

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5835101号  
(P5835101)

(45) 発行日 平成27年12月24日 (2015. 12. 24)

(24) 登録日 平成27年11月13日 (2015. 11. 13)

(51) Int. Cl. F I  
G O 1 J 3/45 (2006. 01) G O 1 J 3/45

請求項の数 13 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2012-118374 (P2012-118374)	(73) 特許権者	000001270
(22) 出願日	平成24年5月24日 (2012. 5. 24)		コニカミノルタ株式会社
(65) 公開番号	特開2013-245981 (P2013-245981A)		東京都千代田区丸の内二丁目7番2号
(43) 公開日	平成25年12月9日 (2013. 12. 9)	(74) 代理人	100067828
審査請求日	平成26年9月18日 (2014. 9. 18)		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	興津 昌広
			大阪府堺市堺区大仙西町三丁目9番地 コ
			ニカミノルタオプティクス株式会社内
		(72) 発明者	阿部 芳久
			大阪府堺市堺区大仙西町三丁目9番地 コ
			ニカミノルタオプティクス株式会社内
			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方法ならびにフーリエ変換型分光計用アタッチメント

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

測定対象の試料で反射した反射光のスペクトルを求める反射型のフーリエ変換型分光計であって、

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干渉計と、

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複数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るインターフェログラム算出部と、

前記インターフェログラム算出部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ことによって求められたフーリエ変換結果と実際の波長値とを対応付ける波長校正を行う波長校正部と、

前記波長校正部による波長校正結果に基づいて、前記インターフェログラム算出部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ことによってスペクトルを求めるスペクトル算出部と、

前記測定対象の試料に照射するための連続スペクトルを持つ測定光を放射して前記測定光の反射光を前記所定光として前記干渉計に入射させる測定光光源部とを備え、

前記波長校正部は、1または複数の輝線を含む輝線スペクトルを持つ輝線光および連続スペクトルを持つバイアス光を前記所定光として前記干渉計に入射させることによって前記スペクトル算出部で求められた第1スペクトルと、前記バイアス光を前記所定光として

10

20

前記干渉計に入射させることによって前記スペクトル算出部で求められた第2スペクトルとの差分を求めることによって前記輝線光の前記輝線スペクトルを求め、この求めた前記輝線スペクトルに含まれる輝線ピークに基づいて、前記波長校正を行い、

前記測定光は、前記バイアス光としても用いられること  
を特徴とするフーリエ変換型分光計。

【請求項2】

請求項1に記載のフーリエ変換型分光計において、  
前記所定光を入射させるための入射開口を形成した試料台に配置されて用いられるフーリエ変換型分光計用アタッチメントをさらに備え、

前記フーリエ変換型分光計用アタッチメントは、

1または複数の輝線を含む輝線スペクトルを持つ輝線光を放射する輝線光光源と、  
前記輝線光光源を収容する筐体とを備え、

前記筐体は、前記輝線光光源から放射される輝線光を外部へ照射するための照射開口と、前記照射開口に隣接する領域の表面に形成され、前記バイアス光に含まれる波長帯域の光を反射する反射領域とを備えること

を特徴とするフーリエ変換型分光計。

10

【請求項3】

請求項1に記載のフーリエ変換型分光計において、

前記所定光を入射させるための入射開口を形成した試料台に配置されて用いられるフーリエ変換型分光計用アタッチメントをさらに備え、

前記フーリエ変換型分光計用アタッチメントは、

1または複数の輝線を含む輝線スペクトルを持つ輝線光を放射する輝線光光源と、

前記輝線光光源を収容し、前記輝線光光源から放射される輝線光を外部へ照射するための照射開口を形成した筐体と、

貫通開口と、前記貫通開口に隣接する領域の表面に形成され前記バイアス光に含まれる波長帯域の光を反射する反射領域とを備える反射部材とを備えること

を特徴とするフーリエ変換型分光計。

20

【請求項4】

請求項1に記載のフーリエ変換型分光計において、

前記所定光を入射させるための入射開口を形成した試料台に配置されて用いられるフーリエ変換型分光計用アタッチメントをさらに備え、

前記フーリエ変換型分光計用アタッチメントは、

1または複数の輝線を含む輝線スペクトルを持つ輝線光を放射する輝線光光源と、

連続スペクトルを持つバイアス光を放射するバイアス光光源と、

前記輝線光光源およびバイアス光光源を収容し、前記輝線光光源から放射される輝線光および前記バイアス光光源から放射されるバイアス光を外部へ照射するための照射開口を形成した筐体とを備えること

を特徴とするフーリエ変換型分光計。

30

【請求項5】

請求項2ないし請求項4のいずれか1項に記載のフーリエ変換型分光計において、

前記フーリエ変換型分光計用アタッチメントは、

前記輝線光光源から前記照射開口以前に配置され、前記輝線光光源から放射された前記輝線光を集光する集光光学系をさらに備えること

を特徴とするフーリエ変換型分光計。

40

【請求項6】

請求項1に記載のフーリエ変換型分光計において、

1または複数の輝線を含む輝線スペクトルを持つ輝線光を放射する輝線光光源とをさらに備えること

を特徴とするフーリエ変換型分光計。

【請求項7】

50

請求項 2 ないし請求項 6 のいずれか 1 項に記載のフーリエ変換型分光計において、前記輝線光光源は、低圧キセノンランプであることを特徴とするフーリエ変換型分光計。

【請求項 8】

請求項 1 ないし請求項 7 のいずれか 1 項に記載のフーリエ変換型分光計において、前記所定光は、測定対象として入射される 800 nm 以上の近赤外域光であることを特徴とするフーリエ変換型分光計。

【請求項 9】

請求項 1 に記載のフーリエ変換型分光計における前記所定光を入射させるための入射開口を形成した試料台に配置されることによって、該フーリエ変換型分光計と組み合わせて用いられるフーリエ変換型分光計用アタッチメントであって、

10

1 または複数の輝線を含む輝線スペクトルを持つ輝線光を放射する輝線光光源と、前記輝線光光源を収容する筐体とを備え、

前記筐体は、前記輝線光光源から放射される輝線光を外部へ照射するための照射開口と、前記照射開口に隣接する領域の表面に形成され、前記バイアス光に含まれる波長帯域の光を反射する反射領域とを備えること

を特徴とするフーリエ変換型分光計用アタッチメント。

【請求項 10】

請求項 1 に記載のフーリエ変換型分光計における前記所定光を入射させるための入射開口を形成した試料台に配置されることによって、該フーリエ変換型分光計と組み合わせて用いられるフーリエ変換型分光計用アタッチメントであって、

