【0003】

図 2 に、セクタミラー 21 の正面図を示す。セクタミラー 21 は、中心角が 90° の扇形の 2 枚のミラー 211 が軸部 212 に対して対称に取り付けられたものである。軸部 212 にはモータ 22 が接続されており、セクタミラー 21 はモータ 22 によって軸部 212 を中心に回転する。ミラー 211 の回転軌道上には、その軌道を挟むようにフォトインタラプタ 213 が配置されている。フォトインタラプタ 213 では、その位置にミラー 211 が存在するかどうかを示す検知信号が出力され、その検知信号は制御部 40 に伝達される。

セクタミラー 21 に到達する光源光はセクタミラー 21 上で有限の径を有する。図 2 に示すように、その光の径に対応する領域 A の、軸部 212 に対して対称となる位置にフォ

10

20

30

40

50

トインタラプタ 2 1 3 が配置される。この例では、領域 A とフォトインタラプタ 2 1 3 にミラー 2 1 1 の縁が差し掛かるタイミングはほぼ一致するように調整されており、領域 A にミラー 2 1 1 の縁が差し掛かるときに、フォトインタラプタ 2 1 3 から出力される検知信号の状態も切り替わる。

【0004】

原子吸光分光光度計 1 0 では、H C ランプ 1 1 及び D 2 ランプ 1 2 から発せられた光は、ハーフミラー 1 3 により 2 方向に分割される。分割された光のうち、一方の光（サンプル光 L s）は原子化部 1 8 を通過し、他方の光（リファレンス光 L r）は原子化部 1 8 以外の空間を通過した後、回転するセクタミラー 2 1 における同じ領域 A に到達する。領域 A にミラー 2 1 1 が存在しなければサンプル光 L s がそこを通過して、ミラー 2 1 1 が存在すればリファレンス光 L r がそこで反射されて、分光器 3 0 に入射する。これにより、分光器 3 0 には、サンプル光 L s とリファレンス光 L r が交互に入射する。分光器 3 0 に入射した光は、分光された後、特定波長の光が検出器 3 6 に入射する。検出器 3 6 では、入射した光の強度に応じた検出信号が出力され、その検出信号は制御部 4 0 に送られる。制御部 4 0 で受信された検出信号は、所定のサンプリング間隔で A / D 変換され、そのサンプリングデータがデータメモリに記録される。

【0005】

このような原子吸光分光光度計 1 0 では、次のようにして試料の吸光度を求める。まず、光源として H C ランプ 1 1 のみを用いる場合について説明する（以下、この場合を Non-BGC-Double 測定モードと呼ぶ）。図 3 に、この場合における H C ランプ 1 1 の点滅の様子を示す。フォトインタラプタ 2 1 3 は、サンプル光 L s がセクタミラー 2 1 を通過する期間（S 期間）には H レベルを出力し、リファレンス光 L r がセクタミラー 2 1 で反射される期間（R 期間）には L レベルを出力する。H C ランプ 1 1 は、S 期間と R 期間が切り替わるとき、つまりフォトインタラプタ 2 1 3 の検知信号が変化する変化点 P から第 1 の所定時間 T a 1 を経過したときを始点として第 2 の所定時間 T a 2 だけ点灯し、それ以外の期間は消灯する。

【0006】

このときの吸光度 A_H は、次の式で定義される。

$$A_H = -\log_{10} T_H$$

$$T_H = (H_{S'} \times H_{R0'}) / (H_{R'} \times H_{S0'})$$

この式に、下記記号に対応する値を代入することにより、試料の吸光度を求めることができる。

H_S : S 期間の H C ランプ点灯中に取得されたサンプリングデータの平均値。

DK_S : S 期間の H C ランプ消灯中に取得されたサンプリングデータの平均値。

H_R : R 期間の H C ランプ点灯中に取得されたサンプリングデータの平均値。

DK_R : R 期間の H C ランプ消灯中に取得されたサンプリングデータの平均値。

$$H_{S'} = H_S - DK_S$$

$$H_{R'} = H_R - DK_R$$

$H_{S0'}$: 試料が存在しない、つまり試料の原子化が行われていないときに予め取得された $H_{S'}$ 。

$H_{R0'}$: 試料が存在しない、つまり試料の原子化が行われていないときに予め取得された $H_{R'}$ 。

【0007】

次に、光源として H C ランプ 1 1 とともに D 2 ランプ 1 2 も用いて、バックグラウンド補正を行う場合について説明する（以下、この場合を BGC-D2-Double 測定モードと呼ぶ）。図 4 に、この場合における H C ランプ 1 1 及び D 2 ランプ 1 2 の点滅の様子を示す。フォトインタラプタ 2 1 3 は、上記 Non-BGC-Double 測定モードと同様に、S 期間には H レベルを出力し、R 期間には L レベルを出力する。H C ランプ 1 1 は、フォトインタラプタ 2 1 3 の検知信号の変化点 P から第 3 の所定時間 T b 1 を経過したときを始点として第 4 の所定時間 T b 2 だけ点灯し、それ以外の期間は消灯する。D 2 ランプ 1 2 は、検知信号の

