

(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2014-228281
(P2014-228281A)

(43) 公開日 平成26年12月8日(2014.12.8)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
G O 1 J 3/02 (2006.01) G O 1 J 3/02 C 2 G O 2 0

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2013-105468 (P2013-105468)
(22) 出願日 平成25年5月17日 (2013.5.17)

(71) 出願人 000001270
コニカミノルタ株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号
(74) 代理人 100067828
弁理士 小谷 悦司
(74) 代理人 100115381
弁理士 小谷 昌崇
(74) 代理人 100111453
弁理士 櫻井 智
(72) 発明者 柏原 将人
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コ
ニカミノルタ株式会社内
(72) 発明者 越智 圭三
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コ
ニカミノルタ株式会社内

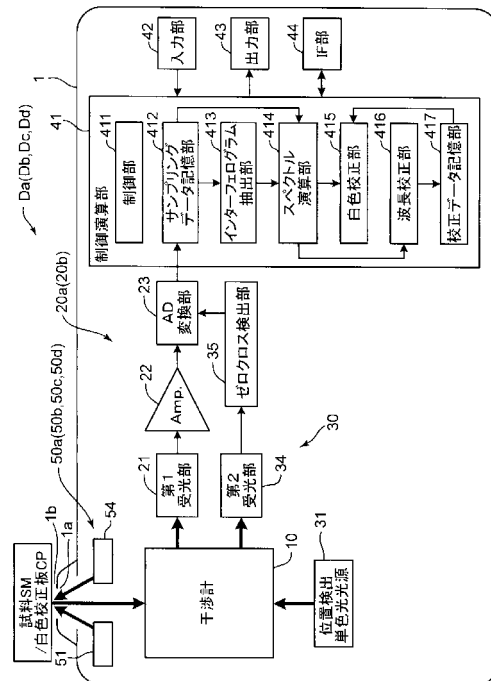
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フーリエ変換型分光計およびフーリエ変換型分光計の校正方法

(57) 【要約】

【課題】本発明は、白色校正および波長校正を互いに同等の頻度で実施できるフーリエ変換型分光計およびその校正方法を提供する。

【解決手段】本発明のフーリエ変換型分光計 D a は、測定光を放射する測定光光源 5 1 と、波長校正光を放射する波長校正光光源 5 4 と、所定光を干渉させて得られたインターフェログラムに基づいてフーリエ変換を用いて所定光のスペクトルを求めるフーリエ変換分光部 1 0、2 0 a、3 0、4 1 と、白色校正板 C P による測定光の反射光を前記所定光として前記フーリエ変換分光部に入射させて前記フーリエ変換分光部を白色校正する白色校正部 4 1 5 と、白色校正板 C P による波長校正光の反射光を前記所定光として前記フーリエ変換分光部に入射させて前記フーリエ変換分光部を波長校正する波長校正部 4 1 6 とを備え、白色校正部 4 1 5 および波長校正部 4 1 6 は、時間的に続けて白色校正および波長校正を行う。



【選択図】 図 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定用の測定光を放射する測定光光源と、
 波長校正用の波長校正光を放射する波長校正光光源と、
 所定光を干渉させることによって得られたインターフェログラムに基づいてフーリエ変換を用いて前記所定光のスペクトルを求めるフーリエ変換分光部と、
 前記測定光を白色校正板で反射させた反射白色校正光を前記所定光として前記フーリエ変換分光部に入射させることによって前記フーリエ変換分光部を白色校正する白色校正部と、

前記波長校正光を白色校正板で反射させた反射波長校正光を前記所定光として前記フーリエ変換分光部に入射させることによって前記フーリエ変換分光部を波長校正する波長校正部とを備え、

前記白色校正部および前記波長校正部は、時間的に続けて白色校正および波長校正を行うこと

を特徴とするフーリエ変換型分光計。

【請求項 2】

前記測定光光源と前記波長校正光光源とは、それぞれ、個別の光源であることを特徴とする請求項 1 に記載のフーリエ変換型分光計。

【請求項 3】

前記波長校正光光源は、キセノンランプと、前記キセノンランプを、発光後所定時間内、一定の光強度で発光させるフラット発光制御部とを備えるフラット発光キセノンランプであること

を特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のフーリエ変換型分光計。

【請求項 4】

前記波長校正光光源は、発光ダイオードおよびレーザ光源のうちのいずれか一方の光源と、前記光源に関する温度を測定する温度測定部と、前記温度測定部で測定された温度に基づいて前記光源を所定の波長で発光させる発光波長制御部とを備える定波長光源であること

を特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のフーリエ変換型分光計。

【請求項 5】

前記フーリエ変換分光部は、

前記所定光の入射位置から干渉位置までの間に 2 個の光路を形成する複数の光学素子を備え、前記複数の光学素子には、光軸方向に移動することによって前記 2 個の光路間に光路差を生じさせる光路差形成光学素子が含まれる干渉計と、

前記光路差形成光学素子の光軸上の位置を検出するための位置検出用の単色光を放射する位置検出単色光光源と、

前記干渉計で生成された前記単色光の干渉光を光電変換することによって得られた信号が所定の基準値と交差するタイミングでクロス信号を出力するタイミング出力部と、

前記干渉計で生成された前記所定光のインターフェログラムを前記ゼロクロス信号でサンプリングすることで測定するインターフェログラム測定部と、

前記インターフェログラム測定部によって測定されたインターフェログラムに基づいてフーリエ変換を用いて前記所定光のスペクトルを求めるスペクトル演算部とを備え、

前記波長校正光光源は、前記位置検出単色光光源と兼用され、前記波長校正光は、前記位置検出単色光の一部の光であること

を特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のフーリエ変換型分光計。

【請求項 6】

前記位置検出単色光の一部の光の波長を前記インターフェログラム測定部の測定可能な波長に波長変換する波長変換部をさらに備え、

前記波長校正光は、前記位置検出単色光の一部の光を前記波長変換部で波長変換した波長変換光であること

10

20

30

40

50

を特徴とする請求項 5 に記載のフーリエ変換型分光計。

【請求項 7】

前記波長校正部は、前記位置検出単色光の一部の光の波長を測定可能に前記インターフェログラム測定部の測定波長範囲をオーバーサンプリングによって拡大すること

を特徴とする請求項 5 に記載のフーリエ変換型分光計。

【請求項 8】

既知な波長を透過中心波長に持ち、輝線相当の透過波長帯域を持つバンドパスフィルタをさらに備え、

前記波長校正光は、前記測定光を前記バンドパスフィルタで濾波した濾波光であることを特徴とする請求項 1 に記載のフーリエ変換型分光計。

10

【請求項 9】

回折格子と、前記回折格子で回折された所定の次数の光のみを透過させるスリットを形成したスリット部材と備えるモノクロメータ部をさらに備え、

前記波長校正光は、前記測定光を前記モノクロメータ部で単色化した単色光であることを特徴とする請求項 1 に記載のフーリエ変換型分光計。

【請求項 10】

所定光を干渉させることによって得られたインターフェログラムに基づいてフーリエ変換を用いて前記所定光のスペクトルを求めるフーリエ変換分光部に、測定用の測定光を白色校正板で反射させた反射白色校正光を前記所定光として入射させることによって前記フーリエ変換分光部を白色校正する白色校正工程と、

20

波長校正用の波長校正光を白色校正板で反射させた反射波長校正光を前記所定光として前記フーリエ変換分光部に入射させることによって前記フーリエ変換分光部を波長校正する波長校正工程とを備え、

前記白色校正工程および前記波長校正工程は、時間的に続けて行われること

を特徴とするフーリエ変換型分光計の校正方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、フーリエ変換型分光計およびその校正方法に関し、特に、白色校正および波長校正を実施できるフーリエ変換型分光計およびフーリエ変換型分光計の校正方法に関する。

30

【背景技術】

【0002】

分光計は、測定対象の所定光（被測定光）における各波長（各波数）の成分（光強度）を表すスペクトルを測定する装置であり、その一つに、フーリエ変換を用いたフーリエ変換型分光計が知られている。このフーリエ変換型分光計は、大略、干渉計で所定光の干渉光を測定し、この測定結果をフーリエ変換することによって前記所定光のスペクトルを求める測定装置である。このフーリエ変換型分光計では、干渉計の出力は、所定光に含まれる複数の波長の光が前記干渉計によって一括で干渉された合成波形であり、インターフェログラムと呼ばれ、このインターフェログラムをフーリエ変換することによって、前記所定光のスペクトルが求められる。このインターフェログラムは、所定の範囲で 1 または複数の急峻なピークを持つと共に残余の範囲では略ゼロレベルとなるプロファイルとなり、この 1 または複数の急峻なピークのうちの中央のピークは、センターバーストと呼ばれる。

40

【0003】

このようなフーリエ変換型分光計を含む分光計では、一般に、所定の測定精度を得るために、いわゆる白色校正および波長校正の各校正が必要である。

【0004】

この白色校正は、明るさに関するずれ、すなわち、分光特性の縦軸の目盛りを校正するものであり、干渉光の測定結果と測定の際における光源の分光エネルギーとを対応付ける

50

処理（どの波長の光がどの程度の強度であるかを値付ける処理）である。例えば、測定対象の物体を配置するための測定位置に、測定範囲の波長を高い反射率（約 90%～約 99%）で反射できるいわゆる白色校正板（標準白色板）を配置して測定することによって白色校正が行われる。

【0005】

前記波長校正は、波長に関するずれ、すなわち、分光特性の横軸の目盛りを校正するものであり、干渉光の測定結果と実際の波長とを対応付ける処理（どの測定データがどの波長値のデータを表しているかを値付ける処理）である。例えば、フーリエ変換型分光計では、フーリエ変換で得られるスペクトルの番号と波数とを対応付けることによって波長校正が行われる。この波長校正は、例えば、波長の既知な物理特性を持つ標準試料（基準光）を分光計で測定し、その測定結果と前記既知な波長とを対比することによって行われる。このような波長校正に関する技術は、例えば、特許文献 1 および特許文献 2 に開示されている。この特許文献 1 では、波長校正の基準光は、1 次スペクトルピークにおいて吸収するネオジウムでドーピングされたイットリウムアルミニウムガーネット（Nd:YAG）水晶フィルタとファブリペローエタロンフィルタとを組み合わせることで狭帯域化することによって生成されている。前記特許文献 2 では、波長校正には、水とプロパノール（3.83w/w%）から成る標準化液体における 2 つの明確な吸収ピークが用いられる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

20

【特許文献 1】特許第 3547771 号公報

【特許文献 2】特許第 3694029 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、フーリエ変換型分光計の白色校正は、ユーザ側で実施されるが、その波長校正は、通常、メーカ側で実施されるため、ユーザは、メーカにフーリエ変換型分光計を送り、メーカに波長校正を依頼している。このため、フーリエ変換型分光計の白色校正は、比較的、多数実施され、分光特性の縦軸の精度は、比較的維持される一方、フーリエ変換型分光計の波長校正は、実施頻度が比較的少なく、分光特性の横軸の精度が、前記縦軸の場合に較べて比較的維持され難い状況にあった。

30

【0008】

本発明は、上述の事情に鑑みて為された発明であり、その目的は、白色校正および波長校正を互いに同等の頻度で実施できるフーリエ変換型分光計およびフーリエ変換型分光計の校正方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明者は、種々検討した結果、上記目的は、以下の本発明により達成されることを見出した。すなわち、本発明の一態様にかかるフーリエ変換型分光計は、測定用の測定光を放射する測定光光源と、波長校正用の波長校正光を放射する波長校正光光源と、所定光を干渉させることによって得られたインターフェログラムに基づいてフーリエ変換を用いて前記所定光のスペクトルを求めるフーリエ変換分光部と、前記測定光を白色校正板で反射させた反射白色校正光を前記所定光として前記フーリエ変換分光部に入射させることによって前記フーリエ変換分光部を白色校正する白色校正部と、前記波長校正光を白色校正板で反射させた反射波長校正光を前記所定光として前記フーリエ変換分光部に入射させることによって前記フーリエ変換分光部を波長校正する波長校正部とを備え、前記白色校正部および前記波長校正部は、時間的に続けて白色校正および波長校正を行うことを特徴とする。

40

【0010】

このようなフーリエ変換型分光計は、時間的に続けて白色校正および波長校正を行うの

50

で、白色校正および波長校正を互いに同等の頻度で実施できる。また、このようなフーリエ変換型分光計は、白色校正板を用いて波長校正を行うので、所定のジオメトリで波長校正光が白色校正板に入射しない場合でも、反射波長校正光をフーリエ変換分光部に入射でき、波長校正を行うことができる。そして、このようなフーリエ変換型分光計は、測定対象の物体（測定サンプル、試料、被測定物）を配置するための測定位置（サンプル配置位置）に白色校正板を配置して白色校正および波長校正を行うので、ずれ要因を略全て含めて校正できる。このため、このようなフーリエ変換型分光計は、より高精度に校正でき、より高精度な測定結果を得ることができる。