20

1 または複数の輝線を含む輝線スペクトルを持つ輝線光を放射する輝線光光源と、

前記輝線光光源を収容し、前記輝線光光源から放射される輝線光を外部へ照射するための照射開口を形成した筐体と、

貫通開口と、前記貫通開口に隣接する領域の表面に形成され前記バイアス光に含まれる波長帯域の光を反射する反射領域とを備える反射部材とを備えること

を特徴とするフーリエ変換型分光計用アタッチメント。

【請求項 11】

請求項 1 に記載のフーリエ変換型分光計における前記所定光を入射させるための入射開口を形成した試料台に配置されることによって、該フーリエ変換型分光計と組み合わせて用いられるフーリエ変換型分光計用アタッチメントであって、

30

1 または複数の輝線を含む輝線スペクトルを持つ輝線光を放射する輝線光光源と、

連続スペクトルを持つバイアス光を放射するバイアス光光源と、

前記輝線光光源およびバイアス光光源を収容し、前記輝線光光源から放射される輝線光および前記バイアス光光源から放射されるバイアス光を外部へ照射するための照射開口を形成した筐体とを備えること

を特徴とするフーリエ変換型分光計用アタッチメント。

【請求項 12】

請求項 9 ないし請求項 11 のいずれか 1 項に記載のフーリエ変換型分光計用アタッチメントにおいて、

40

前記輝線光光源から前記照射開口以前に配置され、前記輝線光光源から放射された前記輝線光を集光する集光光学系をさらに備えること

を特徴とするフーリエ変換型分光計用アタッチメント。

【請求項 13】

測定対象の試料で反射した反射光のスペクトルを求める反射型のフーリエ変換型分光方法であって、

所定光を、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に入射させる入射工程と、

50

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積算インターフェログラムを求めるインターフェログラム算出工程と、

前記インターフェログラム算出工程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ことによって求められたフーリエ変換結果と実際の波長値とを対応付ける波長校正を行う波長校正工程と、

前記波長校正工程による波長校正結果に基づいて、前記インターフェログラム算出工程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ことによって前記所定光のスペクトルを求めるスペクトル算出工程と、

前記測定対象の試料に照射するための連続スペクトルを持つ測定光を測定光光源部から放射して前記測定光の反射光を前記所定光として前記干渉計に入射させる測定光放射工程とを備え、

10

前記波長校正工程は、1または複数の輝線を含む輝線スペクトルを持つ輝線光および連続スペクトルを持つバイアス光を前記所定光として前記干渉計に入射させることによって前記スペクトル算出工程で第1スペクトルを求める第1スペクトル算出サブ工程と、前記バイアス光を前記所定光として前記干渉計に入射させることによって前記スペクトル算出工程で第2スペクトルを求める第2スペクトル算出サブ工程と、これら求めた前記第1スペクトルと前記第2スペクトルとの差分を求めることによって前記輝線光の前記輝線スペクトルを求める輝線スペクトル算出サブ工程と、この求めた前記輝線スペクトルに含まれる輝線ピークに基づいて前記波長校正を行う波長校正サブ工程とを備え、

前記測定光は、前記バイアス光としても用いられること

20

を特徴とするフーリエ変換型分光方法。

【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フーリエ変換型分光方法に関し、特に、輝線スペクトルを用いることによって波長校正を行うことが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方法に関する。そして、本発明は、このフーリエ変換型分光計に好適に用いられるフーリエ変換型分光計用アタッチメントに関する。

【背景技術】

【0002】

30

分光計は、測定対象の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1つに干渉計で被測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被測定光のスペクトルを求めるフーリエ変換型分光計がある。

【0003】

このフーリエ変換型分光計では、前記干渉計の出力は、前記被測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、被測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

40

【0004】

そして、フーリエ変換型分光計では、1回の測定で得られた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被測定光のスペクトルを求めると、通常、SN比が悪く、良好な精度の結果が得られ難い。このため、フーリエ変換型分光計では、1個の測定対象に対しインターフェログラムが複数回測定され、これら複数のインターフェログラムが積算されることによって、被測定光のスペクトルを求めるために用いられるインターフェログラム（以下、「積算インターフェログラム」と呼称する。）が生成される。これら複数回の測定は、通常、干渉計の2つの光路のうち一方の光路の光路長を連続的に変化させながら行われる。

50

## 【0005】

このような分光計では、インターフェログラムまたは積算インターフェログラムのフーリエ変換結果におけるどのデータがどの波長値のデータを表しているか（例えば波長1000nmのスペクトルのデータはインターフェログラムまたは積算インターフェログラムのフーリエ変換結果におけるどのデータか）を値付ける波長校正、すなわち、インターフェログラムまたは積算インターフェログラムのフーリエ変換結果における各データと実際の各波長値とを対応付ける波長校正が必要であり、この波長校正によってフーリエ変換型分光計における横軸（波長軸）の値付けができる。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。

10

## 【0006】

例えば、波長の既知な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、波長校正が行われる。このような波長校正に関する技術は、例えば、特許文献1に開示されており、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。

## 【0007】

また例えば、吸収ピーク波長の既知な標準試料を分光計で測定し、その測定結果と前記既知な吸収ピーク波長とを対比することによって、波長校正が行われる。このような波長校正に関する技術は、例えば、特許文献2に開示されており、この特許文献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。

20

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0008】

【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】

30

## 【0009】

ところで、前記特許文献1に開示の基準光は、狭帯域化されているが、或る程度の半値幅を有しているため、波長校正の精度は、前記半値幅の大きさに応じた精度となり、前記半値幅の大きさに制限されてしまう。また、前記特許文献2では、前記標準化液体の吸収ピークは、ブロードなピーク形状であり、比較的半値幅が広い。このため、前記特許文献1および特許文献2に開示の技術では、高精度に波長校正を行うことが難しい。

## 【0010】

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、新たな波長校正技術を提案するものであり、より高精度に波長校正を行うことが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方法ならびにこのフーリエ変換型分光計に好適に用いられるフーリエ変換型分光計用アタッチメントを提供することである。

40

## 【課題を解決するための手段】

## 【0011】

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、測定対象の試料で反射した反射光のスペクトルを求める反射型のフーリエ変換型分光計であって、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干渉計と、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複数積算することによって積算インターフェロ

50

グラムを求めるインターフェログラム算出部と、前記インターフェログラム算出部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ことによって求められたフーリエ変換結果と実際の波長値とを対応付ける波長校正を行う波長校正部と、前記波長校正部による波長校正結果に基づいて、前記インターフェログラム算出部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ことによってスペクトルを求めるスペクトル算出部と、前記測定対象の試料に照射するための連続スペクトルを持つ測定光を放射して前記測定光の反射光を前記所定光として前記干渉計に入射させる測定光光源部とを備え、前記波長校正部は、1または複数の輝線を含む輝線スペクトルを持つ輝線光および連続スペクトルを持つバイアス光を前記所定光として前記干渉計に入射させることによって前記スペクトル算出部で求められた第1スペクトルと、前記バイアス光を前記所定光として前記干渉計に入射させることによって前記スペクトル算出部で求められた第2スペクトルとの差分を求めることによって前記輝線光の前記輝線スペクトルを求め、この求めた前記輝線スペクトルに含まれる輝線ピークに基づいて、前記波長校正を行い、前記測定光は、前記バイアス光としても用いられることを特徴とする。