10

20

30

40

50

変化点 P から第 5 の所定時間 T_{c1} を経過したときを始点として第 6 の所定時間 T_{c2} だけ点灯し、それ以外の期間は消灯する。なお、HC ランプ 11 と D2 ランプ 12 の点灯は重ならないように設定されている。

【0008】

このときの吸光度 A_{BGC} は、次の式で定義される。

$$A_{BGC} = -\log_{10} T_{BGC}$$

$$T_{BGC} = (H_S' \times H_{R0}' \times D_R' \times D_{S0}') / (H_R' \times H_{S0}' \times D_S' \times D_{R0}')$$

この式に、上記 Non-BGC-Double 測定モードでの吸光度を求める際に用いた記号に対応する値及び下記記号に対応する値を代入することにより、D2 ランプ 12 によりバックグラウンド補正された試料の吸光度を求めることができる。

D_S : S 期間の D2 ランプ点灯中に取得されたサンプリングデータの平均値。

D_R : R 期間の D2 ランプ点灯中に取得されたサンプリングデータの平均値。

$$D_S' = D_S - DK_S$$

$$D_R' = D_R - DK_R$$

D_{S0}' : 試料が存在しない、つまり試料の原子化が行われていないときに予め取得された D_S' 。

D_{R0}' : 試料が存在しない、つまり試料の原子化が行われていないときに予め取得された D_R' 。

【0009】

【特許文献 1】特開 2003-14631 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

一般に、セクタミラー 21 を回転させるモータ 22 は、構成を簡単にしてコストを抑え、かつ、回転音を極力小さくするなどのために、交流モータが使用され、商用交流電源で駆動されることが多い。この場合、交流モータの回転数は、交流電源の電源周波数に比例し、セクタミラーの回転数も交流電源の電源周波数に比例する。また、上記 S 期間及び R 期間の長さはセクタミラー 21 の回転数に反比例する。従って、S 期間及び R 期間の長さは交流電源の電源周波数に反比例することになる。

【0011】

図 5 に、電源周波数が 60Hz の場合 (a) と 50Hz の場合 (b) の Non-BGC-Double 測定モードでの HC ランプ 11 の点滅の様子を示す。S 期間及び R 期間の長さは、上記理由により、電源周波数が 60Hz の場合の方が短くなる。HC ランプ 11 は、いずれの場合も、フォトインタラプタ 213 の検知信号の変化点 P から第 1 の所定時間 T_{a1} を経過したときを始点として第 2 の所定時間 T_{a2} だけ点灯するように設定されているため、第 1 及び第 2 の所定時間 T_{a1} 、 T_{a2} は、点滅間隔が短い 60Hz の場合に合わせて定められている。

【0012】

しかし、このような設定では、S 期間及び R 期間が長い 50Hz の場合、つまり交流電源の電源周波数が低い場合には、単位時間あたりのランプの点灯回数が減る。一方、点灯時間である第 2 の所定時間 T_{a2} は一定値に定められているため、電源周波数が低い場合には、単位時間あたりの総点灯時間が短くなり、点灯中に取得されるサンプリングデータの数が少なくなる。これにより、サンプリングデータの統計誤差が大きくなって、元素の検出下限性能が低下する。この問題は、BGC-D2-Double 測定モードでも同様に発生する。

【0013】

本発明は以上のような課題を解決するために成されたものであり、その目的は、交流電源の電源周波数に依存せずに、常に検出下限性能が最適化された状態で測定データを取得することができる原子吸光分光光度計を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記課題を解決するために成された本発明に係る原子吸光分光光度計は、

a)光源から発せられる光を2方向に分割し、一方の光は試料の原子化部を通過させ、他方の光は該原子化部以外の空間を通過させた後、各光を、交流モータにより回転するセクタミラーに導入し分光器へ交互に入射させ、該分光器で分光された光を検出器に入射させる光学系と、

b)前記セクタミラーの回転に同期して、前記光源を所定の点灯期間だけ点灯させる光源制御手段と、

c)前記セクタミラーの回転に同期して、前記検出器から出力される検出信号のサンプリングデータを所定の抽出期間に抽出するサンプリングデータ抽出手段と、

を備える原子吸光分光光度計であって、

d)前記点灯期間及び抽出期間の設定値を、前記交流モータを駆動させる交流電源の電源周波数に対応させて複数記憶するための記憶手段と、

e)交流電源の電源周波数を識別する周波数識別手段と、

f)前記記憶手段から、前記周波数識別手段により識別された電源周波数に対応した設定値を読み取り、該設定値に基づいて前記光源の点灯期間及びサンプリングデータの抽出期間を設定する点灯抽出期間設定手段と、