【0011】

また、他の一態様では、上述のフーリエ変換型分光計において、前記測定光光源と前記波長校正光光源とは、それぞれ、個別の光源であることを特徴とする。

10

【0012】

このようなフーリエ変換型分光計は、前記測定光光源と前記波長校正光光源とをそれぞれ個別の光源で備えるので、測定に適した光源を採用することができ、波長校正に適した光源を採用することができる。このため、このようなフーリエ変換型分光計は、所望の測定精度で測定でき、所望の校正精度で波長校正できる。

【0013】

また、他の一態様では、これら上述のフーリエ変換型分光計において、前記波長校正光光源は、キセノンランプと、前記キセノンランプを、発光後所定時間内、一定の光強度で発光させるフラット発光制御部とを備えるフラット発光キセノンランプであることを特徴とする。

20

【0014】

このようなフーリエ変換型分光計は、フラット発光キセノンランプを用いるので、波長校正中、安定した光強度で波長校正できる。このため、このようなフーリエ変換型分光計は、より精度よく波長校正できる。

【0015】

また、他の一態様では、これら上述のフーリエ変換型分光計において、前記波長校正光光源は、発光ダイオードおよびレーザ光源のうちのいずれか一方の光源と、前記光源に関する温度を測定する温度測定部と、前記温度測定部で測定された温度に基づいて前記光源を所定の波長で発光させる発光波長制御部とを備える定波長光源であることを特徴とする。

30

【0016】

一般に、発光ダイオードやレーザ光源は、発光波長に温度依存性を持つ。このようなフーリエ変換型分光計は、発光波長を温度制御する発光ダイオードまたはレーザ光源を用いるので、より精度よく波長校正できる。

【0017】

また、他の一態様では、これら上述のフーリエ変換型分光計において、前記フーリエ変換分光部は、前記所定光の入射位置から干渉位置までの間に2個の光路を形成する複数の光学素子を備え、前記複数の光学素子には、光軸方向に移動することによって前記2個の光路間に光路差を生じさせる光路差形成光学素子が含まれる干渉計と、前記光路差形成光学素子の光軸上の位置を検出するための位置検出用の単色光を放射する位置検出単色光光源と、前記干渉計で生成された前記単色光の干渉光を光電変換することによって得られた信号が所定の基準値と交差するタイミングでクロス信号を出力するタイミング出力部と、前記干渉計で生成された前記所定光のインターフェログラムを前記ゼロクロス信号でサンプリングすることで測定するインターフェログラム測定部と、前記インターフェログラム測定部によって測定されたインターフェログラムに基づいてフーリエ変換を用いて前記所定光のスペクトルを求めるスペクトル演算部とを備え、前記波長校正光光源は、前記位置検出単色光光源と兼用され、前記波長校正光は、前記位置検出単色光の一部の光であることを特徴とする。

40

【0018】

50

このようなフーリエ変換型分光計は、フーリエ変換分光部の位置検出単色光光源の位置検出単色光を波長校正光に流用するので、別途、波長校正光光源を備える必要がない。

【0019】

また、他の一態様では、上述のフーリエ変換型分光計において、前記位置検出単色光の一部の光の波長を前記インターフェログラム測定部の測定可能な波長に波長変換する波長変換部をさらに備え、前記波長校正光は、前記位置検出単色光の一部の光を前記波長変換部で波長変換した波長変換光であることを特徴とする。

【0020】

このようなフーリエ変換型分光計は、前記インターフェログラム測定部が位置検出単色光の波長を検出し難いあるいは検出できない場合でも、波長変換部を備えるので、位置検出用レーザ光を波長校正光に流用できる。

10

【0021】

また、他の一態様では、上述のフーリエ変換型分光計において、前記波長校正部は、前記位置検出単色光の一部の光の波長を測定可能に前記インターフェログラム測定部の測定波長範囲をオーバサンプリングによって拡大することを特徴とする。

【0022】

このようなフーリエ変換型分光計は、オーバサンプリングによって前記インターフェログラム測定部の測定波長範囲を、前記位置検出単色光の波長を測定可能に拡大するので、位置検出用レーザ光を波長校正光に流用できる。

【0023】

また、他の一態様では、上述のフーリエ変換型分光計において、既知な波長を透過中心波長に持ち、輝線相当の透過波長帯域を持つバンドパスフィルタをさらに備え、前記波長校正光は、前記測定光を前記バンドパスフィルタで濾波した濾波光であることを特徴とする。

20

【0024】

このようなフーリエ変換型分光計は、入射光を狭帯域化する前記バンドパスフィルタを備えるので、前記測定光を前記波長校正光に流用できる。

【0025】

また、他の一態様では、上述のフーリエ変換型分光計において、回折格子と、前記回折格子で回折された所定の次数の光のみを透過させるスリットを形成したスリット部材と備えるモノクロメータ部をさらに備え、前記波長校正光は、前記測定光を前記モノクロメータ部で単色化した単色光であることを特徴とする。

30

【0026】

このようなフーリエ変換型分光計は、入射光を単波長光化する前記モノクロメータ部を備えるので、前記測定光を前記波長校正光に流用できる。

【0027】

また、本発明の他の一態様にかかるフーリエ変換型分光計の校正方法は、所定光を干渉させることによって得られたインターフェログラムに基づいてフーリエ変換を用いて前記所定光のスペクトルを求めるフーリエ変換分光部に、測定用の測定光を白色校正板で反射させた反射白色校正光を前記所定光として入射させることによって前記フーリエ変換分光部を白色校正する白色校正工程と、波長校正用の波長校正光を白色校正板で反射させた反射波長校正光を前記所定光として前記フーリエ変換分光部に入射させることによって前記フーリエ変換分光部を波長校正する波長校正工程とを備え、前記白色校正工程および前記波長校正工程は、時間的に続けて行われることを特徴とする。

40

【0028】

このようなフーリエ変換型分光計の校正方法は、時間的に続けて白色校正工程および波長校正工程を行うので、白色校正および波長校正を互いに同等の頻度で実施できる。また、このようなフーリエ変換型分光計の校正方法は、白色校正板を用いて波長校正を行うので、所定のジオメトリで波長校正光が白色校正板に入射しない場合でも、反射波長校正光をフーリエ変換分光部に入射でき、波長校正を行うことができる。そして、このようなフ

50

ーリエ変換型分光計の校正方法は、測定対象の被測定物（測定サンプル）が配置されるサンプル配置位置に白色校正板を配置して白色校正および波長校正を行うので、ずれ要因を略全て含めて校正できる。このため、このようなフーリエ変換型分光計の校正方法は、より高精度に校正でき、より高精度な測定結果を得ることができる。

【発明の効果】

【0029】

本発明にかかるフーリエ変換型分光計およびフーリエ変換型分光計の校正方法は、白色校正および波長校正を互いに同等の頻度で実施できる。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】実施形態におけるフーリエ変換型分光計の構成を示すブロック図である。

【図2】第1実施形態のフーリエ変換型分光計における光学系の構成を説明するための図である。

【図3】一例として、第1実施形態のフーリエ変換型分光計におけるキセノン（Xe）の輝線光の輝線スペクトルを示す図である。

【図4】第1実施形態のフーリエ変換型分光計における校正に関する動作を示すフローチャートである。

【図5】第2実施形態のフーリエ変換型分光計における光学系の構成を説明するための図である。

【図6】第2実施形態のフーリエ変換型分光計における校正に関する動作を示すフローチャートである。

【図7】第3実施形態のフーリエ変換型分光計における光学系の構成を説明するための図である。

【図8】第4実施形態のフーリエ変換型分光計における光学系の構成を説明するための図である。

【図9】第4実施形態のフーリエ変換型分光計における校正に関する動作を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0031】

以下、本発明にかかる実施の一形態を図面に基づいて説明する。なお、各図において同一の符号を付した構成は、同一の構成であることを示し、適宜、その説明を省略する。また、本明細書において、総称する場合には添え字を省略した参照符号で示し、個別の構成を指す場合には添え字を付した参照符号で示す。

【0032】

（第1実施形態）

図1は、実施形態におけるフーリエ変換型分光計の構成を示すブロック図である。図2は、第1実施形態のフーリエ変換型分光計における光学系の構成を説明するための図である。図3は、一例として、第1実施形態のフーリエ変換型分光計におけるキセノン（Xe）の輝線光の輝線スペクトルを示す図である。図3の横軸は、 cm^{-1} 単位で示す波数であり、その縦軸は、相対強度である。

【0033】

第1実施形態におけるフーリエ変換型分光計（以下、適宜「FT型分光計」と略記する。）Daは、所定光のスペクトルを測定する装置であって、前記所定光を干渉計で測定し、この測定した所定光の干渉光の波形（インターフェログラム）をフーリエ変換することによって前記所定光のスペクトルを求める装置である。そして、本実施形態のFT型分光計Daでは、測定対象の物体（測定サンプル、試料、被測定物）SMにおけるスペクトルの測定において、SN比を改善し、良好な精度の測定結果を得るために、前記試料SMのスペクトルを求めるためにフーリエ変換される変換対象には、前記干渉計で生成された前記所定光のインターフェログラムを複数積算することによって得られた積算インターフェログラム（合成インターフェログラム）が用いられる。そして、本実施形態におけるFT

10

20

30

40

50

型分光計 D a は、上述のいわゆる白色校正を行う白色校正機能と上述のいわゆる波長校正を行う波長校正機能とを有している。

【 0 0 3 4 】

このような第 1 実施形態における F T 型分光計 D a は、例えば、図 1 および図 2 に示すように、試料 S M に測定光および波長校正光それぞれを照射するための測定校正光学系 5 0 a と、所定光が入射され、前記所定光の干渉光を射出する干渉計 1 0 と、干渉計 1 0 で得られた前記所定光の干渉光を受光して光電変換することによって前記所定光の干渉光における波形（インターフェログラム）の電気信号（所定光の干渉光における光強度変化を表す電気信号）を出力する受光処理部 2 0 a と、干渉計 1 0 における移動鏡 1 3 の位置を検出する位置検出処理部 3 0 と、制御演算部 4 1 と、入力部 4 2 と、出力部 4 3 と、インターフェース部（以下、「 I F 部」と略記する。） 4 4 と、筐体 1 とを備えている。前記所定光は、試料 S M のスペクトルを測定する場合には、試料 S M で反射した測定用の測定光の反射光（反射測定光）等である。一方、白色校正を行う場合には、前記測定光を白色校正板で反射させた反射光（反射白色校正光）であり、波長校正を行う場合には、波長校正用の波長校正光を白色校正板で反射させた反射光（反射波長校正光）である。測定光は、試料 S M のスペクトルを測定するために用いられる光であり、予め設定された所定の波長帯で連続スペクトルを持つ光である。前記測定光は、本実施形態では、白色校正を行う場合にも用いられる。波長校正光は、当該フーリエ変換型分光計 D a を波長校正するために用いられる光であって、予め既知な波長の光を含む。

10

【 0 0 3 5 】

筐体 1 は、これら測定校正光学系 5 0 a、干渉計 1 0、受光処理部 2 0 a、位置検出処理部 3 0、制御演算部 4 1、入力部 4 2、出力部 4 3 および I F 部 4 4 を収容する箱体であり、その一面には、試料 S M や後述の白色校正板 C P を載置するための試料台 1 b が形成されている。より具体的には、筐体 1 は、水平な水平面と、外方に突出するように前記水平面の一部に形成された錐台部とを備えた一主面を持つ箱体である。前記錐台部の水平な上面には、試料台 1 b が形成され、前記水平面には、入力部 4 2 を構成する、例えばテンキー等の複数の入力スイッチが配設されるとともに、表示面を外部に臨ませた出力部 4 3 が配設されている。また、筐体 1 の一側面には、コネクタ部を外部に臨ませた I F 部 4 4 が配設されている。前記試料台 1 b には、前記所定光を入射させるための入射開口 1 a が貫通開口するように形成されている。そして、本実施形態における F T 型分光計 D a には、その白色校正を行うために用いられる白色校正板 C P が付属している。白色校正板 C P は、上述したように、測定可能領域の波長を高い反射率（約 9 0 % ~ 約 9 9 %）で反射できるように、少なくとも一主面を白色に形成した板状の部材であり、標準白色板とも呼称される。この白色校正板 C P は、本実施形態では、白色校正を行う場合だけでなく波長校正を行う場合も、試料台 1 b に配置されて用いられる。

20

30

【 0 0 3 6 】

測定校正光学系 5 0 は、試料 S M を測定する場合に測定光を試料 S M へ照射し、白色校正する場合に前記測定光を白色校正板 C P へ照射し、波長校正する場合に前記波長校正光を白色校正板 C P へ照射し、これら試料 S M または白色校正板 C P で反射した反射光を前記所定光として干渉計 1 0 に導光する光学系である。前記反射光は、試料 S M の前記測定では測定光の試料 S M による反射測定光であり、前記白色校正では測定光の白色校正板 C P による反射白色校正光であり、前記波長校正では波長校正光の白色校正板 C P による反射波長校正光である。

40

【 0 0 3 7 】

このような測定校正光学系 5 0 は、例えば、図 2 に示すように、測定光光源 5 1 と、第 1 透過遮光機構部 5 2 と、照明光学系 5 3 と、波長校正光光源 5 4 と、第 1 導光光学系 6 0 とを備える。

【 0 0 3 8 】

測定光光源 5 1 は、制御演算部 4 1 に接続され、制御演算部 4 1 の制御に従って前記測定光を放射する装置であり、例えば、本実施形態では、ハロゲンを用いたハロゲン光源（