10

#### 【0012】

そして、本発明の他の一態様にかかるフーリエ変換型分光方法は、測定対象の試料で反射した反射光のスペクトルを求める反射型のフーリエ変換型分光方法であって、所定光を、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に入射させる入射工程と、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複数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るインターフェログラム算出工程と、前記インターフェログラム算出工程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ことによって求められたフーリエ変換結果と実際の波長値とを対応付ける波長校正を行う波長校正工程と、前記波長校正工程による波長校正結果に基づいて、前記インターフェログラム算出工程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ことによって前記所定光のスペクトルを求めるスペクトル算出工程と、前記測定対象の試料に照射するための連続スペクトルを持つ測定光を測定光光源部から放射して前記測定光の反射光を前記所定光として前記干渉計に入射させる測定光放射工程とを備え、前記波長校正工程は、1または複数の輝線を含む輝線スペクトルを持つ輝線光および連続スペクトルを持つバイアス光を前記所定光として前記干渉計に入射させることによって前記スペクトル算出工程で第1スペクトルを求める第1スペクトル算出サブ工程と、前記バイアス光を前記所定光として前記干渉計に入射させることによって前記スペクトル算出工程で第2スペクトルを求める第2スペクトル算出サブ工程と、これら求めた前記第1スペクトルと前記第2スペクトルとの差分を求めることによって前記輝線光の前記輝線スペクトルを求める輝線スペクトル算出サブ工程と、この求めた前記輝線スペクトルに含まれる輝線ピークに基づいて前記波長校正を行う波長校正サブ工程とを備え、前記測定光は、前記バイアス光としても用いられることを特徴とする。

20

30

#### 【0013】

このような構成のフーリエ変換型分光計およびフーリエ変換型分光方法は、波長校正を行うための基準光として輝線を用いるので、従来より高精度に波長校正を行うことができる。そして、このような構成のフーリエ変換型分光計は、干渉計の光路差形成光学素子として、いわゆる反射鏡を光軸方向に往復振動させる往復振動型の移動鏡が用いられる場合でも、バイアス光によってセンターバースト位置が検出可能であるから、積算インターフェログラムを適切に求めることができ、したがって、輝線を用いた波長校正が可能となる。

40

#### 【0015】

そして、このような構成のフーリエ変換型分光計およびフーリエ変換型分光方法は、測定光光源部が測定光およびバイアス光を放射する光源として兼用されるので、別途にバイアス光を放射するバイアス光光源部を必要とせず、小型化とコストダウンとを図ることが

50

できる。

【0016】

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、前記所定光を入射させるための入射開口を形成した試料台に配置されて用いられるフーリエ変換型分光計用アタッチメントをさらに備え、前記フーリエ変換型分光計用アタッチメントは、1または複数の輝線を含む輝線スペクトルを持つ輝線光を放射する輝線光光源と、前記輝線光光源を収容する筐体とを備え、前記筐体は、前記輝線光光源から放射される輝線光を外部へ照射するための照射開口と、前記照射開口に隣接する領域の表面に形成され、前記バイアス光に含まれる波長帯域の光を反射する反射領域とを備えることを特徴とする。

【0017】

そして、他の一態様にかかるフーリエ変換型分光計用アタッチメントは、上述のフーリエ変換型分光計における前記所定光を入射させるための入射開口を形成した試料台に配置されることによって、該フーリエ変換型分光計と組み合わせて用いられるフーリエ変換型分光計用アタッチメントであって、1または複数の輝線を含む輝線スペクトルを持つ輝線光を放射する輝線光光源と、前記輝線光光源を収容する筐体とを備え、前記筐体は、前記輝線光光源から放射される輝線光を外部へ照射するための照射開口と、前記照射開口に隣接する領域の表面に形成され、前記バイアス光に含まれる波長帯域の光を反射する反射領域とを備えることを特徴とする。

【0018】

このような構成のフーリエ変換型分光計およびフーリエ変換型分光計用アタッチメントでは、前記照射開口と前記反射領域とが互いに隣接して配置されているので、前記照射開口と前記反射領域とが同時に前記入射開口に臨むように、フーリエ変換型分光計用アタッチメントをフーリエ変換型分光計に取り付けることが可能となる。このため、このような構成のフーリエ変換型分光計およびフーリエ変換型分光計用アタッチメントは、フーリエ変換型分光計の測定光光源部から放射される測定光をバイアス光として前記干渉計に入射させることができるとともに、輝線光光源から放射される輝線光を前記干渉計に入射させることができる。そして、このような構成のフーリエ変換型分光計およびフーリエ変換型分光計用アタッチメントは、フーリエ変換型分光計用アタッチメントの取り付け位置を調整することによって、前記入射開口に臨む前記照射開口の開口面積と前記入射開口に臨む前記反射領域の反射面積との比を調整することができ、前記入射開口から前記干渉計に入射される輝線光の光量と前記入射開口から前記干渉計に入射されるバイアス光の光量との比を調整することができる。このため、このような構成のフーリエ変換型分光計およびフーリエ変換型分光計用アタッチメントは、輝線光にバイアス光を重畳する場合でも、センターバースト位置を検出しつつ輝線を検出可能なインターフェログラムを得ることが可能となる。

【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、前記所定光を入射させるための入射開口を形成した試料台に配置されて用いられるフーリエ変換型分光計用アタッチメントをさらに備え、前記フーリエ変換型分光計用アタッチメントは、1または複数の輝線を含む輝線スペクトルを持つ輝線光を放射する輝線光光源と、前記輝線光光源を収容し、前記輝線光光源から放射される輝線光を外部へ照射するための照射開口を形成した筐体と、貫通開口と、前記貫通開口に隣接する領域の表面に形成され前記バイアス光に含まれる波長帯域の光を反射する反射領域とを備える反射部材とを備えることを特徴とする。

【0020】

そして、他の一態様にかかるフーリエ変換型分光計用アタッチメントは、上述のフーリエ変換型分光計における前記所定光を入射させるための入射開口を形成した試料台に配置されることによって、該フーリエ変換型分光計と組み合わせて用いられるフーリエ変換型分光計用アタッチメントであって、1または複数の輝線を含む輝線スペクトルを持つ輝線光を放射する輝線光光源と、前記輝線光光源を収容し、前記輝線光光源から放射される輝