を備えることを特徴とする。

【0015】

ここでいう光源制御手段は、光源自体を点灯、消灯させるものであっても、光源から発せられる光をシャッタ等で周期的に遮断するものであってもよい。

【発明の効果】

【0016】

本発明に係る原子吸光分光光度計によれば、予め記憶手段に記憶された複数の設定値のうちから電源周波数に対応した設定値が読み取られ、その設定値に基づいて光源の点灯期間及びサンプリングデータの抽出期間が設定されるため、電源周波数が異なっても、光源の点灯期間及びサンプリングデータの抽出期間を最適に設定することができる。つまり、交流電源の電源周波数に依存せずに、常に検出下限性能が最適化された状態で測定データを取得することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、本発明の一実施形態に係る原子吸光分光光度計について説明する。図6は本実施形態に係る原子吸光分光光度計110の概略構成図である。原子吸光分光光度計110は、図1に示した従来の原子吸光分光光度計10と同様の光学系を有し、ホロカソード(HC)ランプ11、重水素(D2)ランプ12、ハーフミラー13、原子化部18、セクタミラー61、交流モータ22、フォトインタラプタ613、分光器30、検出器36、制御部41を主な構成要素とする。交流モータ22は50Hz又は60Hzの商用交流電源により駆動する。分光器30は、入口スリット31、凹球面鏡32、34、平面回折格子33、出口スリット35から構成される。検出器36としては光電子増倍管等を用いることができる。

【0018】

制御部41は、CPUやROM421(フラッシュメモリであってもよい)を始めとする各種電子回路(RAM、PC50との通信に用いられるシリアルインターフェースの制御回路など)を内蔵するマイコンチップ42と、マイコンチップ42に接続し各種ハードウェアの制御を行うプログラマブルロジックデバイス(PLD)43と、検出器36から出力される検出信号を増幅する増幅器45と、増幅された検出信号をデジタル信号に変換し、そのデジタル信号をPLD43に送るA/D変換器46と、PLD43の指示に従ってHCランプ11及びD2ランプ12を点灯させる光源駆動部47から構成される。

マイコンチップ42内のROM421には、マイコンCPU上で動作する制御プログラムが書き込まれている。光源の点灯期間及びサンプリングデータの抽出期間に関する最適設定値は、電源周波数(50Hz又は60Hz)及び測定モード(Non-BGC-Double測定モード又は

10

20

30

40

50

BGC-D2-Double測定モード)に基づいて場合分けされており、マイコンチップ42上で動作する制御プログラムの内部変数として取り扱われる。以下、マイコンチップ42と表現した場合は、上記制御プログラム機能をチップの一部として持つものとする。

【0019】

図7に、本実施形態におけるセクタミラー61の正面図(a)及び上面図(b)を示す。セクタミラー61は、中心角が90°の扇形の2枚のミラー611が軸部612に対して対称に取り付けられたものである。軸612には交流モータ22が接続されており、セクタミラー61は交流モータ22によって軸部612を中心に回転する。

軸部612には、扇形の2枚のタイミング・プレート615が、正面から見るとミラー611にほぼ重なる位置に取り付けられている。タイミング・プレート615の中心角はミラー611よりも小さい。

タイミング・プレート615の回転軌道上には、その軌道を挟むように、2つのフォトインタラプタ613が90°の角度をなして配置されている。各フォトインタラプタ613はその位置にタイミング・プレート615が存在するときにはHレベルを、タイミング・プレート615が存在しないときにはLレベルを検知信号として出力する。

ミラー611とタイミング・プレート615の中心角の角度差は、回転するミラー611の縁が、セクタミラー61での光源光の領域Aの端から端に移動するときのミラー611の回転角度と同じにする。これにより、一方のフォトインタラプタ613(図7(a)では右側のフォトインタラプタ)にはミラー611が領域Aから完全に外れているときのみHレベルを出力させ、他方のフォトインタラプタ613(図7(a)では左側のフォトインタラプタ)にはミラー611が領域Aの全域を覆っているときのみHレベルを出力させることができる。