50

Halogen Lamp) 等である。

【0039】

第1透過遮光機構部52は、制御演算部41に接続され、制御演算部41の制御に従って、測定光光源51から放射された測定光を透過または遮光する装置である。第1透過遮光機構部52は、測定光光源51から放射された測定光を遮光できる大きさを持ち、測定光光源51から放射された測定光を遮光できる扇形状板状の遮光板と、前記扇形状の中心を軸に、前記遮光板を所定の角度で回転させるアクチュエータとを備える。そして、この第1透過遮光機構部52は、制御演算部41の制御に従って、測定光光源51から放射された測定光を遮光する場合には、測定光光源51から入射開口1aに至る測定光の光軸と交差し、前記測定光を遮光する遮光位置Paに前記遮光板を前記アクチュエータによって移動する。一方、この第1透過遮光機構部52は、制御演算部41の制御に従って、測定光光源51から放射された測定光を透過する場合には、前記測定光を遮光しない(前記測定光の光路を遮らない)待避位置Pbに前記遮光板を前記アクチュエータによって移動する。

10

【0040】

照明光学系53は、測定光光源51から放射された測定光を前記所定のジオメトリで入射開口1aに導光する光学系であり、例えば、本実施形態では、測定光光源51から入射開口1aに至る測定光の光軸上に配置された集光レンズ等である。前記45:0度のジオメトリの例では、測定光が45度の入射角で入射開口1aの開口面に入射するように、照明光学系53が構成される。

20

【0041】

波長校正光光源54は、制御演算部41に接続され、制御演算部41の制御に従って前記波長校正光を放射する装置である。このように本実施形態では、測定光光源51と波長校正光光源54とは、それぞれ、個別の光源で構成されている。波長校正光光源54は、その放射した波長校正光を所定のジオメトリ(例えば45:0度のジオメトリ等)で入射開口1aに入射するように配置される。前記45:0度のジオメトリの例では、波長校正光が45度の入射角で入射開口1aの開口面に入射するように、波長校正光光源54が配置される。

【0042】

波長校正光を放射するこの波長校正光光源54は、予め既知な波長の光を少なくとも1つ含む光源であれば、任意の種類的光源を用いることができる。

30

【0043】

例えば、この波長校正光光源54は、波長の既知な輝線光を少なくとも1つ含む光を放射する光源(輝線光光源)である。このような輝線光光源は、例えば、キセノン(Xe)を用いたキセノン光源(Xe Lamp)、クリプトン(Kr)を用いたクリプトン光源(Kr Lamp)、ネオン(Ne)を用いたネオン光源(Ne Lamp)、アルゴン(Ar)を用いたアルゴン光源(Ar Lamp)および水銀(Hg)を用いた水銀光源(Hg Lamp)等である。一例として、キセノンランプの輝線スペクトルが図3に示されている。キセノンランプを用いた波長校正光光源54は、キセノンランプと、前記キセノンランプを、発光後所定時間内、一定の光強度で発光させるフラット発光制御部とを備えるフラット発光キセノンランプであることが好ましい。このようなフラット発光キセノンランプは、例えば、特開平7-120813号公報等に開示されている。より具体的には、フラット発光キセノンランプは、キセノンランプと、電気エネルギーを蓄積するコンデンサと、コンデンサからキセノンランプに供給される電気エネルギーをオンオフ制御するIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)等を備えた制御回路とを備え、前記IGBTのオンオフの繰り返しによってフラッシュ発光を制御して均一な光量でキセノンランプの発光を持続するものである。このフラット発光キセノンランプを用いることによって、FT型分光計Daは、波長校正中、安定した光強度で波長校正できる。このため、このようなFT型分光計Daは、より精度よく波長校正できる。

40

50

【0044】

また例えば、この波長校正光光源54は、波長の既知な光を少なくとも1つ含む光を放射する発光ダイオードおよびレーザ光源（例えば波長1550nmの面発光レーザ等）のうちのいずれか一方の光源であってよい。なお、発光ダイオードが用いられる場合には、輝線相当の透過波長帯域を持つバンドパスフィルタをさらに備える。そして、発光ダイオードやレーザ光源を用いた波長校正光光源54は、発光ダイオードおよびレーザ光源のうちのいずれか一方の光源と、例えばサーミスタ等の前記光源に関する温度を測定する温度測定部と、前記温度測定部で測定された温度に基づいて前記光源を所定の波長で発光させる発光波長制御部とを備える定波長光源であることが好ましい。前記発光波長制御部は、例えばペルチェ素子等の前記光源の温度を調整する温度調整部と、前記温度測定部で測定された温度に基づいて前記温度調整部によって前記光源の温度を調整することで、前記光源を所定の波長で発光させる温度制御部とを備える。一般に、発光ダイオードやレーザ光源は、発光波長に温度依存性を持つが、この定波長光源を用いることによって、このようなFT型分光計Daは、より精度よく波長校正できる。

10

【0045】

第1導光光学系60は、測定では反射測定光を、白色校正では反射白色校正光を、そして、波長校正では反射波長校正光を、所定光として干渉計10へ導光する光学系である。例えば、本実施形態では、第1導光光学系60は、前記所定のジオメトリの射出方向（例えば前記45：0度のジオメトリでは0°方向（入射開口1aにおける開口面の法線方向））に沿って順に配置された集光レンズ61、開口板62およびコリメートレンズ63を備える。開口板62は、貫通開口を形成した板状部材であり、集光レンズ61およびコリメートレンズ63の各集光位置に前記貫通開口が位置するように配置される。この構成の第1導光光学系60では、入射開口1aからの所定光は、集光レンズ61で集光され、開口板62の貫通開口を介してコリメートレンズ63に入射され、コリメートレンズ63で平行光となって干渉計10に入射される。

20

【0046】

図1に戻って、干渉計10は、所定光が入射され、前記所定光の入射位置から干渉位置までの間に2個の光路を形成する複数の光学素子を備え、前記複数の光学素子には、光軸方向に移動することによって前記2個の光路間に光路差を生じさせる光路差形成光学素子が含まれる装置である。より具体的には、干渉計10は、所定光が入射され、この入射された所定光を2個の第1および第2所定光に分岐し、これら分岐した第1および第2所定光のそれぞれを、互いに異なる2個の経路である第1および第2光路のそれぞれに進行（伝播）させ、再び合流させるものであり、この分岐点（分岐位置）から合流点（合流位置、干渉位置）までの間に第1および第2光路間に光路差があると、前記合流の際に位相差が生じているため、前記合流によって光に濃淡を生じるものである。干渉計10は、例えばマッハツェンダー干渉計等の種々のタイプの第1および第2光路を備える干渉計を利用することができるが、本実施形態では、図2に示すように、マイケルソン干渉計によって構成されている。

30

【0047】

このマイケルソン干渉計の干渉計10は、図2に示すように、複数の光学素子として、所定の位置で固定的に配置された半透鏡（ハーフミラー）11、所定の位置で固定的に配置された固定鏡12、および、光反射面が光軸方向に移動する移動鏡13を備え、固定鏡12と移動鏡13とは、各鏡面の各法線が互いに直交するようにそれぞれ配置され、半透鏡11は、半透鏡面の法線が前記固定鏡12および移動鏡13における各法線の直交点を通り、これら各法線に対し45度の角度で交差するように配置される。この干渉計10において、干渉計10に入射された所定光は、半透鏡11で2個の第1および第2所定光に分岐する。この分岐した一方の第1所定光は、半透鏡11で反射されて固定鏡12に入射する。この第1所定光は、固定鏡12で反射し、来た光路を逆に辿って再び半透鏡11に戻る。一方、この分岐した他方の第2所定光は、半透鏡11を通過して移動鏡13に入射する。この第2所定光は、移動鏡13で反射し、来た光路を逆に辿って再び半透鏡11に

40

50

戻る。これら固定鏡 1 2 で反射された第 1 所定光および移動鏡 1 3 で反射された第 2 所定光は、半透鏡 1 1 で互いに合流して干渉する。このような構成のマイケルソン干渉計 1 0 では、所定光は、移動鏡 1 3 の鏡面における法線方向に沿って干渉計 1 0 へ入射され、所定光の干渉光は、固定鏡 1 2 の鏡面における法線方向に沿って干渉計 1 0 から射出される。

【 0 0 4 8 】

したがって、本実施形態では、第 1 所定光は、所定光の入射位置から、半透鏡 1 1、固定鏡 1 2 をこの順に介して半透鏡 1 1 に再び至る第 1 光路を辿る。第 2 所定光は、所定光の入射位置から、半透鏡 1 1 および移動鏡 1 3 をこの順に介して半透鏡 1 1 に再び至る第 2 光路を辿る。FT 型分光計 Da の干渉計 1 0 は、移動鏡 1 3 によって生じる光路差に起因する光の強弱を生じる。

10

【 0 0 4 9 】

この移動鏡 1 3 には、例えば、共振振動を用いることによって 2 個の第 1 および第 2 光路間に光路差を生じさせる光学素子が用いられる。このような移動鏡 1 3 として、例えば、特開 2 0 1 1 - 8 0 8 5 4 号公報や特開 2 0 1 2 - 4 2 2 5 7 号公報に開示の光反射機構が挙げられる。この光反射機構は、互いに対向して配置される第 1 および第 2 の板ばね部と、前記第 1 および第 2 の板ばね部の間で互いに離間して配置され、それぞれが前記第 1 および第 2 の板ばね部と連結される第 1 および第 2 の支持体と、前記第 1 および第 2 の板ばね部の前記対向方向に、前記第 1 の支持体に対して前記第 2 の支持体を平行移動させる駆動部とを備えている。そして、この光反射機構では、前記第 2 の支持体の前記移動方向において、前記第 1 および第 2 の支持体の厚さは、前記第 1 および第 2 の板ばね部よりも厚く、前記第 2 の支持体における前記移動方向に垂直な一端面に、反射膜が形成されており、前記第 2 の支持体は、前記反射膜が露出するように前記第 1 および第 2 の板ばね部と連結されている。このような光反射機構は、共振振動によって前記反射膜を往復移動させるものであり、例えば MEMS (Micro Electro Mechanical System) 技術によって製造される。

20

【 0 0 5 0 】

なお、干渉計 1 0 は、所定光を半透鏡 1 1 で 2 個の第 1 および第 2 所定光に分岐する場合において、半透鏡 1 1 で反射した半透鏡 1 1 の反射側に配置される位相補償板をさらに備えてよい。この場合では、半透鏡 1 1 で反射した第 1 所定光は、前記位相補償板を介して固定鏡 1 2 へ入射され、固定鏡 1 2 で反射された第 1 所定光は、前記位相補償板を介して再び半透鏡 1 1 へ入射される。前記位相補償板は、第 1 所定光の半透鏡 1 1 の透過回数と第 2 所定光の半透鏡 1 1 の透過回数の相違から生じる第 1 所定光と第 2 所定光との位相差を無くして前記位相差を補償するものである。

30

【 0 0 5 1 】

図 1 に戻って、受光処理部 2 0 a は、例えば、第 1 受光部 2 1 と、増幅部 2 2 と、アナログ-デジタル変換部 (以下、「AD 変換部」と呼称する。) 2 3 とを備えている。第 1 受光部 2 1 は、図 2 に示すように、干渉計 1 0 で得られた所定光の干渉光を受光して光電変換することによって、所定光の干渉光における光強度に応じた電気信号を出力する回路である。本実施形態の FT 型分光計 Da は、例えば、波長 8 0 0 nm 以上の近赤外域の光、より具体的には、波長 1 2 0 0 nm 以上から 2 5 0 0 nm 以下までの近赤外域の光を測定対象とする仕様であるために、第 1 受光部 2 1 は、例えば InGaAs フォトダイオードおよびその周辺回路を備えて構成される赤外線センサ等である。増幅部 2 2 は、第 1 受光部 2 1 の出力を予め設定された所定の増幅率で増幅する増幅器である。AD 変換部 2 3 は、増幅部 2 2 の出力をアナログ信号からデジタル信号へ変換 (AD 変換) する回路である。この AD 変換のタイミング (サンプリングタイミング) は、後述のゼロクロス検出部 3 5 から入力されたゼロクロスタイミングで実行される。

40

【 0 0 5 2 】

また、位置検出処理部 3 0 は、例えば、位置検出単色光光源 3 1 と、第 2 受光部 3 4 と、ゼロクロス検出部 3 5 とを備えている。そして、位置検出処理部 3 0 は、この位置検出

50

単色光光源 3 1 から放射された単色のレーザ光の干渉光を干渉計 1 0 で得るために、図 2 に示すように、光合波器 3 2 と、第 1 光分波器 3 3 とをさらに備えている。