10

20

30

40

50

線光を外部へ照射するための照射開口を形成した筐体と、貫通開口と、前記貫通開口に隣接する領域の表面に形成され前記バイアス光に含まれる波長帯域の光を反射する反射領域とを備える反射部材とを備えることを特徴とする。

【0021】

このような構成のフーリエ変換型分光計およびフーリエ変換型分光計用アタッチメントでは、前記貫通開口と前記反射領域とが互いに隣接して配置されているので、前記貫通開口と前記反射領域とが同時に前記入射開口に臨むように、フーリエ変換型分光計用アタッチメントをフーリエ変換型分光計に取り付けることが可能となる。このため、このような構成のフーリエ変換型分光計およびフーリエ変換型分光計用アタッチメントは、照射開口を介して射出された輝線光を前記貫通開口に入射させることで、フーリエ変換型分光計の測定光光源部から放射される測定光をバイアス光として前記干渉計に入射させることができるとともに、輝線光光源から放射される輝線光を前記干渉計に入射させることができる。そして、このような構成のフーリエ変換型分光計およびフーリエ変換型分光計用アタッチメントは、フーリエ変換型分光計用アタッチメントにおける反射部材の取り付け位置を調整することによって、前記入射開口に臨む前記貫通開口の開口面積と前記入射開口に臨む前記反射領域の反射面積との比を調整することができ、前記入射開口から前記干渉計に入射される輝線光の光量と前記入射開口から前記干渉計に入射されるバイアス光の光量との比を調整することができる。このため、このような構成のフーリエ変換型分光計およびフーリエ変換型分光計用アタッチメントは、輝線光にバイアス光を重畳する場合でも、センターバースト位置を検出しつつ輝線を検出可能なインターフェログラムを得ることが可能となる。

10

20

【0022】

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、前記所定光を入射させるための入射開口を形成した試料台に配置されて用いられるフーリエ変換型分光計用アタッチメントをさらに備え、前記フーリエ変換型分光計用アタッチメントは、1または複数の輝線を含む輝線スペクトルを持つ輝線光を放射する輝線光光源と、連続スペクトルを持つバイアス光を放射するバイアス光光源と、前記輝線光光源およびバイアス光光源を収容し、前記輝線光光源から放射される輝線光および前記バイアス光光源から放射されるバイアス光を外部へ照射するための照射開口を形成した筐体とを備えることを特徴とする。

【0023】

そして、他の一態様にかかるフーリエ変換型分光計用アタッチメントは、上述のフーリエ変換型分光計における前記所定光を入射させるための入射開口を形成した試料台に配置されることによって、該フーリエ変換型分光計と組み合わせて用いられるフーリエ変換型分光計用アタッチメントであって、1または複数の輝線を含む輝線スペクトルを持つ輝線光を放射する輝線光光源と、連続スペクトルを持つバイアス光を放射するバイアス光光源と、前記輝線光光源およびバイアス光光源を収容し、前記輝線光光源から放射される輝線光および前記バイアス光光源から放射されるバイアス光を外部へ照射するための照射開口を形成した筐体とを備えることを特徴とする。

30

【0024】

このような構成のフーリエ変換型分光計およびフーリエ変換型分光計用アタッチメントは、外付けで、輝線光光源とバイアス光光源とを提供することができる。したがって、フーリエ変換型分光計が測定光光源を備えない場合でも、波長校正を行うことができ、一方、フーリエ変換型分光計が測定光光源を備える場合には、輝線光の輝線スペクトルに対して好適な、測定光の連続スペクトルとは別の連続スペクトルを持つ光をバイアス光として用いることができる。

40

【0025】

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、前記フーリエ変換型分光計用アタッチメントは、前記輝線光光源から前記照射開口以前に配置され、前記輝線光光源から放射された前記輝線光を集光する集光光学系をさらに備えることを特徴とする。

50

## 【 0 0 2 6 】

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用アタッチメントにおいて、前記輝線光光源から前記照射開口以前に配置され、前記輝線光光源から放射された前記輝線光を集光する集光光学系をさらに備えることを特徴とする。

## 【 0 0 2 7 】

このような構成のフーリエ変換型分光計およびフーリエ変換型分光計用アタッチメントは、集光光学系をさらに備えるので、より多くの光量の輝線光を前記干渉計へ入射させることができ、S/N比の向上を図ることが可能となる。

## 【 0 0 2 8 】

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、1または複数の輝線を含む輝線スペクトルを持つ輝線光を放射する輝線光光源とをさらに備えることを特徴とする。

10

## 【 0 0 2 9 】

この構成によれば、輝線光光源を備えたフーリエ変換型分光計を提供することができる。

## 【 0 0 3 0 】

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、前記輝線光光源は、低圧キセノンランプであることを特徴とする。

## 【 0 0 3 1 】

この構成によれば、輝線光光源として低圧キセノンランプを用いることによって、比較

20

的安定した輝線が得られる。

## 【 0 0 3 2 】

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、前記所定光は、測定対象として入射される800nm以上の近赤外域光であることを特徴とする。

## 【 0 0 3 3 】

この構成によれば、800nm以上の近赤外域光を測定可能なフーリエ変換型分光計を提供することができる。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 3 4 】

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方法は、より高精度に波長校正を行うことができる。そして、本発明によれば、波長校正を行う際に好適に用いられるフーリエ変換型分光計用アタッチメントが提供される。

30

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 3 5 】

【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】実施形態のフーリエ変換型分光計における主に干渉計の構成を示す図である。

【図3】実施形態のフーリエ変換型分光計における第1態様のアタッチメントの構成を示す断面図である。

【図4】一例として、実施形態のフーリエ変換型分光計における輝線光の輝線スペクトルを示す図である。

40

【図5】実施形態のフーリエ変換型分光計における波長校正の動作を示すフローチャートである。

【図6】一例として、輝線光とバイアス光を干渉計に入射した場合に観察されるインターフェログラムを示す図である。

【図7】一例として、バイアス光を干渉計に入射した場合に観察されるインターフェログラムを示す図である。

【図8】輝線スペクトルの算出方法を説明するための図である。

【図9】第2態様のアタッチメントの構成を示す断面図である。

【図10】第3態様のアタッチメントの構成を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

50

## 【 0 0 3 6 】

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。

## 【 0 0 3 7 】

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、実施形態のフーリエ変換型分光計における主に干渉計の構成を示す図である。図 3 は、実施形態のフーリエ変換型分光計における第 1 態様のアタッチメントの構成を示す断面図である。図 4 は、一例として、実施形態のフーリエ変換型分光計における輝線光の輝線スペクトルを示す図である。図 4 の横軸は、 $\text{cm}^{-1}$  単位で表す波数であり、その縦軸は、相対強度である。