【0020】

光源の点灯期間及びサンプリングデータの抽出期間に関する設定値について図8を用いて説明する。この例では、Non-BGC-Double測定モードにてHCランプ11のみを点滅させており、設定値として第1、第2、第3の所定時間Td1、Td2、Td3が定められている。ここでの光源の点灯及びサンプリングデータの抽出は次のように行われる。まず、フォトインタラプタ613の検知信号の変化点P(本実施形態では、2つあるフォトインタラプタのうち、どちらか一方がLレベルからHレベルに変化した時点から、もう一方がLレベルからHレベルに変化する時点までの期間を、S期間、またはR期間とし、それら期間が始まる時点を変化点Pとする)から第1の所定時間Td1が経過し、さらに第2の所定時間Td2が経過すると、その時点を開始点として第3の所定時間Td3だけサンプリングデータが抽出される。このデータは光源が消灯しているときのものである。次に、その抽出の終了と同時にHCランプ11が点灯し、さらにそこから第2の所定時間Td2だけ経過した時点を開始点として第3の所定時間Td3だけサンプリングデータが抽出される。このデータは光源が点灯しているときのものである。その抽出の終了と同時にHCランプ11は消灯する。なお、この例は一例であって、光源の点灯期間及びサンプリングデータの抽出期間に関する設定値は上記以外にも様々な方法で定めることができる。

【0021】

以下、本実施形態に係る原子吸光分光光度計110の動作について説明する。原子吸光分光光度計110では、装置電源投入時に、マイコンチップ42の指示により、交流モータ22を駆動してセクタミラー61を一時的に回転させる。その回転に伴ってフォトインタラプタ613からHレベルとLレベルの信号が周期的に出力され、その信号がPLD43を介してマイコンチップ42に到達する。マイコンチップ42は、受信した信号に基づいてS期間及びR期間の長さを判断し、商用交流電源の電源周波数(50Hz/60Hz)を識別する。その後、ユーザによりPC50又は図示しない入力装置より測定モードが選択されると、マイコンチップ42は、制御プログラム内部変数として記憶保持している2種類(50Hz用、または60Hz用)の光源点灯期間及びサンプリングデータ抽出期間の中から、識別した電源周波数のものを選択し、点灯期間をハードウェア(PLD43)に設定する。

【0022】

測定中においても、セクタミラー61の回転に伴ってフォトインタラプタ613から周期的に出力される検知信号がPLD43に伝達される。PLD43は、受信した検知信号の変化点P及びマイコンチップ42から設定された光源の点灯期間に関する設定値に基づいて、光源駆動部47に光源の点灯及び消灯を指示する。光源駆動部47は、その指示に従ってHCランプ11及びD2ランプ12に電流を供給し、それらを点灯及び消灯させる。

【0023】

HCランプ11及びD2ランプ12から発せられた光は、ハーフミラー13、セクタミラー61、分光器30等を経由して検出器36に入射する。検出器36では、入射した光が光電変換され、光強度に応じた検出信号が出力される。その検出信号は、増幅器45で増幅され、A/D変換器46で所定のサンプリング間隔（例えば10 μ s）でデジタル信号に変換されて、そのサンプリングデータがPLD43を介してマイコンチップ42に送られる。

【0024】

マイコンチップ42は、フォトインタラプタ613の検知信号の変化点P、及び電源周波数と測定モードから決定したサンプリングデータの抽出期間に関する設定値に基づいて、受信したサンプリングデータの中から特定の期間のデータのみを抽出し、そのデータを所定のデータメモリに記録する。このようにして得られたサンプリングデータを用いることにより試料の吸光度を算出することができる。

【0025】

本実施例に係る原子吸光分光光度計110では、光源の点灯期間に関するデフォルトの設定値は上記のとおり、マイコンチップ42の制御プログラム内部変数として記憶されているが、PC50から送られる制御コマンドによって上記内部変数を書き換えることにより、光源の点灯期間を一時的に変更することが可能である。また、サンプリングデータの抽出期間も同様に、上記内部変数を書き換えることによって変更することが可能である。このような書き換えの作業は、装置から回路基板を取り出さなくても行えるものであるため、各設定値を頻繁に変更することが容易であり、各設定値の最適値を探索する際になどに有用である。なお、各設定値の最適値を探索する作業は、通常、ユーザが行うのではなく、装置の開発者が行う。

【0026】

以下、各設定値の最適化の手順の一例を図9～12を用いて説明する。この例では、Non-BGC-Double測定モードにてHCランプ11のみを点滅させることとし、HCランプ11はCu（吸光波長324.7nm）、HCランプ11の光量を決めるランプ電流値は8mA、サンプリング間隔は10 μ sとする。光源の点灯期間及びサンプリングデータの抽出期間に関する設定値は、以下の時間T1、T2、T3として定める。