【 0 0 5 3 】

位置検出単色光光源 3 1 は、移動鏡 1 3 の光軸上の位置を検出するための位置検出用の単色光を放射する装置であり、例えば、本実施形態では、単色（単波長）のレーザ光を放射するレーザ光源である。図 2 において、光合波器 3 2 は、位置検出単色光光源 3 1 から放射されたレーザ光を干渉計 1 0 へ入射させるための入射光学系である。光合波器 3 2 は、例えばレーザ光を反射するとともに所定光を透過するダイクロミックミラーや半透鏡等であり、その法線が移動鏡 1 3 の法線（光軸）に対し 4 5 度で交差するように、入射開口 1 a と半透鏡 1 1 との間に配置される。このように配置された光合波器 3 2 に対し 4 5 度の入射角でレーザ光が入射されるように、位置検出単色光光源 3 1 は、適宜な位置に配置される。そして、第 1 光分波器 3 3 は、干渉計 1 0 で生じた前記レーザ光の干渉光を干渉計 1 0 から取り出すための射出光学系である。第 1 光分波器 3 3 は、例えばレーザ光の干渉光を反射するとともに所定光の干渉光を透過するダイクロミックミラーや半透鏡等であり、その法線が固定鏡 1 2 の法線（光軸）に対し 4 5 度で交差するように、半透鏡 1 1 と第 1 受光部 2 1 との間に配置される。このように配置された第 1 光分波器 3 3 に対し 4 5 度の射出角で射出されるレーザ光の干渉光を受光するように、第 2 受光部 3 4 は、適宜な位置に配置される。

10

【 0 0 5 4 】

このように光合波器 3 2 および第 1 光分波器 3 3 の各光学素子が配置されると、位置検出単色光光源 3 1 から放射された単色のレーザ光は、その光路が光合波器 3 2 のダイクロミックミラー 3 2 で約 9 0 度曲げられて、干渉計 1 0 の光軸（移動鏡 1 3 の鏡面における法線方向）に沿って進行するようになる。したがって、このレーザ光は、所定光と同様に、干渉計 1 0 内を進行し、干渉計 1 0 でその干渉光を生じさせる。そして、このレーザ光の干渉光は、第 1 光分波器 3 3 のダイクロミックミラー 3 3 で約 9 0 度曲げられて、干渉計 1 0 から外部に取り出され、第 2 受光部 3 4 で受光される。

20

【 0 0 5 5 】

図 1 に戻って、第 2 受光部 3 4 は、干渉計 1 0 で得られたレーザ光の干渉光を受光して光電変換することによって、レーザ光の干渉光の光強度に応じた電気信号を出力する回路である。第 2 受光部 3 4 は、例えばシリコンフォトダイオード（SPD）およびその周辺回路を備えて構成される受光センサ等である。第 2 受光部 3 4 は、レーザ光の干渉光の光強度に応じた電気信号をゼロクロス検出部 3 5 へ出力する。

30

【 0 0 5 6 】

ゼロクロス検出部 3 5 は、第 2 受光部 3 4 から入力された、レーザ光の干渉光の光強度に応じた電気信号がゼロ（基準値）となるタイミング（ゼロクロスタイミング）を検出する回路である。ゼロクロスタイミングは、前記電気信号がゼロとなる時間軸上の位置である。干渉計 1 0 の移動鏡 1 3 が光軸方向に移動している場合に、半透鏡 1 1 から固定鏡 1 2 を介して再び半透鏡 1 1 に戻ったレーザ光の位相に対し、半透鏡 1 1 から移動鏡 1 3 を介して再び半透鏡 1 1 に戻ったレーザ光の位相がずれるので、レーザ光の干渉光は、その移動量に応じて正弦波状に強弱する。そして、干渉計 1 0 の移動鏡 1 3 がレーザ光の波長の 1 / 2 の長さだけ移動すると、半透鏡 1 1 から移動鏡 1 3 を介して再び半透鏡 1 1 に戻ったレーザ光の位相は、この移動の前後において、2 ずれる。このため、レーザ光の干渉光は、移動鏡 1 3 の移動に従って正弦波状に強弱を繰り返すことになる。ゼロクロス検出部 3 5 は、この正弦波状に強弱を繰り返す前記電気信号のゼロクロスを検出している。ゼロクロス検出部 3 5 は、この検出したゼロクロスのタイミングを A D 変換部 2 3 へ出力し、A D 変換部 2 3 は、このゼロクロスのタイミングで、第 1 受光部 2 1 から入力された、所定光の干渉光の光強度に応じた電気信号をサンプリングして A D 変換する。

40

【 0 0 5 7 】

このようなゼロクロス検出部 3 5 は、本実施形態では、例えば、基準電圧を生成する基準電圧生成回路と、第 2 受光部 3 4 の出力電圧と基準電圧とを比較し、第 2 受光部 3 4 の

50

出力が基準電圧以上である場合に方形波の比較結果信号を出力するコンパレータと、前記コンパレータから出力される方形波の比較結果信号における立ち上がりエッジおよび立ち下がりエッジをそれぞれ検出し、各検出で、サンプリングタイミングとしてパルス信号をAD変換部23へ出力するエッジ検出回路を備える。

【0058】

制御演算部41は、FT型分光計Daの各部を当該各部の機能に応じてそれぞれ制御し、所定光のスペクトルを求め、そして、白色校正および波長校正の各校正を行うものである。制御演算部41は、例えば、CPU(Central Processing Unit)、このCPUによって実行される種々のプログラムやその実行に必要なデータ等を予め記憶するROM(Read Only Memory)やEEPROM(Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)等の不揮発性記憶素子、このCPUのいわゆるワーキングメモリとなるRAM(Random Access Memory)等の揮発性記憶素子およびその周辺回路等を備えたマイクロコンピュータによって構成される。なお、制御演算部41は、AD変換部23から出力されるデータ等を記憶するために、例えばハードディスク等の比較的大容量の記憶装置をさらに備えてもよい。そして、制御演算部41には、プログラムを実行することによって、機能的に、制御部411、サンプリングデータ記憶部412、インターフェログラム抽出部413、スペクトル演算部414、白色校正部415、波長校正部416および校正データ記憶部417が構成される。

【0059】

制御部411は、所定光のスペクトルを求めるためや前記各校正を行うために、FT型分光計Daの各部を当該各部の機能に応じてそれぞれ制御するものである。

【0060】

サンプリングデータ記憶部412は、AD変換部23から出力された、所定光の干渉光に関する測定データを記憶するものである。この測定データは、上述したように、所定光の干渉光における光強度に応じた電気信号を、ゼロクロス検出部35で検出したゼロクロスのタイミングで、AD変換部23によってサンプリングすることによって得られる。より具体的には、試料SMの測定では、サンプリングデータ記憶部412は、AD変換部23から出力された、試料SMにおける光の干渉光に関する測定データを記憶し、白色校正では、サンプリングデータ記憶部412は、AD変換部23から出力された、白色校正板CPによる反射白色校正光の干渉光に関する測定データを記憶し、そして、波長校正では、サンプリングデータ記憶部412は、AD変換部23から出力された、白色校正板CPによる反射波長校正光の干渉光に関する測定データを記憶する。

【0061】

インターフェログラム抽出部413は、サンプリングデータ記憶部412に記憶されている測定データから、干渉計10で生成された所定光のインターフェログラムに関するデータを取り出すものである。より具体的には、インターフェログラム抽出部413は、試料SMの測定では、インターフェログラム抽出部413は、サンプリングデータ記憶部412に記憶されている測定データから、試料SMにおける光を複数回測定することによって得られた複数のインターフェログラムを、位置合わせを行いつつ、積算することによって積算インターフェログラムを求め、この求めた積算インターフェログラムをスペクトル演算部414へ通知する。前記位置合わせは、例えば、インターフェログラムのセンターバーストの位置あるいは移動鏡13の位置に基づいて実施される。白色校正では、インターフェログラム抽出部413は、サンプリングデータ記憶部412に記憶されている測定データから、反射白色校正光の干渉光におけるインターフェログラムをスペクトル演算部414へ通知する。そして、波長校正では、インターフェログラム抽出部413は、サンプリングデータ記憶部412に記憶されている測定データから、反射波長校正光の干渉光におけるインターフェログラムをスペクトル演算部414へ通知する。

【0062】

スペクトル演算部414は、インターフェログラム抽出部413から通知されたインタ

10

20

30

40

50

ーフェログラムまたは積算インターフェログラムをフーリエ変換することによって所定光のスペクトルを求めるものである。より具体的には、白色校正では、スペクトル演算部 4 1 4 は、白色校正のための測定でインターフェログラム抽出部 4 1 3 によって求められた反射白色校正光の干渉光のインターフェログラムをフーリエ変換し、このフーリエ変換結果を白色校正部 4 1 5 へ通知する。波長校正では、スペクトル演算部 4 1 4 は、波長校正のための測定でインターフェログラム抽出部 4 1 3 によって求められた反射波長校正光の干渉光のインターフェログラムをフーリエ変換し、このフーリエ変換結果を波長校正部 4 1 6 へ通知する。そして、試料 S M の測定では、スペクトル演算部 4 1 4 は、白色校正部 4 1 5 および波長校正部 4 1 6 によって求められ校正データ記憶部 4 1 7 に記憶されている白色校正データおよび波長校正データに基づいて、試料 S M の測定でインターフェログラム抽出部 4 1 3 によって求められた試料 S M の積算インターフェログラムをフーリエ変換することによって試料 S M における光のスペクトルを求め、この求めたスペクトルを出力部 4 3 へ出力する。

【 0 0 6 3 】

白色校正部 4 1 5 は、測定光を白色校正板 C P で反射させた反射白色校正光を所定光として干渉計 1 0 に入射させることによって得られた前記白色校正光の干渉光のインターフェログラムに基づいて当該 F T 型分光計 D a を白色校正するものである。より具体的には、白色校正部 4 1 5 は、第 1 透過遮光機構部 5 2 の前記遮光板を待避位置 P b に移動させて測定光を測定光光源 5 1 から放射させることで、反射白色校正光を所定光として干渉計 1 0 に入射させる。そして、白色校正部 4 1 5 は、これによって干渉計 1 0 で得られた反射白色校正光の干渉光のインターフェログラムをフーリエ変換することによって求められたフーリエ変換結果に基づいて、白色校正するための白色校正データを求める。白色校正は、上述したように、明るさに関するずれ、すなわち、分光特性の縦軸の目盛りを校正するものであり、干渉光の測定結果と測定の際における光源の分光エネルギーとを対応付ける処理（どの波長の光がどの程度の強度であるかを値付ける処理）である。本実施形態では、例えば、反射白色校正光から求められたフーリエ変換結果を白色校正板の反射率と対応付けることで、白色校正データが求められる。白色校正部 4 1 5 は、この求めた白色校正データを校正データ記憶部 4 1 7 に格納し、白色校正データを校正データ記憶部 4 1 7 に記憶させる。

【 0 0 6 4 】

波長校正部 4 1 6 は、波長校正光を白色校正板 C P で反射させた反射波長校正光を前記所定光として干渉計 1 0 に入射させることによって得られた前記反射波長校正光の干渉光のインターフェログラムに基づいて当該 F T 型分光計 D a を波長校正するものである。より具体的には、波長校正部 4 1 6 は、第 1 透過遮光機構部 5 2 の前記遮光板を遮光位置 P a に移動させて波長校正光を波長校正光光源 5 4 から放射させることで、反射波長校正光を所定光として干渉計 1 0 に入射させる。そして、波長校正部 4 1 6 は、これによって反射波長校正光の干渉光のインターフェログラムをフーリエ変換することによって求められたフーリエ変換結果から、波長校正光に含まれる既知な波長の光に相当するピーク位置を検出し、この検出した前記ピーク位置に基づいて、波長校正するための波長校正データを求める。波長校正は、上述したように、波長に関するずれ、すなわち、分光特性の横軸の目盛りを校正するものであり、干渉光の測定結果と実際の波長とを対応付ける処理（どの測定データがどの波長値のデータを表しているかを値付ける処理）である。例えば、本実施形態では、波長校正部 4 1 6 は、前記検出した前記ピーク位置に、実際の波長値すなわち前記既知な波長を対応付けることによって波長校正データを求める。波長校正部 4 1 6 は、この求めた波長校正データを校正データ記憶部 4 1 7 に格納し、波長校正データを校正データ記憶部 4 1 7 に記憶させる。

【 0 0 6 5 】

そして、白色校正部 4 1 5 および波長校正部 4 1 6 は、時間的に続けて白色校正および波長校正を行うものである。時間的に続けてとは、通常試料 S M を測定する際に、白色校正または波長校正が実施され、終了すると直ちに（連続して）あるいは前記測定を除く

所定の処理を実行後に、続けて波長校正または白色校正が実施され、これらが終了した後に、前記通常の試料 S M の測定が実施されることである。この時間的に続けて実施される白色校正および波長校正は、例えば、F T 型分光計 D a を起動した直後に行われる。また例えば、この時間的に続けて実施される白色校正および波長校正は、通常の試料 S M を測定した測定回数が予め設定された所定回数に達するごとに行われる。また例えば、この時間的に続けて実施される白色校正および波長校正は、所定の期間ごとに、あるいは、当該 F T 型分光計 D a の動作時間の累計が予め設定された所定時間に達するごとに行われる。例えば、白色校正部 4 1 5 は、白色校正データを求めるとその旨を波長校正部 4 1 6 に通知し、この通知を受けると波長校正部 4 1 6 は、波長校正を開始する。また例えば、白色校正部 4 1 5 は、白色校正データを求めるとその旨を制御部 4 1 1 に通知し、この通知を受けると制御部 4 1 1 は、波長校正部 4 1 6 に波長校正を開始するように指示し、この指示を受けると波長校正部 4 1 6 は、波長校正を開始する。これによって白色校正部 4 1 5 および波長校正部 4 1 6 は、時間的に続けて白色校正および波長校正を行う。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 6 】