10

## 【 0 0 3 8 】

実施形態におけるフーリエ変換型分光計（以下、「F T 型分光計」と略記する。）D は、被測定光のスペクトルを測定する装置であって、前記被測定光を干渉計で測定し、この測定した被測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被測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 F T 型分光計 D では、S N 比を改善し、良好な精度の結果を得るために、前記被測定光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被測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が用いられる。このような F T 型分光計 D は、例えば、図 1 ないし図 3 に示すように、測定対象の物体である試料 S M に測定光を照射するための測定光光源 5 1 と、試料 S M で反射した測定光の反射光が被測定光として入射され、前記被測定光の干渉光を射出する干渉計 1 1 と、干渉計 1 1 で得られた被測定光の干渉光を受光して光電変換することによって被測定光の干渉光の波形の電気信号（被測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 と、干渉計 1 1 における移動鏡 1 1 5 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、筐体 1 とを備えている。

20

## 【 0 0 3 9 】

筐体 1 は、これら測定光光源 5 1、干渉計 1 1、受光処理部 2 0、位置検出処理部 3 0、制御演算部 4 1、入力部 4 2 および出力部 4 3 を収容する箱体であり、その一面には、試料 S M を載置するための試料台 1 b が形成されている。試料台 1 b には、被測定光を入射させるための入射開口 1 a として貫通開口が形成されている。そして、この F T 型分光計 D は、その波長校正を行うために用いられるフーリエ変換型分光計用アタッチメント（以下、「アタッチメント」と略記する。）A T をさらに備えている。このアタッチメント A T は、波長校正を行う場合、試料台 1 b に配置されて用いられる。

30

## 【 0 0 4 0 】

測定光光源 5 1 は、測定光を放射してこの測定光を 4 5 : 0 度のジオメトリで試料 S M へ照射する光源装置である。測定光は、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。測定光は、測定の際には、試料 S M を測定するために用いられ、波長校正の際には、1 または複数の輝線を含む輝線スペクトルを持つ輝線光に重畳されるバイアス光として用いられる。このように、本実施形態では、測定光光源 5 1 は、バイアス光を放射するバイアス光光源としても用いられる。このような測定光光源 5 1 には、本実施形態では、例えばハロゲンランプが用いられる。

40

## 【 0 0 4 1 】

試料 S M を測定する場合には、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、入射開口 1 a に臨む試料 S M の表面が測定面 S F となる。そして、測定光光源 5 1 から照射された測定光は、4 5 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被測定光として干渉計 1 1 に入射される。このように本実施形態の F T 型分光計 D は、試料 S M で反射した測定光の反射光を被測定光とする反射型である。

50

## 【 0 0 4 2 】

なお、この例では、被測定光は、試料 S M で反射した測定光の反射光であるが、測定光を照射することによって試料 S M から再放射（例えば蛍光発光等）される光であってもよく、また、測定光が照射されることなく、試料 S M で自発光した光であってもよい。よく、また、他の光源から放射された光が照射され、前記光を反射、透過または再放射（例えば蛍光発光等）することによって光を放射するものであってもよい。反射型の F T 型分光計 D は、反射光だけでなく、このような再放射の光や、自発光の光も測定可能である。

## 【 0 0 4 3 】

一方、波長校正を行う場合には、入射開口 1 a を覆うように試料台 1 b にアタッチメント A T が配置される。このアタッチメント A T は、例えば、図 3 に示すように、輝線光光源 6 1 と、この輝線光光源 6 1 を収容する筐体 6 2 とを備える第 1 態様のアタッチメント A T a である。

10

## 【 0 0 4 4 】

輝線光光源 6 1 は、波長の既知な 1 または複数の輝線を含む輝線スペクトルを持つ輝線光を放射する光源装置である。輝線光光源 6 1 は、本実施形態では、キセノンランプであり、好ましくは、複数の輝線を含む輝線スペクトルを持つ光を、比較的、安定的に再現性良く放射することができることから、封入されているガス圧が比較的低い低圧キセノンランプである。より具体的には、本実施形態では、輝線光光源 6 1 は、ペン型低圧キセノンランプである。この低圧キセノンランプの輝線スペクトルが図 4 に示されている。図 4 には、波数 4 0 0 0 (  $\text{cm}^{-1}$  ) から波数 8 4 0 0 (  $\text{cm}^{-1}$  ) までの間に、キセノン ( X e ) の輝線として、11 個の輝線が示されている。

20

## 【 0 0 4 5 】

筐体 6 2 は、略直方体形状の箱体であり、一方主面には、輝線光光源 6 1 が嵌り込む収容凹部 6 2 1 が形成されている。この収容凹部 6 2 1 に輝線光光源 6 1 としての前記ペン型低圧キセノンランプ 6 1 が嵌り込んで配設されることで、ペン型低圧キセノンランプ 6 1 が筐体 6 2 に収納され、収容凹部 6 2 1 の開口 6 2 2 が、ペン型低圧キセノンランプ 6 1 から放射される輝線光を外部へ照射するための照射開口 6 2 2 となっている。そして、この照射開口 6 2 2 が形成されている筐体 6 2 の前記一方主面には、少なくとも照射開口 6 2 2 に隣接する領域の表面に、バイアス光に含まれる波長帯域の光を反射する反射領域 6 2 3 が形成されている。この反射領域 6 2 3 は、F T 型分光計 D に備えられている測定光光源 5 1 から放射される測定光をバイアス光として用いるために、輝線光の照射方向に合わせて測定光を反射するための領域である。反射領域 6 2 3 は、例えば、照射開口 6 2 2 の一方側に形成されてもよく、また例えば、照射開口 6 2 2 の両側に形成されてもよく、また例えば、前記一方主面の全面が反射領域 6 2 3 とされてもよい。なお、照射開口 6 2 2 には、例えば防塵のために、カバーガラスが配置されてもよい。

30

## 【 0 0 4 6 】

このような構成の第 1 態様のアタッチメント A T a では、波長校正のために試料台 1 b に配置されている場合に、輝線光光源 6 1 から放射された輝線光 O P 3 は、照射開口 6 2 2 を介して入射開口 1 a に入射し、干渉計 1 1 に入射する。また、F T 型分光計 D の測定光光源 5 1 から放射された測定光 O P 1 は、反射領域 6 2 3 で反射することによってバイアス光 O P 2 として輝線光の照射方向に合わせて入射開口 1 a に入射し、干渉計 1 1 に入射する。そして、輝線光 O P 3 とバイアス光 O P 2 とを被測定光として干渉計 1 1 に入射させる場合には、輝線光光源 6 1 と測定光光源 5 1 とが同時に点灯され、バイアス光 O P 2 のみを被測定光として干渉計 1 1 に入射させる場合には、輝線光光源 6 1 が消灯されるとともに測定光光源 5 1 が点灯される。

40

## 【 0 0 4 7 】

図 1 に戻って、干渉計 1 1 は、被測定光が入射され、この入射された被測定光を 2 個の第 1 および第 2 被測定光に分岐し、これら分岐した第 1 および第 2 被測定光のそれぞれを、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