T1：第1切り捨て時間（ $\times 10\mu$ s）

T2：第2切り捨て時間（ $\times 10\mu$ s）

T3：データ取得対象時間（ $\times 10\mu$ s）

【0027】

上記T1～T3に基づいて、サンプリングデータの抽出期間は次のようにして決まる。図9に示すように、フォトインタラプタ613の検知信号の変化点Pから第1切り捨て時間T1経過後に、データ取得対象時間T3が始まる。データ取得対象時間T3は、S期間及びR期間におけるサンプリングデータの取得対象時間であり、その前半の1/2が消灯時データ取得対象時間T3A、後半の1/2が点灯時データ取得対象時間T3Bである。ただし、光源の立ち上がり時の光量は不安定であるため、サンプリングデータは、点灯時データ取得対象時間T3Bの開始時から第2切り捨て時間T2の間は抽出せず、その後の点灯時データ取得対象時間T3Bにのみ抽出する。なお、データ処理の対称性の都合上、消灯時データ取得対象時間T3Aにおいても、サンプリングデータは、その開始時から第2切り捨て時間T2の間は抽出せず、その後の消灯時データ取得対象時間T3Aにのみ抽

出する。

【0028】

このような $T1 \sim T3$ は、ベースライン測定（試料を何も導入してない状態での測定）時の吸光度の標準偏差（SD 値）が最小になるように最適化する。この SD 値は、5 秒間の吸光度の測定を 7 回行って各測定での吸光度の平均値の標準偏差を求めるという作業を 10 回繰り返し、それにより得られる 10 個の標準偏差を平均した値として定義する。

【0029】

図 10 に、電源周波数が 60Hz（S 期間及び R 期間が $833 \times 10 \mu s$ ）の場合に $T2$ 及び $T3$ を固定し（ $T2 = 0 \mu s$ 、 $T3 = 460 \times 10 \mu s$ ）、 $T1$ を $0 \sim 360 \times 10 \mu s$ の範囲で変化させたときの吸光度の SD 値の変化の様子を示す。この図の横軸は $T1$ と $T3$ を足し合わせた時間を表す。この図より、 $T1$ と $T3$ を足し合わせた時間が最小値（ $460 \times 10 \mu s$ ）のとき、つまり $T1 = 0 \mu s$ のときであっても、吸光度の SD 値は最小一定値を取ることが分かる。従って、 $T1$ の最適値を $0 \mu s$ とした。なお、 $T1$ と $T3$ を足し合わせた時間が $700 \times 10 \mu s$ を過ぎるあたりから、吸光度の SD 値が急激に上昇しているが、これは、図 9 に示すように、セクタミラー 61 に到達する光が、設計上、セクタミラー 61 の回転角の 12.7° に対応する幅を有しており、その光が上記時間を過ぎるあたりでミラー 211 の端部に差し掛かるために生じると解釈することができる。

【0030】

図 11 に、 $T1$ 及び $T2$ を固定し（ $T1 = 0 \mu s$ 、 $T2 = 0 \mu s$ ）、 $T3$ を $460 \sim 780 \times 10 \mu s$ の範囲で変化させたときの吸光度の SD 値の変化の様子を示す。この図より、 $T3 = 600 \times 10 \mu s$ のときに吸光度の SD 値は最小値を取ることが分かる。従って、 $T3$ の最適値を $600 \times 10 \mu s$ とした。

【0031】

図 12 に、 $T1$ 及び $T3$ を固定し（ $T1 = 0 \mu s$ 、 $T3 = 600 \times 10 \mu s$ ）、 $T2$ を $0 \sim 90 \times 10 \mu s$ の範囲で変化させたときの吸光度の SD 値の変化の様子を示す。この図より、 $T2 = 30 \times 10 \mu s$ のときに吸光度の SD 値は最小値を取ることが分かる。従って、 $T2$ の最適値を $30 \times 10 \mu s$ とした。なお、このように測定範囲の両端で SD 値が大きくなることは、 $T2$ が小さすぎる場合には光源の立ち上がり時の不安定な測定データを使うことになるために生じ、逆に $T2$ が大きすぎる場合には演算に用いるサンプリングデータの数が少なく統計上の誤差が大きくなるために生じると解釈することができる。

【0032】

以上をまとめると、本測定では、吸光度の SD 値が最小になるときの $T1 \sim T3$ は、 $T1 = 0 \mu s$ 、 $T2 = 30 \times 10 \mu s$ 、 $T3 = 600 \times 10 \mu s$ であった。また、S 期間及び R 期間が $833 \times 10 \mu s$ であることから、データ取得対象時間 $T3$ は、S 期間及び R 期間に対して $600 / 833 = 0.72$ （72%）となっていた。