校正データ記憶部 4 1 7 は、白色校正部 4 1 5 および波長校正部 4 1 6 それぞれで求められた白色校正データおよび波長校正データ（校正データ）を記憶するものである。

【 0 0 6 7 】

入力部 4 2 は、制御演算部 4 1 に接続され、例えば、校正を指示するコマンドや試料 S M の測定開始を指示するコマンド等の各種コマンド、および、例えば試料 S M における識別子の入力やフーリエ変換の際に用いられる窓関数の選択入力等のスペクトルを測定する上で必要な各種データを F T 型分光計 D a に入力する機器であり、例えば、キーボードやマウス等である。出力部 4 3 は、制御演算部 4 1 に接続され、入力部 4 2 から入力されたコマンドやデータ、および、F T 型分光計 D a によって測定された所定光のスペクトルを出力する機器であり、例えば C R T ディスプレイ、L C D および有機 E L ディスプレイ等の表示装置やプリンタ等の印刷装置等である。

【 0 0 6 8 】

なお、入力部 4 2 および出力部 4 3 からタッチパネルが構成されてもよい。このタッチパネルを構成する場合において、入力部 4 2 は、例えば抵抗膜方式や静電容量方式等の操作位置を検出して入力する位置入力装置であり、出力部 4 は、表示装置である。このタッチパネルでは、表示装置の表示面上に位置入力装置が設けられ、表示装置に入力可能な 1 または複数の入力内容の候補が表示され、ユーザが、入力したい入力内容を表示した表示位置に触れると、位置入力装置によってその位置が検出され、検出された位置に表示された表示内容がユーザの操作入力内容として F T 型分光計 D a に入力される。このようなタッチパネルでは、ユーザは、入力操作を直感的に理解し易いので、ユーザにとって取り扱い易い F T 型分光計 D a が提供される。

【 0 0 6 9 】

I F 部 4 4 は、制御演算部 4 1 に接続され、外部機器との間でデータの入出力を行う回路であり、例えば、シリアル通信方式である R S - 2 3 2 C のインターフェース回路、B l u e t o o t h（登録商標）規格を用いたインターフェース回路、I r D A（I n f r a r e d D a t a A s s c o i a t i o n）規格等の赤外線通信を行うインターフェース回路、および、U S B（U n i v e r s a l S e r i a l B u s）規格を用いたインターフェース回路等である。

【 0 0 7 0 】

なお、このような本実施形態の F T 型分光計 D a において、干渉計 1 0 と、受光処理部 2 0 a と、位置検出処理部 3 0 と、制御演算部 4 1 におけるサンプリングデータ記憶部 4 1 2、インターフェログラム抽出部 4 1 3 およびスペクトル演算部 4 1 4 とは、フーリエ変換分光部の一例に相当し、制御演算部 4 1 におけるサンプリングデータ記憶部 4 1 2、インターフェログラム抽出部 4 1 3 とは、インターフェログラム測定部の一例に相当する。第 2 受光部 3 4 とゼロクロス検出部 3 5 とは、タイミング出力部の一例に相当する。

【 0 0 7 1 】

次に、本実施形態の動作について説明する。まず、通常の試料 S M を測定する場合の動作について説明し、次に、白色校正および波長校正を行う場合の動作について説明する。

【 0 0 7 2 】

上記構成の F T 型分光計 D a では、試料 S M を測定する場合、まず、入射開口 1 a を覆うように試料台 1 b に試料 S M が配置され、試料 S M が F T 型分光計 D a にセットされ、測定が開始される。なお、試料 S M は、試料用シャーレ S S に収容され、この試料用シャーレ S S が入射開口 1 a を覆うように試料台 1 b に配置されてもよい。測定が開始されると、制御部 4 1 1 の制御に従って、第 1 透過遮光機構部 5 2 は、その遮光板を待避位置 P b に待避し、測定光光源 5 1 は、測定光を放射する。測定光光源 5 1 から放射された測定光は、45 : 0 度のジオメトリの場合には、45 度の入射角で試料 S M に入射し、試料 S M で反射され、この反射された測定光の反射光は、0 度の方向から測定される。すなわち、入射開口 1 a の開口面における法線方向 (0 度) に反射した反射光の成分が第 1 導光光学系 6 0 を介して所定光として干渉計 1 0 に入射される。

10

【 0 0 7 3 】

この干渉計 1 0 に入射された所定光は、干渉計 1 0 で所定光の干渉光となって受光処理部 2 0 a の第 1 受光部 2 1 で受光される。より具体的には、所定光は、光合波器 3 2 を介して半透鏡 1 1 で反射および透過することで第 1 および第 2 所定光に分岐される。半透鏡 1 1 で反射することによって分岐した第 1 所定光は、固定鏡 1 2 へ入射して反射し、来た光路を逆に辿って再び半透鏡 1 1 に戻る。一方、半透鏡 1 1 を通過することによって分岐した第 2 所定光は、移動鏡 1 3 へ入射して反射し、来た光路を逆に辿って再び半透鏡 1 1 に戻る。これら固定鏡 1 2 で反射された第 1 所定光および移動鏡 1 3 で反射された第 2 所定光は、半透鏡 1 1 で互いに合流して干渉する。この所定光の干渉光は、干渉計 1 0 から第 1 光分波器 3 3 を介して第 1 受光部 2 1 へ射出される。第 1 受光部 2 1 は、この入射された所定光の干渉光を光電変換し、前記所定光の干渉光における光強度に応じた電気信号を増幅部 2 2 へ出力する。増幅部 2 2 は、所定の増幅率で前記所定光の干渉光に応じた前記電気信号を増幅し、A D 変換部 2 3 へ出力する。

20

【 0 0 7 4 】

一方、F T 型分光計 D a は、位置検出単色光光源 3 1 から放射された単色のレーザ光も取り込む。このレーザ光は、光合波器 3 2 を介して干渉計 1 0 に入射され、上述と同様に干渉計 1 0 で干渉し、レーザ光の干渉光となって第 1 光分波器 3 3 を介して第 2 受光部 3 4 で受光される。第 2 受光部 3 4 は、この入射されたレーザ光の干渉光を光電変換し、前記レーザ光の干渉光における光強度に応じた電気信号をゼロクロス検出部 3 5 へ出力する。ゼロクロス検出部 3 5 は、前記レーザ光の干渉光に応じた前記電気信号が所定の基準値、例えばゼロと交差するタイミングをゼロクロスタイミングとして検出し、このゼロクロスタイミング (ゼロクロス信号) をサンプリングタイミング (A D 変換タイミング) として A D 変換部 2 3 へ出力する。

30

【 0 0 7 5 】

このような所定光およびレーザ光がそれぞれ干渉計 1 0 に取り込まれている間に、干渉計 1 0 の移動鏡 1 3 は、共振振動によって制御演算部 4 1 の制御部 4 1 1 の制御に従って光軸方向に沿って移動されている。

40

【 0 0 7 6 】

A D 変換部 2 3 は、増幅部 2 2 から出力された、前記所定光の干渉光における光強度に応じた電気信号を、ゼロクロス検出部 3 5 から入力されたゼロクロスタイミングでサンプリングしてアナログ信号からデジタル信号へ A D 変換し、この A D 変換したデジタル信号の前記電気信号を制御演算部 4 1 へ出力する。

【 0 0 7 7 】

このように動作することによって、所定光のインターフェログラムにおける測定データが A D 変換部 2 3 から制御演算部 4 1 へ出力され、この測定データがサンプリングデータ記憶部 4 1 2 に記憶される。そして、S N 比を改善し、良好な精度の結果を得るために、このような所定光のインターフェログラムが移動鏡 1 3 の往復に合わせて連続的に複数回

50

、同様に、測定され、これら各インターフェログラムの各測定データがサンプリングデータ記憶部 4 1 2 に記憶される。移動鏡 1 3 が 1 往復すると、往路および復路のそれぞれで 1 個ずつのインターフェログラムの測定データが得られる。つまり、1 個のインターフェログラムは、一方端の最大振幅位置から振動中心（光路差 0）を経て他方端の最大振幅位置までのデータである。

【 0 0 7 8 】

次に、インターフェログラム抽出部 4 1 3 は、複数回測定することによって得られた、所定光の複数のインターフェログラムを位置合わせしつつ、積算することによって、所定光に対する積算インターフェログラムを求める。

【 0 0 7 9 】

次に、スペクトル演算部 4 1 4 は、インターフェログラム抽出部 4 1 3 によって求められた積算インターフェログラムをフーリエ変換する。

【 0 0 8 0 】

このスペクトルの算出について、より具体的に説明すると、まず、 m 回目の測定でのインターフェログラム $F_m(x_i)$ は、光路差を x_i とし、波数を ν_j とし、波数 ν_j のスペクトル振幅を $B(\nu_j)$ とし、光路差 0 の位置を X_0 とし、波数 ν_j の光路差 0 の位置における位相を $\phi(\nu_j)$ とする場合に、式 1 で表される。なお、 m は、 m 番目の測定による測定結果であることを表す。

【 0 0 8 1 】

【 数 1 】

$$F_m(x_i) = \sum_j B(\nu_j) \cdot \cos(2\pi \cdot \nu_j \cdot (x_i - X_0) + \phi(\nu_j)) \quad \dots(1)$$

【 0 0 8 2 】

したがって、積算インターフェログラム $F(x_i)$ は、式 2 で表される。

【 0 0 8 3 】

【 数 2 】

$$F(x_i) = \sum_{m=1}^M F_m(x_i) \quad \dots(2)$$

【 0 0 8 4 】

このように積算インターフェログラムがインターフェログラム抽出部 4 1 3 で求められると、スペクトル演算部 4 1 4 は、積算インターフェログラムを例えば高速フーリエ変換 (FFT) することによって所定光のスペクトルを求める。

【 0 0 8 5 】

より具体的には、高速フーリエ変換する場合には、サイドローブの発生を低減するために、光路差 0（センターバーストの位置）を中心に左右対称な窓関数 $A_{\text{window}}(x_i)$ が掛け合わされてから（式 3）、高速フーリエ変換が行われ、所定光のスペクトルの振幅 $|B_{\text{window}}(\nu_j)|$ が求められる（式 4）。

【 0 0 8 6 】

【 数 3 】

$$B_{\text{window}}(\nu_j) = \text{fft}(F(x_i) \times A_{\text{window}}(x_i)) \quad \dots(3)$$

【 0 0 8 7 】

【 数 4 】

$$|B_{\text{window}}(\nu_j)| = \sqrt{B_{\text{window}}(\nu_j) \times B_{\text{window}}^*(\nu_j)} \quad \dots(4)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 8 8 】

上記窓関数 $A_{\text{window}}(x_i)$ は、適宜な種々の関数を挙げることができるが、例えば、式 5 - 1 ないし式 5 - 3 で表される関数である。式 5 - 1 は、Hanning Window (ハニング窓) 関数と呼ばれ、式 5 - 2 は、Hamming Window (ハミング窓) 関数と呼ばれ、式 5 - 3 は、Blackman Window (ブラックマン窓) 関数と呼ばれる。

【 0 0 8 9 】

【 数 5 】

$$A_{\text{window}}(x) = 0.5 + 0.5 \times \cos\left(\frac{2\pi \cdot x}{L_0}\right) \quad \dots(5-1) \quad 10$$

$$A_{\text{window}}(x) = 0.54 + 0.46 \times \cos\left(\frac{2\pi \cdot x}{L_0}\right) \quad \dots(5-2)$$

$$A_{\text{window}}(x) = 0.42 + 0.5 \times \cos\left(\frac{2\pi \cdot x}{L_0}\right) + 0.08 \times \cos\left(\frac{4\pi \cdot x}{L_0}\right) \quad \dots(5-3)$$

【 0 0 9 0 】

そして、スペクトル演算部 4 1 4 は、所定光のフーリエ変換結果を、校正データ記憶部 4 1 7 に記憶されている白色校正データおよび波長校正データに基づいて白色校正および波長校正を行った所定光のスペクトルを求める。スペクトルが求められると、制御演算部 4 1 は、この求めたスペクトルを出力部 4 3 へ出力する。

20

【 0 0 9 1 】

本実施形態における FT 型分光計 Da は、このように動作することによって、所定光のスペクトルを測定することができる。

【 0 0 9 2 】

次に、白色校正および波長校正について説明する。図 4 は、第 1 実施形態のフーリエ変換型分光計における校正に関する動作を示すフローチャートである。

30

【 0 0 9 3 】

上記構成の FT 型分光計 Da では、白色校正する場合、まず、入射開口 1 a を覆うように試料台 1 b に白色校正板 CP が配置され、白色校正板 CP が FT 型分光計 Da にセットされる (S 1 1)。次に、白色校正部 4 1 5 は、制御部 4 1 1 を介して第 1 透過遮光機構部 5 2 にその遮光板を待避位置 Pb に待避させ、制御部 4 1 1 を介して測定光光源 5 1 に測定光を放射させる (S 1 2)。