50

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、前記合流によって干渉縞を生じるものである。干渉計11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。

【0048】

より具体的には、図2に示すように、干渉計11は、複数の光学素子として半透鏡（ハーフミラー）112、固定鏡114、および、光反射面が光軸方向に移動する移動鏡115を備え、固定鏡114と移動鏡115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112は、その法線が前記固定鏡114および移動鏡115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11において、干渉計11に入射された被測定光は、半透鏡112で2個の第1および第2被測定光に分岐する。この分岐した一方の第1被測定光は、半透鏡112で反射されて固定鏡114に入射する。この第1被測定光は、固定鏡114で反射し、来た光路を逆に辿って再び半透鏡112に戻る。一方、この分岐した他方の第2被測定光は、半透鏡112を通過して移動鏡115に入射する。この第2被測定光は、移動鏡115で反射し、来た光路を逆に辿って再び半透鏡112に戻る。これら固定鏡114で反射された第1被測定光および移動鏡115で反射された第2被測定光は、半透鏡112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11では、被測定光は、移動鏡115の鏡面における法線方向に沿って干渉計11へ入射され、被測定光の干渉光は、固定鏡114の鏡面における法線方向に沿って干渉計11から射出される。

【0049】

そして、本実施形態では、干渉計11は、被測定光を半透鏡112で2個の第1および第2被測定光に分岐する場合において、半透鏡112で反射した半透鏡112の反射側に配置される位相補償板113をさらに備えている。すなわち、本実施形態では、半透鏡112で反射した第1被測定光は、位相補償板113を介して固定鏡114へ入射され、固定鏡114で反射された第1被測定光は、位相補償板113を介して再び半透鏡112へ入射される。位相補償板113は、第1被測定光の半透鏡112の透過回数と第2被測定光の半透鏡112の透過回数の相違から生じる第1被測定光と第2被測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。

【0050】

したがって、本実施形態では、第1被測定光は、このような被測定光の入射位置から、半透鏡112、位相補償板113、固定鏡114および位相補償板113をこの順に介して半透鏡112に再び至る第1光路を辿る。第2被測定光は、このような被測定光の入射位置から、半透鏡112および移動鏡115をこの順に介して半透鏡112に再び至る第2光路を辿る。

【0051】

この位相補償板113を備えることによって、FT型分光計Dの干渉計11は、移動鏡115によって生じる光路差に起因する干渉縞を生じる。

【0052】

また、本実施形態では、移動鏡115には、光路差形成光学素子の一例であり、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である。移動鏡115は、被測定光のインターフェログラムを複数生成するために、光軸方向に2回以上往復する。このような移動鏡115として、例えば、特開2011-80854号公報や特開2012-42257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

10

20

30

40

50

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 Systems) 技術によって製造される。

#### 【0053】

ここで、移動鏡115の絶対位置を検出することができる場合には、積算インターフェログラムを求める際にセンターバースト位置は、必要とされないが、このような共振を利用する移動鏡115の場合には、積算インターフェログラムを求める際に、各測定で得られる各インターフェログラムを重ね合わせる積算の基準位置としてセンターバースト位置は、必要とされる。なお、移動鏡115の絶対位置の検出では、例えば試料SMの位置変動による検出誤差が含まれ、高精度に検出することが難しいが、センターバースト位置の検出には、このような点で優位性がある。

10

#### 【0054】

さらに、本実施形態では、被測定光を平行光で半透鏡112へ入射させるために、試料面SFと半透鏡112との間の適宜な位置に、入射光学系として例えばコリメータレンズ111が配置され、半透鏡112で第1および第2被測定光を合流して干渉させることによって生じた被測定光の干渉光を集光して第1受光部21へ入射させるために、半透鏡112と第1受光部21との間の適宜な位置に、射出光学系として例えば集光レンズ116がさらに配置されている。

#### 【0055】

図1に戻って、受光処理部20は、例えば、第1受光部21と、増幅部22と、アナログ-デジタル変換部(以下、「AD変換部」と呼称する。)23とを備えている。第1受光部21は、干渉計11で得られた被測定光の干渉光を受光して光電変換することによって、被測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Dは、例えば、波長800nm以上の近赤外域の光、より具体的には、波長1200nm以上から2500nm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21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22は、第1受光部21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23は、増幅部22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37から入力されたゼロクロスタイミングで実行される。

20

30

#### 【0056】

また、位置検出処理部30は、例えば、位置測定用光源31と、第2受光部36と、ゼロクロス検出部37とを備えている。そして、位置検出処理部30は、この位置測定用光源31から放射されたレーザ光の干渉光を干渉計11で得るために、図2に示すように、コリメータレンズ32と、光合波器33と、光分波器34と、集光レンズ35とをさらに備えている。

#### 【0057】

位置測定用光源31は、単色レーザ光を放射する光源装置である。図2において、コリメータレンズ32および光合波器33は、位置測定用光源31から放射されたレーザ光を平行光で干渉計11へ入射させるための入射光学系である。光合波器33は、例えばレーザ光を反射するとともに被測定光を透過するダイクロイックミラー等であり、その法線が移動鏡115の法線(光軸)に対し45度で交差するように、コリメータレンズ111と半透鏡112との間に配置される。コリメータレンズ32は、例えば両凸のレンズであり、このように配置された光合波器33に対し45度の入射角で位置測定用光源31から放射されたレーザ光が入射されるように、適宜な位置に配置される。そして、光分波器34および集光レンズ35は、干渉計11で生じた前記レーザ光の干渉光を干渉計11から取り出すための射出光学系である。光分波器34は、例えばレーザ光の干渉光を反射するとともに被測定光の干渉光を透過するダイクロイックミラー等であり、その法線が固定鏡1

40

50

14の法線（光軸）に対し45度で交差するように、半透鏡112と集光レンズ116との間に配置される。集光レンズ35は、例えば両凸のレンズであり、このように配置された光分波器34において45度の射出角で射出されるレーザー光の干渉光を集光して第2受光部36へ入射させる。

【0058】

このようにコリメータレンズ32、光合波器33、光分波器34および集光レンズ35の各光学素子が配置されると、位置測定用光源31から放射された単色のレーザー光は、コリメータレンズ32で平行光とされ、その光路が光合波器33のダイクロイックミラー33で約90度曲げられて、干渉計11の光軸（移動鏡115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、このレーザー光は、被測定光と同様に、干渉計11内を進行し、干渉計11でその干渉光を生じさせる。そして、このレーザー光の干渉光は、光分波器34のダイクロイックミラー34で約90度曲げられて、干渉計11から外部に取り出され、集光レンズ35で集光されて第2受光部36で受光される。