【0033】

次に、電源周波数が 50Hz の場合について検討する。この場合、S 期間及び R 期間は $1000 \times 10 \mu s$ となるため、上記結果を用いて、 $1000 \times 0.72 = 720$ （ $\times 10 \mu s$ ）が最適なデータ取得対象時間 $T3$ となる。また、第 2 切り捨て時間 $T2$ は、セクタミラー 61 の回転数に寄らず、回路の電気特性にのみ依存すると考えられるため、60Hz のときと同様に、 $30 \times 10 \mu s$ を最適値とすることができる。つまり、この場合に吸光度の SD 値が最小になるのは、第 1 切り捨て時間 $T1 = 0 \mu s$ 、第 2 切り捨て時間 $T2 = 30 \times 10 \mu s$ 、データ取得対象時間 $T3 = 720 \times 10 \mu s$ のときである。

【0034】

さらに、BGC-D2-Double 測定モードの場合について検討する。この場合、図 13 に示すように、フォトインタラプタ 613 の検知信号の変化点 P から第 1 切り捨て時間 $T1$ 経過後に、第 2 のデータ取得対象時間 $T4$ が始まる。第 2 のデータ取得対象時間 $T4$ のうち、初めの $1 / 4$ の時間は HC ランプ消灯時データ取得対象時間 $T4A$ であり、次の $1 / 4$ の時間は HC ランプ点灯時データ取得対象時間 $T4B$ であり、その次の $1 / 4$ の時間は D2 ランプ消灯時データ取得対象時間 $T4C$ であり、最後の $1 / 4$ の時間は D2 ランプ点灯時

データ取得対象時間 $T_4 D$ である。サンプリングデータは、上記Non-BGC-Double測定モードと同様に、 $T_4 A \sim T_4 D$ の各開始時から第2切り捨て時間 T_2 の間は抽出されない。

【0035】

上記Non-BGC-Double測定モードにて得られた結果はここでも適用することが可能であり、第1切り捨て時間 T_1 、第2切り捨て時間 T_2 は上記と同じ値 ($T_1 = 0 \mu s$ 、 $T_2 = 30 \times 10 \mu s$) が最適値となる。第2のデータ取得対象時間 T_4 は、電源周波数が60Hzの場合は、S期間及びR期間が $833 \times 10 \mu s$ であるため、 $833 \times 0.72 = 600 (\times 10 \mu s)$ が最適値となる。電源周波数が50Hzの場合は、S期間及びR期間が $1000 \times 10 \mu s$ であるため、 $1000 \times 0.72 = 720 (\times 10 \mu s)$ が最適値となる。

【0036】

こうして求めた各値を、電源周波数及び測定モードに対応させて、マイコンチップ42の制御プログラム内部変数のデフォルト値として記憶保持しておくことにより、前述のような最適な測定を行うことができる。

【0037】

上記実施形態は本発明の一例であり、本発明の趣旨の範囲で適宜変更が許容される。例えば、光源を周期的に点灯及び消灯させる代わりに、光源から発せられる光をシャッタ等を用いて周期的に遮断することにより、光源を点滅させてもよい。サンプル光 L_s 及びリファレンス光 L_r がセクタミラーに到達する位置は、光源の点灯期間やサンプリングデータの抽出時間の設定値を適切に定めておけば、図2に示した領域Aの位置でなくても構わない。フォトインタラプタは1つであってもよく、また、セクタミラーの回転軌道上に配置してもよい。設定値を記憶する記憶手段は、マイコンチップ外部のメモリ等であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】ダブルビーム光学系を用いた原子吸光分光光度計の概略構成図。