【 0 0 9 4 】

測定光光源 5 1 から放射された測定光は、45 : 0 度のジオメトリの場合には、45 度の入射角で白色校正板 CP に入射し、白色校正板 CP で反射され、この反射された測定光の反射光は、0 度の方向から測定される。すなわち、入射開口 1 a の開口面における法線方向 (0 度) に反射した反射光 (反射白色校正光) の成分が第 1 導光光学系 6 0 を介して所定光として干渉計 1 0 に入射される。この反射白色校正光は、光合波器 3 2 を介して干渉計 1 0 に入射され、上述と同様に干渉計 1 0 で干渉し、反射白色校正光の干渉光となって第 1 光分波器 3 3 を介して第 1 受光部 2 1 で受光される。この第 1 受光部 2 1 で受光された反射白色校正光の干渉光は、上述と同様に、第 1 受光部 2 1 で光電変換され、増幅部 2 2 で増幅され、AD 変換部 2 3 でゼロクロス検出部 3 5 のゼロクロスタイミングでサンプリングされ、制御演算部 4 1 へ出力される。これによって生成された反射白色校正光の干渉光のインターフェログラムにおける測定データがサンプリングデータ記憶部 4 1 2 に記憶される。白色校正部 4 1 5 は、インターフェログラム抽出部 4 1 3 によってサンプリングデータ記憶部 4 1 2 に記憶されている測定データから、反射白色校正光の干渉光にお

40

50

けるインターフェログラムをスペクトル演算部 4 1 4 へ通知させ、スペクトル演算部 4 1 4 によって反射白色校正光の干渉光におけるインターフェログラムをフーリエ変換させる。そして、白色校正部 4 1 5 は、この求められたフーリエ変換結果に基づいて白色校正データを求める。白色校正データが求められると、白色校正部 4 1 5 は、この求めた白色校正データを校正データ記憶部 4 1 7 に格納し、白色校正の終了を例えば波長校正部 4 1 6 に通知する (S 1 3) 。

【 0 0 9 5 】

白色校正が終了すると、続けて、波長校正部 4 1 6 は、波長校正する。この波長校正では、まず、白色校正板 C P が F T 型分光計 D a にセットされたままで、波長校正部 4 1 6 は、制御部 4 1 1 を介して第 1 透過遮光機構部 5 2 にその遮光板を遮光位置 P a に移動させ、測定光光源 5 1 の測定光を遮光する (S 1 4) 。次に、波長校正部 4 1 6 は、制御部 4 1 1 を介して波長校正光光源 5 4 に波長校正光を放射させる (S 1 5) 。

10

【 0 0 9 6 】

波長校正光光源 5 4 から放射された波長校正光は、45 : 0 度のジオメトリの場合には、45 度の入射角で白色校正板 C P に入射し、白色校正板 C P で反射され、この反射された波長校正光の反射光は、0 度の方向から測定される。すなわち、入射開口 1 a の開口面における法線方向 (0 度) に反射した反射光 (反射波長校正光) の成分が第 1 導光光学系 6 0 を介して所定光として干渉計 1 0 に入射される。この反射波長校正光は、光合波器 3 2 を介して干渉計 1 0 に入射され、上述と同様に干渉計 1 0 で干渉し、反射波長校正光の干渉光となって第 1 光分波器 3 3 を介して第 1 受光部 2 1 で受光される。この第 1 受光部 2 1 で受光された反射波長白色校正光の干渉光は、上述と同様に、第 1 受光部 2 1 で光電変換され、増幅部 2 2 で増幅され、A D 変換部 2 3 でゼロクロス検出部 3 5 のゼロクロスタイミングでサンプリングされ、制御演算部 4 1 へ出力される。これによって生成された反射波長校正光の干渉光のインターフェログラムにおける測定データがサンプリングデータ記憶部 4 1 2 に記憶される。波長校正部 4 1 6 は、インターフェログラム抽出部 4 1 3 によってサンプリングデータ記憶部 4 1 2 に記憶されている測定データから、反射波長校正光の干渉光におけるインターフェログラムをスペクトル演算部 4 1 4 へ通知させ、スペクトル演算部 4 1 4 によって反射波長校正光の干渉光におけるインターフェログラムをフーリエ変換させる。そして、波長校正部 4 1 6 は、この求められたフーリエ変換結果から、波長校正の値付けとして予め設定された光の波長に相当するピーク位置を探索し、この探索した前記ピーク位置に、実際の波長値すなわち前記既知な波長を対応付けることによって波長校正データを求める。波長校正データが求められると、波長校正部 4 1 6 は、この求めた波長校正データを校正データ記憶部 4 1 7 に格納する (S 1 6) 。

20

30

【 0 0 9 7 】

このように本実施形態における F T 型分光計 D a は、時間的に続けて白色校正および波長校正を行うので、白色校正および波長校正を互いに同等の頻度で実施できる。また、この F T 型分光計 D a は、白色校正板 C P を用いて白色校正だけでなく波長校正を行うので、所定のジオメトリで波長校正光が白色校正板 C P に入射しない場合でも、反射波長校正光を干渉計 1 0 に入射でき、波長校正できる。そして、この F T 型分光計 D a は、試料 S M を配置するための測定位置である試料台 1 b に白色校正板 C P を配置して白色校正および波長校正を行うので、ずれ要因を略全て含めて校正できる。このため、この F T 型分光計 D a は、より高精度に校正でき、より高精度な測定結果を得ることができる。

40

【 0 0 9 8 】

また、本実施形態における F T 型分光計 D a は、測定光光源 5 1 と波長校正光光源 5 4 とをそれぞれ個別の光源で備えるので、上述のように、測定に適した光源を採用することができ、波長校正に適した光源を採用することができる。このため、この F T 型分光計 D a は、所望の測定精度で測定でき、所望の校正精度で波長校正できる。

【 0 0 9 9 】

次に、別の実施形態について説明する。

【 0 1 0 0 】

50

(第2実施形態)

図5は、第2実施形態のフーリエ変換型分光計における光学系の構成を説明するための図である。図6は、第2実施形態のフーリエ変換型分光計における校正に関する動作を示すフローチャートである。

【0101】

第1実施形態におけるFT型分光計Daは、測定光光源51と波長校正光光源54とを個別の光源で備えていたが、第2実施形態におけるFT型分光計Dbは、波長校正光光源54を位置検出単色光光源31と兼用し、位置検出単色光光源31から放射される位置検出用のレーザ光における一部の光を波長校正光として利用するものである。

【0102】

このような第2実施形態におけるFT型分光計Dbは、例えば、測定校正光学系50bと、干渉計10と、受光処理部20bと、位置検出処理部30と、制御演算部41と、入力部42と、出力部43と、IF部44と、筐体1とを備えている。これら第2実施形態のFT型分光計Dbにおける干渉計10、位置検出処理部30、制御演算部41、入力部42、出力部43、IF部44および筐体1は、それぞれ、第1実施形態のFT型分光計Daにおける干渉計10、位置検出処理部30、制御演算部41、入力部42、出力部43、IF部44および筐体1と同様であるので、その説明を省略する。なお、第2実施形態の位置検出処理部30における光合波器32は、所定光だけでなく波長校正光として利用されている位置検出用のレーザ光も透過する。また、図5では、位置検出用として用いられるレーザ光と、波長校正光として用いられるレーザ光とを混合しないように、光軸をずらして配置している。これにより、レーザ光と波長校正光とは、同じ受光部に入射しないようにされている。また、位置検出単色光光源31から放射されるレーザ光の波長は、本実施形態では、既知であるとする。

【0103】

測定校正光学系50bは、波長校正光光源を位置検出単色光光源31と兼用し、位置検出単色光光源31から放射される位置検出用のレーザ光における一部の光を波長校正光として利用するように構成され、試料SMを測定する場合に測定光を試料SMへ照射し、白色校正する場合に前記測定光を白色校正板CPへ照射し、波長校正する場合に前記波長校正光を白色校正板CPへ照射し、これら試料SMまたは白色校正板CPで反射した反射光を前記所定光として干渉計10に導光する光学系である。

【0104】

より具体的には、図5に示すように、測定校正光学系50bは、測定光光源51と、照明光学系53と、第1導光光学系60と、第2導光光学系70aとを備える。これら第2実施形態の測定校正光学系50bにおける測定光光源51、照明光学系53、第1導光光学系60は、それぞれ、第1実施形態の測定校正光学系50aにおける測定光光源51、照明光学系53、第1導光光学系60と同様であるので、その説明を省略する。

【0105】

第2導光光学系70aは、位置検出単色光光源31から放射される位置検出用のレーザ光における一部の光を、入射開口1aへ導光する光学系であり、例えば、図5に示すように、第2光分波器71と、第2透過遮光機構部72と、反射鏡73とを備える。

【0106】

第2光分波器71は、位置検出単色光光源31から射出された前記レーザ光の一部を位置検出処理部30から取り出すための射出光学系である。第2光分波器71は、例えばレーザ光の一部を反射するとともに残余のレーザ光を透過する半透鏡等であり、その法線が位置検出単色光光源31の光軸に対し45度で交差するように、位置検出単色光光源31と半透鏡11との間に配置される。このように配置された第2光分波器71に対し45度の射出角で射出された前記レーザ光の一部を、筐体1に形成された入射開口1aに所定のジオメトリ(例えば45:0度のジオメトリ等)で導光するように、反射鏡73は、適宜な角度および位置に配置される。そして、第2光分波器71と反射鏡73との間には、前記レーザ光の一部を必要に応じたタイミングで透過または遮光するために、第2透過遮光

10

20

30

40

50

機構部 7 2 が配置される。この第 2 透過遮光機構部 7 2 は、第 1 透過遮光機構部 5 2 と同様に構成される。この第 2 透過遮光機構部 7 2 は、制御演算部 4 1 の制御に従って、波長校正する場合には、前記レーザ光の一部を透過するように、前記レーザ光の一部の光を遮光しない（前記レーザ光の一部の光の光路を遮らない）待避位置 P d に遮光板を前記アクチュエータによって移動し、波長校正しない場合には、前記レーザ光の一部の光を遮光する遮光位置 P c に遮光板を前記アクチュエータによって移動する。

【 0 1 0 7 】

受光処理部 2 0 b は、受光処理部 2 0 a と同様に、干渉計 1 0 で得られた前記所定光の干渉光を受光して光電変換することによって前記所定光の干渉光における波形の電気信号を出力するものであり、さらに、波長校正する場合には、波長校正部 4 1 6 によって前記レーザ光の一部の光の波長を測定可能に測定波長範囲をオーバサンプリングによって拡大する。より具体的には、受光処理部 2 0 b は、受光処理部 2 0 a と同様に、第 1 受光部 2 1 と、増幅部 2 2 と、A D 変換部 2 3 とを備え、そして、受光処理部 2 0 b の A D 変換部 2 3 は、ゼロクロス検出部 3 5 のゼロクロスタイミングでサンプリングするだけでなく、より多くのタイミングでサンプリングする（オーバサンプリング）。標本化定理から、位置検出用のレーザ光のゼロクロスタイミングのみで A D 変換部 2 3 がサンプリングすると、位置検出用のレーザ光の波長以下の短波長を検出できないが、このようにゼロクロス検出部 3 5 のゼロクロスタイミングでサンプリングするだけでなく、より多くのタイミングでサンプリングすることで、位置検出用のレーザ光の波長以下の短波長も検出できる。

10

【 0 1 0 8 】

このような第 2 実施形態における F T 型分光計 D b の校正動作について以下に説明する。図 6 において、白色校正する場合、まず、上述の処理 S 1 1 と同様に、白色校正板 C P が F T 型分光計 D a にセットされる（S 2 1）。次に、白色校正部 4 1 5 は、制御部 4 1 1 を介して第 2 透過遮光機構部 7 2 にその遮光板を遮光位置 P c に移動させ、制御部 4 1 1 を介して測定光光源 5 1 に測定光を放射させる（S 2 2）。これによって第 1 実施形態と同様に、測定光光源 5 1 の測定光における白色校正板 C P による反射光から、干渉計 1 0 によって反射白色校正光の干渉光が生成され、そのインターフェログラムにおける測定データが受光処理部 2 0 b によって得られ、サンプリングデータ記憶部 4 1 2 に記憶される。そして、白色校正部 4 1 5 は、インターフェログラム抽出部 4 1 3 およびスペクトル演算部 4 1 4 によって、サンプリングデータ記憶部 4 1 2 に記憶されている反射白色校正光の干渉光におけるインターフェログラムをフーリエ変換し、この求められたフーリエ変換結果に基づいて白色校正データを求める。白色校正データが求められると、白色校正部 4 1 5 は、この求めた白色校正データを校正データ記憶部 4 1 7 に格納し、白色校正の終了を例えば波長校正部 4 1 6 に通知する（S 2 3）。