10

【0059】

図1に戻って、第2受光部36は、干渉計11で得られたレーザー光の干渉光を受光して光電変換することによって、レーザー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36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36は、レーザー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37へ出力する。

【0060】

ゼロクロス検出部37は、第2受光部36から入力された、レーザー光の干渉光の光強度に応じた電気信号がゼロとなるタイミング（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11の移動鏡115が光軸方向に移動している場合に、半透鏡112から固定鏡114を介して再び半透鏡に戻ったレーザー光の位相に対し、半透鏡112から移動鏡115を介して再び半透鏡に戻ったレーザー光の位相がずれるので、レーザー光の干渉光は、その移動量に応じて正弦波状に強弱する。そして、干渉計11の移動鏡115がレーザー光の波長の1/2の長さだけ移動すると、半透鏡112から移動鏡115を介して再び半透鏡に戻ったレーザー光の位相は、この移動の前後において、2 ずれる。このため、レーザー光の干渉光は、移動鏡115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37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37は、この検出したゼロクロスのタイミングをAD変換部23へ出力し、AD変換部23は、このゼロクロスのタイミングで、第1受光部21から入力された、被測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AD変換する。

20

30

【0061】

制御演算部41は、被測定光のスペクトルを求めるべく、FT型分光計D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。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、サンプリングデータ記憶部411、センターバースト位置算出部412、インターフェログラム算出部413、スペクトル算出部414、波長校正部415および記憶部416が構成される。

40

【0062】

サンプリングデータ記憶部411は、AD変換部23から出力された、被測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、被測

50

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 37 で検出したゼロクロスのタイミングで、A/D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、サンプリングデータ記憶部 411 は、波長校正では、A/D変換部 23 から出力された、波長校正用の光に対する干渉光に関する測定データを記憶し、サンプリングデータ記憶部 411 は、試料 S M の測定では、A/D変換部 23 から出力された、試料 S M の光に対する干渉光に関する測定データを記憶する。波長校正用の光は、上述したように、被測定光としての輝線光およびバイアス光と、被測定光としての前記バイアス光のみとであり、また、試料 S M の光は、上述したように、測定光の反射光、再放射光および自発光光である。

【0063】

センターバースト位置算出部 412 は、サンプリングデータ記憶部 411 に記憶された測定データから、公知の常套手法によってセンターバーストの位置を求めるものである。より具体的には、センターバースト位置算出部 412 は、波長校正では、サンプリングデータ記憶部 411 に記憶された、波長校正用の光に対する干渉光に関する測定データからセンターバーストの位置を求め、センターバースト位置算出部 412 は、試料 S M の測定では、サンプリングデータ記憶部 411 に記憶された、試料 S M の光に対する干渉光に関する測定データからセンターバーストの位置を求める。

【0064】

インターフェログラム算出部 413 は、被測定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、センターバースト位置算出部 412 によって求められた各センターバースト位置で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るものである。より具体的には、インターフェログラム算出部 413 は、波長校正では、波長校正用の光を複数回測定することによって得られた、波長校正用の光に対する干渉光に関する複数のインターフェログラムを、センターバースト位置算出部 412 によって求められた各センターバースト位置で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（波長校正用の積算インターフェログラム）を求め、インターフェログラム算出部 413 は、試料 S M の測定では、試料 S M の光を複数回測定することによって得られた、試料 S M の光に対する干渉光に関する複数のインターフェログラムを、センターバースト位置算出部 412 によって求められた各センターバースト位置で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（試料 S M の積算インターフェログラム）を求める。

【0065】

波長校正部 415 は、波長校正のための測定でインターフェログラム算出部 413 によって求められた波長校正用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求められたフーリエ変換結果と実際の波長値とを対応付ける波長校正を行うものである。

【0066】

記憶部 416 は、波長校正部 415 で求められた波長校正結果のデータを記憶するものである。波長校正部 415 は、求めた波長校正結果のデータを記憶部 416 に記憶させる。

【0067】

スペクトル算出部 414 は、インターフェログラム算出部 413 で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をフーリエ変換することによってスペクトルを求めるものである。より具体的には、スペクトル算出部 414 は、波長校正では、波長校正のための測定でインターフェログラム算出部 413 によって求められた波長校正用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、波長校正用の光におけるスペクトルを求め、また、スペクトル算出部 414 は、試料 S M の測定では、波長校正部 415 によって求められ記憶部 416 に記憶されている波長校正結果に基づいて、試料 S M の測定でインターフェログラム算出部 413 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 の光におけるスペクトルを求める。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 8 】

ここで、前記波長校正部 4 1 5 は、本実施形態では、1 または複数の輝線を含む輝線スペクトルを持つ輝線光および連続スペクトルを持つバイアス光を干渉計 1 1 に入射させることによってスペクトル算出部 4 1 4 で求められた第 1 スペクトルと、前記バイアス光を干渉計 1 1 に入射させることによってスペクトル算出部 4 1 4 で求められた第 2 スペクトルとの差分を求めることによって前記輝線光の前記輝線スペクトルを求め、この求めた前記輝線スペクトルに含まれる輝線ピークに基づいて、前記波長校正を行う。

## 【 0 0 6 9 】

入力部 4 2 は、例えば、波長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、例えば測定対象の試料 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フーリエ変換型分光計 D 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、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 によって測定された被測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、有機 E L ディスプレイおよびプラズマ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 7 0 】

次に、本実施形態の動作について説明する。図 5 は、実施形態のフーリエ変換型分光計における波長校正の動作を示すフローチャートである。図 6 は、一例として、輝線光とバイアス光とを干渉計に入射した場合に観察されるインターフェログラムを示す図である。図 7 は、一例として、バイアス光を干渉計に入射した場合に観察されるインターフェログラムを示す図である。図 6 ( A ) および図 7 ( A ) は、全体を示す全体図であり、図 6 ( B ) および図 7 ( B ) は、センターバースト位置の付近部分を拡大した一部拡大図であり、そして、図 6 ( C ) および図 7 ( C ) は、センターバースト位置を除いた部分を拡大した一部拡大図である。これら各図の横軸は、時間 ( ゼロクロスのカウント値 ) であり、その縦軸は、強度 ( A D 変換のカウント値 ) である。図 8 は、輝線スペクトルの算出方法を説明するための図である。

## 【 0 0 7 1 】

図 5 において、波長校正を行う場合には、まず、輝線光およびバイアス光に対する第 1 積算インターフェログラムが求められ ( S 1 1 )、輝線光およびバイアス光に対する第 1 スペクトルが求められる ( S 1 2 )。