【図2】セクタミラーの正面図。

【図3】Non-BGC-Double測定モードでのHCランプの点滅の様子を示す図。

【図4】BGC-D2-Double測定モードでのHCランプ及びD2ランプの点滅の様子を示す図。

【図5】Non-BGC-Double測定モードでのHCランプの点滅の様子を示す図であり、(a)は電源周波数が60Hzの場合、(b)は同50Hzの場合を示す。

【図6】本発明の一実施形態に係る原子吸光分光光度計の概略構成図。

【図7】セクタミラーの正面図(a)及び上面図(b)。

【図8】Non-BGC-Double測定モードでのHCランプの点滅の様子及びサンプリングデータの抽出期間の一例を示す図。

【図9】Non-BGC-Double測定モードでのHCランプの点滅の様子及びサンプリングデータの抽出期間の一例を示す図。

【図10】吸光度のSD値と、第1切り捨て時間 T_1 とデータ取得対象時間 T_3 を足し合わせた時間の関係を示す図。

【図11】吸光度のSD値とデータ取得対象時間 T_3 の関係を示す図。

【図12】吸光度のSD値と第2切り捨て時間 T_2 の関係を示す図。

【図13】BGC-D2-Double測定モードでのHCランプ及びD2ランプの点滅の様子及びサンプリングデータの抽出期間の一例を示す図。

【符号の説明】

【0039】

10、110…原子吸光分光光度計

11…HCランプ

12…D2ランプ

13…ハーフミラー

18…原子化部

10

20

30

40

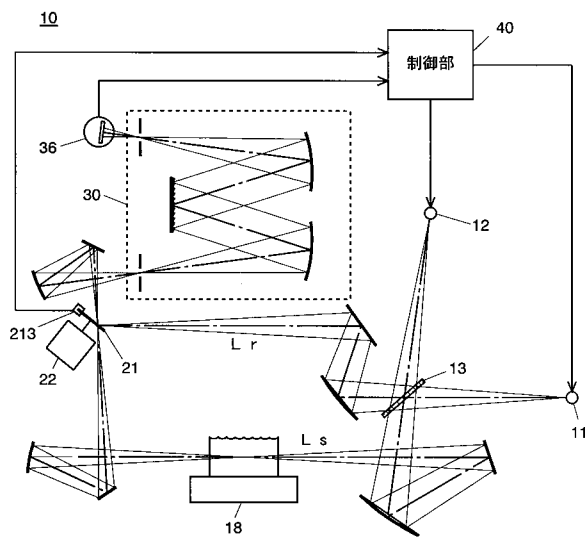
50

- 21、61…セクタミラー
 211、611…ミラー
 212、612…軸部
 213、613…フォトインタラプタ
 22…モータ
 30…分光器
 31…入口スリット
 32、34…凹球面鏡
 33…平面回折格子
 35…出口スリット
 36…検出器
 40、41…制御部
 42…マイコンチップ
 421…ROM
 43…プログラマブルロジックデバイス (PLD)
 45…増幅器
 46…A/D変換器
 47…光源駆動部
 50…PC
 615…タイミング・プレート
 Lr…リファレンス光
 Ls…サンプル光