20

30

【 0 1 0 9 】

白色校正が終了すると、続けて、波長校正部 4 1 6 は、波長校正する。この波長校正では、まず、白色校正板 C P が F T 型分光計 D a にセットされたままで、波長校正部 4 1 6 は、制御部 4 1 1 を介して第 2 透過遮光機構部 7 2 にその遮光板を待避位置 P d に移動させ、波長校正光として位置検出用のレーザ光の一部を白色校正板 C P に入射させる（S 2 4）。すなわち、第 2 透過遮光機構部 7 2 の遮光板が待避位置 P d に移動したことで、第 2 光分波器 7 1 で分岐された位置検出用のレーザ光の一部の光は、第 2 透過遮光機構部 7 2 を透過し、反射鏡 7 3 で反射されて白色校正板 C P に入射する。これによって第 1 実施形態と同様に、位置検出用のレーザ光の一部の光における白色校正板 C P による反射光から、干渉計 1 0 によって反射波長校正光の干渉光が生成され、そのインターフェログラムにおける測定データが受光処理部 2 0 b によって得られ、サンプリングデータ記憶部 4 1 2 に記憶される。ここでは、波長校正部 4 1 6 は、上述のように A D 変換部 2 3 をオーバサンプリングさせる。そして、波長校正部 4 1 6 は、インターフェログラム抽出部 4 1 3 およびスペクトル演算部 4 1 4 によって、サンプリングデータ記憶部 4 1 2 に記憶されている反射波長校正光の干渉光におけるインターフェログラムをフーリエ変換し、この求められたフーリエ変換結果から、波長校正の値付けとして予め設定された位置検出用のレー

40

50

ザ光の波長に相当するピーク位置を探索し、この探索した前記ピーク位置に、実際の波長値すなわち前記既知な前記レーザ光の波長を対応付けることによって波長校正データを求める。波長校正データが求められると、波長校正部 4 1 6 は、この求めた波長校正データを校正データ記憶部 4 1 7 に格納する (S 1 6)。

【 0 1 1 0 】

なお、試料 S M を測定する場合には、第 2 透過遮光機構部 7 2 の遮光板は、制御演算部 4 1 の制御に従って遮光位置 P c に移動され、測定光光源 5 1 から測定光が放射される。そして、第 1 実施形態と同様に動作することで、試料 S M のスペクトルが測定される。

【 0 1 1 1 】

このように本実施形態における F T 型分光計 D b は、第 1 実施形態における F T 型分光計 D a と同様の作用効果を奏し、さらに、オーバサンプリングによって測定波長範囲を、位置検出単色光光源 3 1 のレーザ光の波長を測定可能に拡大するので、位置検出単色光光源 3 1 のレーザ光を波長校正用光に流用できる。そして、この F T 型分光計 D b は、位置検出単色光光源 3 1 のレーザ光を波長校正光に流用するので、別途、波長校正用の光源を備える必要がない。

【 0 1 1 2 】

次に、別の実施形態について説明する。

【 0 1 1 3 】

(第 3 実施形態)

図 7 は、第 3 実施形態のフーリエ変換型分光計における光学系の構成を説明するための図である。

【 0 1 1 4 】

第 2 実施形態における F T 型分光計 D b は、A D 変換部 2 3 のオーバサンプリングによって位置検出単色光光源 3 1 のレーザ光の波長を検出可能に構成し、位置検出単色光光源 3 1 のレーザ光における一部の光を波長校正光として利用するものであるが、第 3 実施形態における F T 型分光計 D c は、位置検出単色光光源 3 1 のレーザ光を波長変換することによって位置検出単色光光源 3 1 のレーザ光の波長を検出可能に構成し、位置検出単色光光源 3 1 のレーザ光における一部の光を波長校正光として利用するものである。

【 0 1 1 5 】

このような第 3 実施形態における F T 型分光計 D c は、例えば、測定校正光学系 5 0 c と、干渉計 1 0 と、受光処理部 2 0 a と、位置検出処理部 3 0 と、制御演算部 4 1 と、入力部 4 2 と、出力部 4 3 と、I F 部 4 4 と、筐体 1 とを備えている。これら第 3 実施形態の F T 型分光計 D c における干渉計 1 0、受光処理部 2 0 a、位置検出処理部 3 0、制御演算部 4 1、入力部 4 2、出力部 4 3、I F 部 4 4 および筐体 1 は、それぞれ、第 1 実施形態の F T 型分光計 D a における干渉計 1 0、受光処理部 2 0 a、位置検出処理部 3 0、制御演算部 4 1、入力部 4 2、出力部 4 3、I F 部 4 4 および筐体 1 と同様であるので、その説明を省略する。なお、図 7 では、位置検出用として用いられるレーザ光と、波長校正光として用いられるレーザ光とが混合しないように、光合波器 3 2 は、第 3 実施形態における F T 型分光計 D c でも第 1 実施形態における F T 型分光計 D a と同様の位置に配置されているが、後述のように、位置検出用のレーザ光の一部を波長変換して波長校正光としているため、2 つのレーザ光が同じ光軸上にあっても、光合波器 3 2 の反射波長域の設定により分離できる。

【 0 1 1 6 】

測定校正光学系 5 0 c は、波長校正光光源を位置検出単色光光源 3 1 と兼用し、位置検出単色光光源 3 1 から放射される位置検出用のレーザ光における一部の光を波長変換した後波長校正光として利用するように構成され、試料 S M を測定する場合に測定光を試料 S M へ照射し、白色校正する場合に前記測定光を白色校正板 C P へ照射し、波長校正する場合に前記波長校正光を白色校正板 C P へ照射し、これら試料 S M または白色校正板 C P で反射した反射光を前記所定光として干渉計 1 0 に導光する光学系である。

【 0 1 1 7 】

10

20

30

40

50

より具体的には、図7に示すように、測定校正光学系50cは、測定光光源51と、照明光学系53と、第1導光光学系60と、第3導光光学系70bとを備える。これら第3実施形態の測定校正光学系50cにおける測定光光源51、照明光学系53、第1導光光学系60は、それぞれ、第1実施形態の測定校正光学系50aにおける測定光光源51、照明光学系53、第1導光光学系60と同様であるので、その説明を省略する。

【0118】

第3導光光学系70bは、位置検出単色光光源31から放射される位置検出用のレーザ光における一部の光を、長波長に波長変換した後に、入射開口1aへ導光する光学系であり、例えば、図7に示すように、第2光分波器71と、長波長変換部74と、第2透過遮光機構部72と、反射鏡73とを備える。これら第3導光光学系70bにおける第2光分波器71、第2透過遮光機構部72および反射鏡73は、それぞれ、第2実施形態のFT型分光計Dbにおける第2導光光学系70aと同様であるので、その説明を省略する。

10

【0119】

長波長変換部74は、第2光分波器71から入射開口1aに至る光路上に配置され、位置検出単色光光源31から放射される位置検出用のレーザ光における一部の光を、長波長に波長変換するものである。長波長に波長変換後の波長は、既知であるとする。このような長波長変換部74は、非線形光学結晶を備えて構成される。非線形光学結晶は、例えば、BBO結晶（ $\text{-BaB}_2\text{O}_4$ 結晶）、LBO結晶（ LiB_3O_5 結晶）、KTP結晶（ KTiOPO_4 結晶）、 LiNbO_3 結晶、 MgO:LiNbO_3 結晶および AgGaS_2 結晶等である。第2光分波器71で分岐された位置検出用のレーザ光の一部の光は、長波長変換部74に入射され、長波長変換部74で既知な波長に波長変換され、待避位置Pdの第2透過遮光機構部72を透過し、反射鏡73で反射されて白色校正板CPに入射する。

20

【0120】

この第3実施形態におけるFT型分光計Dcの構成動作は、オーバサンプリングをしない点を除き、第2実施形態におけるFT型分光計Dbの構成動作と同様であるので、その説明を省略する。

【0121】

このような第3実施形態におけるFT型分光計Dcは、第1実施形態におけるFT型分光計Daと同様の作用効果を奏し、さらに、長波長変換部74を備えるので、位置検出単色光光源31のレーザ光を波長校正光に流用できる。そして、このFT型分光計Dcは、位置検出単色光光源31のレーザ光を波長校正用光に流用するので、別途、波長校正用の光源を備える必要がない。

30

【0122】

次に、別の実施形態について説明する。

【0123】

（第4実施形態）

図8は、第4実施形態のフーリエ変換型分光計における光学系の構成を説明するための図である。図9は、第4実施形態のフーリエ変換型分光計における校正に関する動作を示すフローチャートである。

40

【0124】

第2および第3実施形態におけるFT型分光計Db、Dcは、位置検出単色光光源31のレーザ光を波長校正光に利用するものであるが、第4実施形態におけるFT型分光計Ddは、測定光光源51の測定光を既知な波長に狭帯域化して波長校正光に利用するものである。

【0125】

このような第4実施形態におけるFT型分光計Ddは、例えば、測定校正光学系50dと、干渉計10と、受光処理部20aと、位置検出処理部30と、制御演算部41と、入力部42と、出力部43と、IF部44と、筐体1とを備えている。これら第4実施形態のFT型分光計Ddにおける干渉計10、受光処理部20a、位置検出処理部30、制御

50

演算部 4 1、入力部 4 2、出力部 4 3、I F 部 4 4 および筐体 1 は、それぞれ、第 1 実施形態の F T 型分光計 D a における干渉計 1 0、受光処理部 2 0 a、位置検出処理部 3 0、制御演算部 4 1、入力部 4 2、出力部 4 3、I F 部 4 4 および筐体 1 と同様であるので、その説明を省略する。

【 0 1 2 6 】

測定校正光学系 5 0 d は、波長校正光光源を測定光光源 5 1 と兼用し、測定光光源 5 1 から放射される測定光を狭帯域化した後に波長校正光として利用するように構成され、試料 S M を測定する場合に測定光を試料 S M へ照射し、白色校正する場合に前記測定光を白色校正板 C P へ照射し、波長校正の場合に狭帯域化した測定光の波長校正光を白色校正板 C P へ照射し、これら試料 S M または白色校正板 C P で反射した反射光を前記所定光として干渉計 1 0 に導光する光学系である。

10

【 0 1 2 7 】

より具体的には、図 8 に示すように、測定校正光学系 5 0 d c は、測定光光源 5 1 と、照明光学系 5 3 と、光学フィルタ挿抜機構部 8 1 と、第 1 導光光学系 6 0 とを備える。これら第 4 実施形態の測定校正光学系 5 0 d における測定光光源 5 1、照明光学系 5 3、第 1 導光光学系 6 0 は、それぞれ、第 1 実施形態の測定校正光学系 5 0 a における測定光光源 5 1、照明光学系 5 3、第 1 導光光学系 6 0 と同様であるので、その説明を省略する。

【 0 1 2 8 】

光学フィルタ挿抜機構部 8 1 は、制御演算部 4 1 に接続され、制御演算部 4 1 の制御に従って、測定光光源 5 1 から放射された測定光を透過または狭帯域化する装置である。光学フィルタ挿抜機構部 8 1 は、測定光光源 5 1 から放射された測定光を遮光できる大きさを持ち、測定光光源 5 1 から放射された測定光を遮光できる扇形状板状の遮光板と、前記遮光板の径方向所定位置に形成された貫通開口に嵌め込まれた光学フィルタと、前記扇形状の中心を軸に、前記遮光板を所定の角度で回転させるアクチュエータとを備える。前記光学フィルタは、既知な波長を透過中心波長に持ち、輝線相当の透過波長帯域を持つバンドパスフィルタである。そして、この光学フィルタ挿抜機構部 8 1 は、制御演算部 4 1 の制御に従って、測定光光源 5 1 から放射された測定光を狭帯域化するには、測定光光源 5 1 から入射開口 1 a に至る測定光の光軸と光学フィルタを交差させる狭帯域化位置 P e に前記遮光板を前記アクチュエータによって移動する。これによって測定光光源 5 1 の測定光は、前記光学フィルタによって濾波されて狭帯域化した後に、波長校正光として入射開口 1 a に入射される。一方、この光学フィルタ挿抜機構部 8 1 は、制御演算部 4 1 の制御に従って、測定光光源 5 1 から放射された測定光を透過する場合には、前記測定光を遮光しない（前記測定光の光路を遮らない）待避位置 P f に前記遮光板を前記アクチュエータによって移動する。

20

30

【 0 1 2 9 】

このような第 4 実施形態における F T 型分光計 D d の校正動作について以下に説明する。図 9 において、白色校正する場合、まず、上述の処理 S 1 1 と同様に、白色校正板 C P が F T 型分光計 D a にセットされる（S 3 1）。次に、白色校正部 4 1 5 は、制御部 4 1 1 を介して光学フィルタ挿抜機構部 8 1 にその遮光板を待避位置 P f に移動させ、制御部 4 1 1 を介して測定光光源 5 1 に測定光を放射させる（S 3 2）。これによって第 1 実施形態と同様に、測定光光源 5 1 の測定光における白色校正板 C P による反射光から、干渉計 1 0 によって反射白色校正光の干渉光が生成され、そのインターフェログラムにおける測定データが受光処理部 2 0 a によって得られ、サンプリングデータ記憶部 4 1 2 に記憶される。そして、白色校正部 4 1 5 は、インターフェログラム抽出部 4 1 3 およびスペクトル演算部 4 1 4 によって、サンプリングデータ記憶部 4 1 2 に記憶されている反射白色校正光の干渉光におけるインターフェログラムをフーリエ変換し、この求められたフーリエ変換結果に基づいて白色校正データを求める。白色校正データが求められると、白色校正部 4 1 5 は、この求めた白色校正データを校正データ記憶部 4 1 7 に格納し、白色校正の終了を例えば波長校正部 4 1 6 に通知する（S 3 3）。