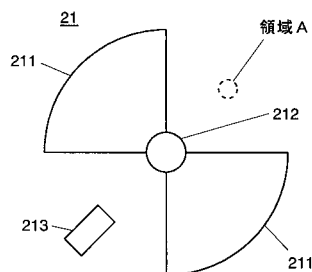
10

20

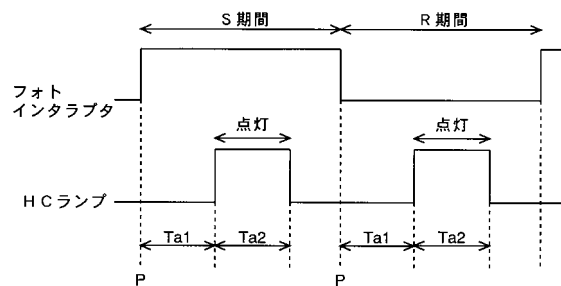
【図1】



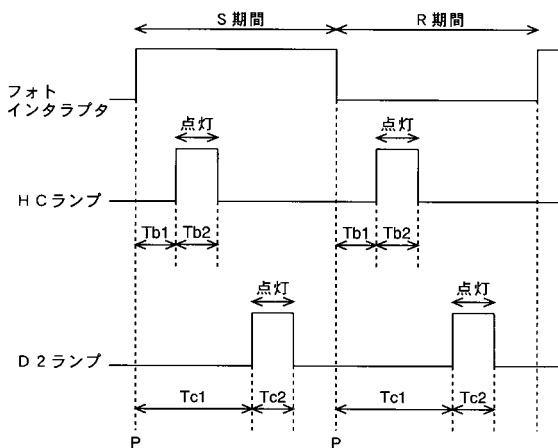
【図2】



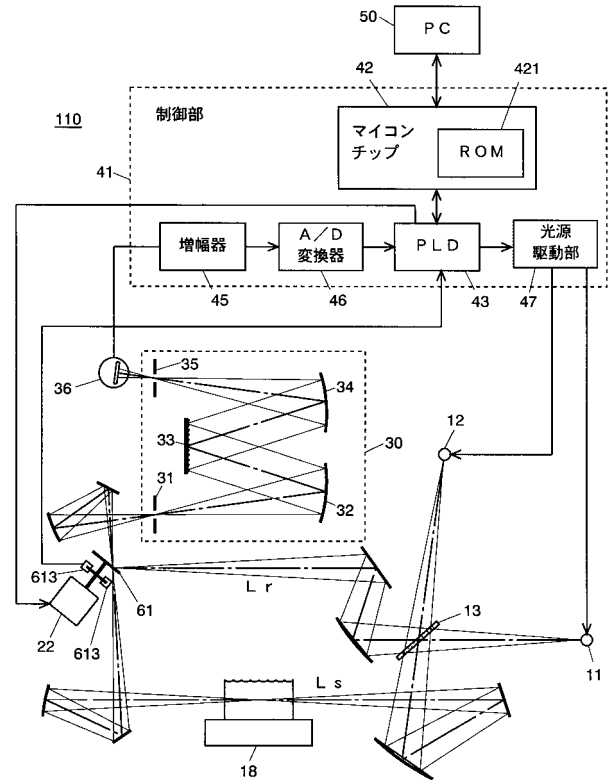
【図3】



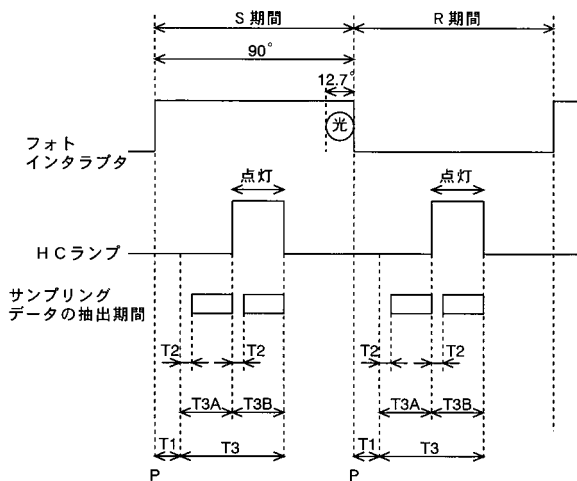
【図4】



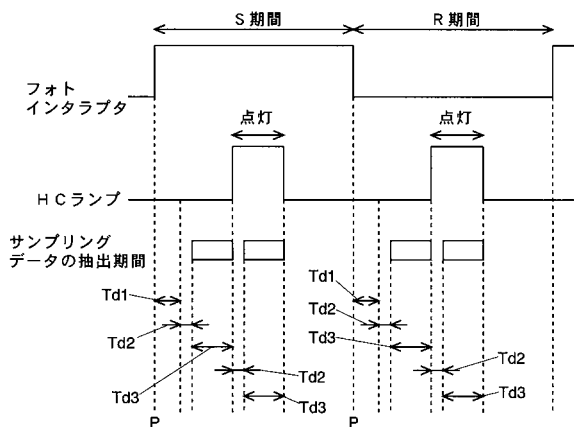
【图 6】



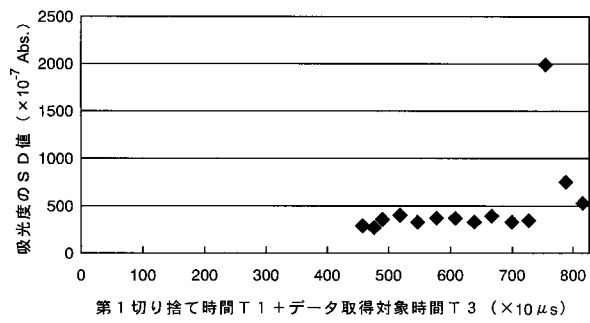
【图 9】



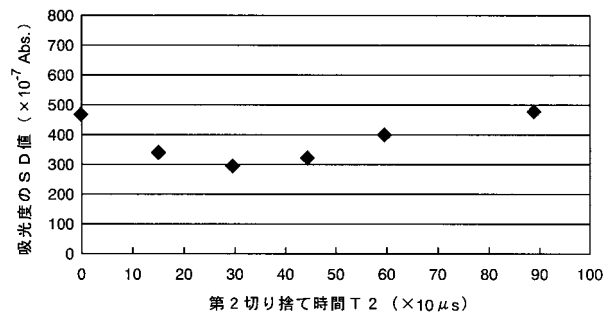
【図 8】



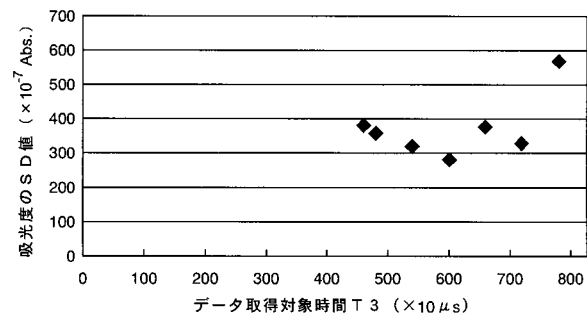
【図 10】



【図 12】



【図 11】



【図 13】