40

【 0 1 3 0 】

50

白色校正が終了すると、続けて、波長校正部 4 1 6 は、波長校正する。この波長校正では、まず、白色校正板 C P が F T 型分光計 D a にセットされたままで、波長校正部 4 1 6 は、制御部 4 1 1 を介して光学フィルタ挿抜機構部 8 1 にその遮光板を狭帯域化位置 P e に移動させ、前記光学フィルタで狭帯域化した測定光を波長校正光として白色校正板 C P に入射させる (S 3 4)。すなわち、光学フィルタ挿抜機構部 8 1 の遮光板が狭帯域化位置 P e に移動したことで、測定光光源 5 1 の測定光は、光学フィルタで濾波され、狭帯域化されて白色校正板 C P に入射する。これによって第 1 実施形態と同様に、狭帯域化した測定光における白色校正板 C P による反射光から、干渉計 1 0 によって反射波長校正光の干渉光が生成され、そのインターフェログラムにおける測定データが受光処理部 2 0 a によって得られ、サンプリングデータ記憶部 4 1 2 に記憶される。そして、波長校正部 4 1 6 は、インターフェログラム抽出部 4 1 3 およびスペクトル演算部 4 1 4 によって、サンプリングデータ記憶部 4 1 2 に記憶されている反射波長校正光の干渉光におけるインターフェログラムをフーリエ変換し、この求められたフーリエ変換結果から、波長校正の値付けとして予め設定された前記光学フィルタの透過中心波長に相当するピーク位置を探索し、この探索した前記ピーク位置に、実際の波長値すなわち前記既知な前記光学フィルタの透過中心波長を対応付けることによって波長校正データを求める。波長校正データが求められると、波長校正部 4 1 6 は、この求めた波長校正データを校正データ記憶部 4 1 7 に格納する (S 3 6)。

【 0 1 3 1 】

なお、試料 S M を測定する場合には、光学フィルタ挿抜機構部 8 1 の遮光板は、制御演算部 4 1 の制御に従って待避位置 P f に移動され、測定光光源 5 1 から測定光が放射される。そして、第 1 実施形態と同様に動作することで、試料 S M のスペクトルが測定される。

【 0 1 3 2 】

このような第 4 実施形態における F T 型分光計 D d は、第 1 実施形態における F T 型分光計 D a と同様の作用効果を奏し、さらに、光学フィルタ挿抜機構部 8 1 を備えるので、測定光光源 5 1 の測定光を波長校正光に流用できる。そして、この F T 型分光計 D d は、測定光光源 5 1 の測定光を波長校正用光に流用するので、別途、波長校正用の光源を備える必要がない。

【 0 1 3 3 】

なお、上述の第 4 実施形態では、測定光を波長校正光として利用するために、バンドパスフィルタを備えた光学フィルタ挿抜機構部 8 1 によって測定光が狭帯域化されが、光学フィルタ挿抜機構部 8 1 に代え、回折格子と、前記回折格子で回折された所定の次数の光のみを透過させるスリットを形成したスリット部材と備えるモノクロメータ部によって、測定光が狭帯域化されてもよい。この場合では、波長校正光は、前記測定光を前記モノクロメータ部で単色化した単色光である。このような構成によっても、前記測定光を前記波長校正光に流用できる。

【 0 1 3 4 】

また、上述の第 1 ないし第 4 実施形態における F T 型分光計 D a ~ D d において、波長校正の値付けとして検索されたピーク位置が、例えばデフォルトとして予め設定されたピーク位置から所定値以上ずれている場合には、例えばメーカーでの波長校正をユーザに促すために、その旨のメッセージを警告するように、F T 型分光計 D a ~ D d が構成されてもよい。このように構成することによって F T 型分光計 D a ~ D d のメンテナンスの時期をユーザに知らせることができる。

【 0 1 3 5 】

本発明を表現するために、上述において図面を参照しながら実施形態を通して本発明を適切且十分に説明したが、当業者であれば上述の実施形態を変更および/または改良することは容易に為し得ることであると認識すべきである。したがって、当業者が実施する変更形態または改良形態が、請求の範囲に記載された請求項の権利範囲を離脱するレベルのものでない限り、当該変更形態または当該改良形態は、当該請求項の権利範囲に包括さ

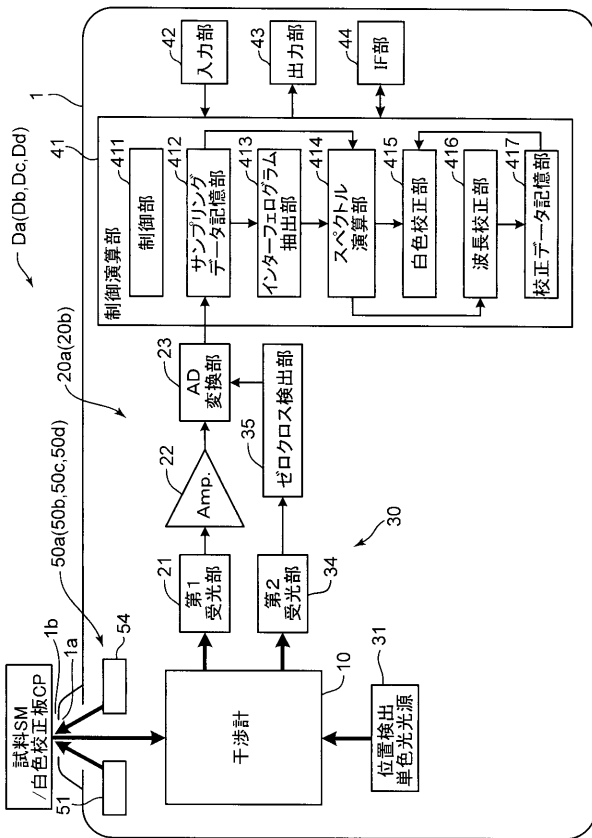
れると解釈される。

【符号の説明】

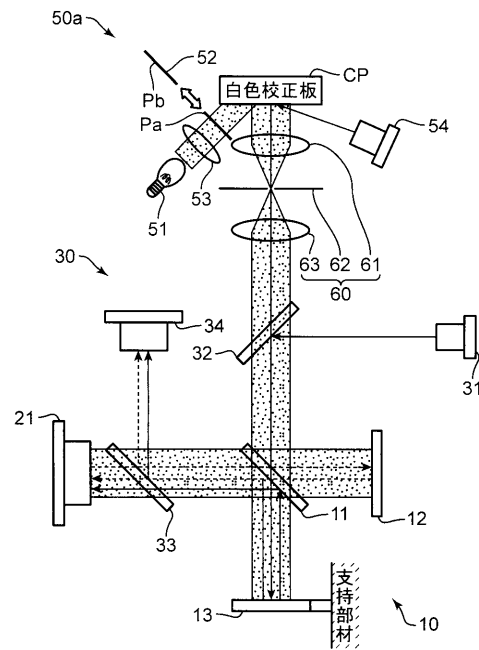
【0136】

- Da、Db、Dc、Dd フーリエ変換型分光計
- 10 干渉計
- 20a、20b 受光処理部
- 30 位置検出処理部
- 41 制御演算部
- 50a、50b、50c、50d 測定校正光学系
- 52 第1透過遮光機構部
- 72 第2透過遮光機構部
- 81 光学フィルタ挿抜機構部
- 411 制御部
- 412 サンプルングデータ記憶部
- 413 インターフェログラム抽出部
- 414 スペクトル演算部
- 415 白色校正部
- 416 波長校正部
- 417 校正データ記憶部

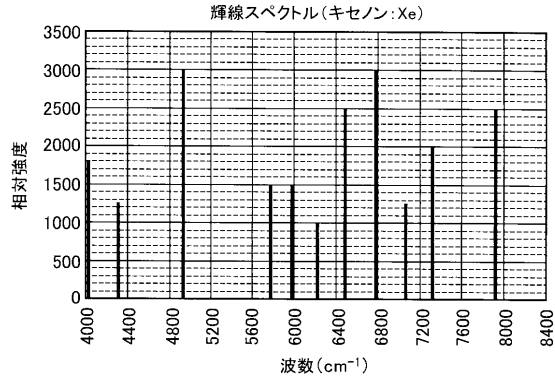
【図1】



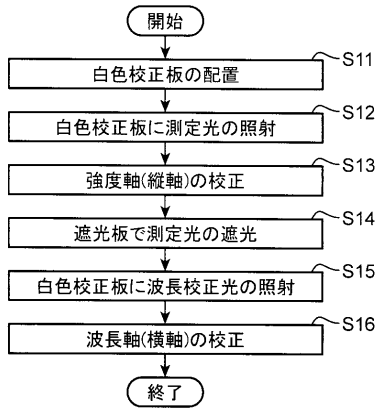
【図2】



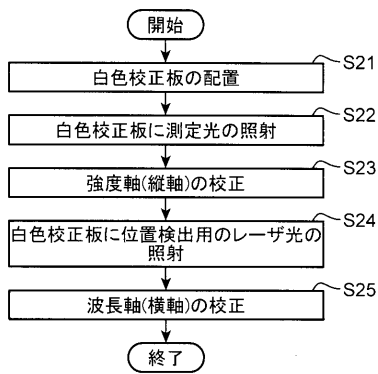
【 図 3 】



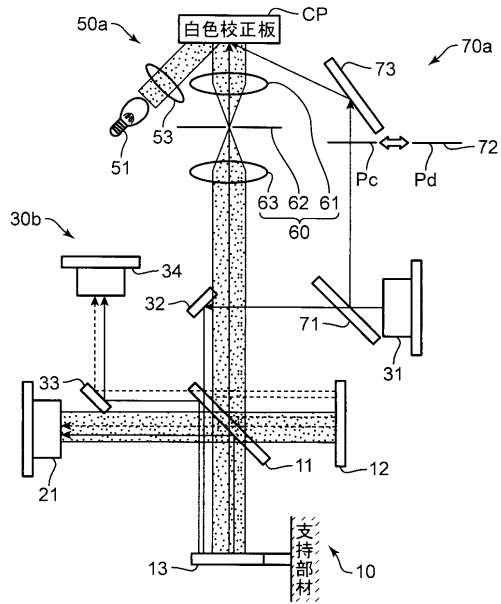
【 図 4 】



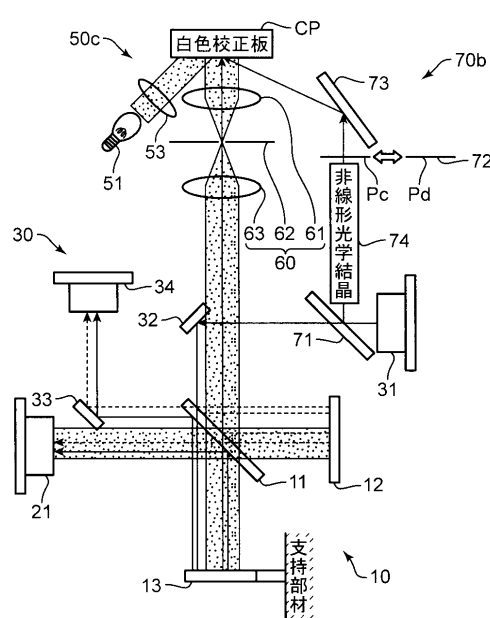
【 図 6 】



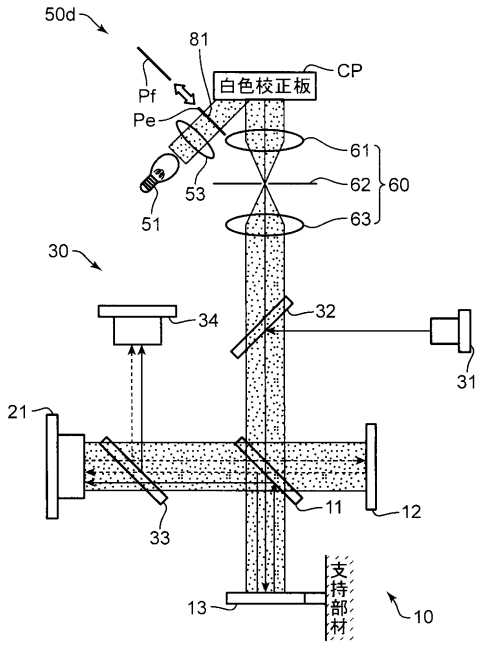
【 図 5 】



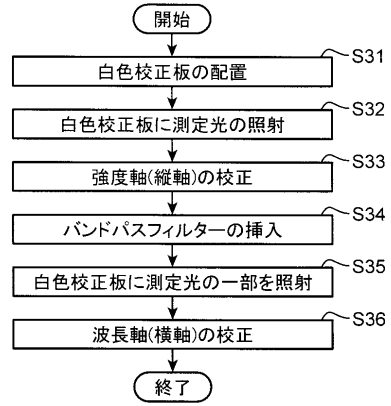
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G020 AA03 AA04 CA12 CB05 CB14 CB23 CB26 CB32 CB42 CB43
CC22 CC27 CC47 CC48 CD35 CD38 CD39