## 【 0 0 7 2 】

より具体的には、アタッチメント A T a における照射開口 6 2 2 の一部または全部および反射領域 6 2 3 の一部または全部が入射開口 1 a に同時に臨むように、試料台 1 b にアタッチメント A T a が配置される。そして、アタッチメント A T a の輝線光光源 6 1 が図略の点灯スイッチの操作等によって点灯される。そして、入力部 4 2 から波長校正の開始の指示が入力されると、F T 型分光計 D における制御演算部 4 1 の波長校正部 4 1 5 は、バイアス光を放射するために、測定光光源 5 1 を点灯する。

## 【 0 0 7 3 】

これによって、輝線光光源 6 1 から放射された輝線光 O P 3 は、照射開口 6 2 2 を介して入射開口 1 a に入射し、干渉計 1 1 に入射する。そして、測定光光源 5 1 から放射された測定光 O P 1 は、反射領域 6 2 3 で反射することによってバイアス光 O P 2 として輝線光の照射方向に合わせて入射開口 1 a に入射し、干渉計 1 1 に入射する。このように輝線光 O P 3 およびバイアス光 O P 2 ( 測定光 O P 1 ) が被測定光として干渉計 1 1 に入射される。

## 【 0 0 7 4 】

この干渉計 1 1 に入射された輝線光およびバイアス光の被測定光は、干渉計 1 1 で被測定光の干渉光となって第 1 受光部 2 1 で受光される。より具体的には、被測定光は、コリメータレンズ 1 1 1 で平行光とされ、光合波器 3 3 を介して半透鏡 1 1 2 で反射および透過することで第 1 および第 2 被測定光に分岐される。半透鏡 1 1 2 で反射することによ

10

20

30

40

50

て分岐した第1被測定光は、位相補償板113を介して固定鏡114へ入射し、固定鏡114で反射し、来た光路を逆に辿って再び半透鏡112に戻る。一方、半透鏡112を通過することによって分岐した第2被測定光は、移動鏡115へ入射し、移動鏡115で反射し、来た光路を逆に辿って再び半透鏡112に戻る。これら固定鏡114で反射された第1被測定光および移動鏡115で反射された第2被測定光は、半透鏡112で互いに合流して干渉する。この被測定光の干渉光は、干渉計11から第1受光部21へ射出される。第1受光部21は、この入射された被測定光の干渉光を光電変換し、前記被測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22へ出力する。増幅部22は、所定の増幅率で前記被測定光の干渉光に応じた前記電気信号を増幅し、AD変換部23へ出力する。

10

【0075】

一方、FT型分光計Dは、位置測定用光源31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33を介して干渉計11に入射され、上述と同様に干渉計11で干渉し、レーザ光の干渉光となって光分波器34を介して第2受光部36で受光される。第2受光部36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37へ出力する。ゼロクロス検出部37は、前記レーザ光の干渉光に応じた前記電気信号がゼロとな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をサンプリングタイミング(AD変換タイミング)としてAD変換部23へ出力する。

20

【0076】

このような被測定光およびレーザ光がそれぞれ干渉計11に取り込まれている間に、干渉計11の移動鏡115は、制御演算部41の制御に従って光軸方向に沿って移動される。

【0077】

AD変換部23は、増幅部22から出力された、前記被測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37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AD変換し、このAD変換したデジタル信号の前記電気信号を制御演算部41へ出力する。

【0078】

このように動作することによって、輝線光およびバイアス光のインターフェログラムにおける測定データがAD変換部23から制御演算部41へ出力され、サンプリングデータ記憶部411に記憶される。このように測定される、輝線光およびバイアス光のインターフェログラムの一例が図6に示されている。輝線光のみでは、輝線光のスペクトルが不連続スペクトルであるためセンターバーストが現れないが、輝線光に、連続スペクトルを持つバイアス光を重畳しているため、図6に示すように、このバイアス光によるセンターバーストが現れている。そして、SN比を改善し、良好な精度の結果を得るために、このような輝線光およびバイアス光のインターフェログラムが複数回、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411に記憶される。

30

【0079】

次に、センターバースト位置算出部412は、サンプリングデータ記憶部411に記憶された各インターフェログラムの各測定データのそれぞれについて、輝線光およびバイアス光のインターフェログラムにおけるセンターバーストの位置を求める。

40

【0080】

次に、インターフェログラム算出部413は、複数回測定することによって得られた、輝線光およびバイアス光の複数のインターフェログラムを、センターバースト位置算出部412によって求められた各センターバースト位置で位置合わせを行いつつ、積算することによって、輝線光およびバイアス光に対する波長校正用の第1積算インターフェログラムを求める。

【0081】

50

次に、スペクトル算出部 4 1 4 は、インターフェログラム算出部 4 1 3 によって求められた前記第 1 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、輝線光およびバイアス光の第 1 スペクトルを求める。

【 0 0 8 2 】

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  $\nu_j$  とし、波数  $\nu_j$  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  $\nu_j$  の光路差 0 の位置における位相を  $\varphi(\nu_j)$  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 3 】

【数 1】

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

【 0 0 8 4 】

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 5 】

【数 2】

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

【 0 0 8 6 】

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算出部 4 1 3 で求められると、スペクトル算出部 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) することによって被測定光のスペクトルを求める。

【 0 0 8 7 】

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、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、被測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 8 】

【数 3】

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

【 0 0 8 9 】

【数 4】

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

【 0 0 9 0 】

上記窓関数  $A_{\text{window}}(x_i)$  は、適宜な種々の関数を挙げるができるが、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 9 1 】

10

20

30

40

【数5】

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

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

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

10

【0092】

上述のように、第1スペクトルが求められると、次に、バイアス光に対する第2積算インターフェログラムが求められ(S13)、バイアス光に対する第2スペクトルが求められる(S14)。

【0093】

より具体的には、まず、アタッチメントA T aの輝線光源61が図略の点灯スイッチの操作等によって消灯される。ここで、アタッチメントA T aは、そのまま試料台1bに配置される。なお、第1スペクトルを求めたか否かは、例えば、第1スペクトルを求めた旨を表すメッセージを出力部43に表示すればよい。

20

【0094】

これによって、測定光光源51から放射された測定光OP1が反射領域623で反射することによって入射開口1aに入射したバイアス光OP2のみが、干渉計11に入射する。このようにバイアス光OP2(測定光OP1)のみが被測定光として干渉計11に入射される。

【0095】

そして、この干渉計11に入射されたバイアス光のみの被測定光は、干渉計11で被測定光の干渉光となって第1受光部21で受光され、上述と略同様な動作によって、バイアス光のインターフェログラムにおける測定データがAD変換部23から制御演算部41へ出力され、サンプリングデータ記憶部411に記憶される。このように測定される、バイアス光のインターフェログラムの一例が図7に示されている。図7に示すように、バイアス光は、この連続スペクトルを持つので、バイアス光のインターフェログラムには、センターバーストが現れている。そして、SN比を改善し、良好な精度の結果を得るために、このようなバイアス光のインターフェログラムが複数回、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411に記憶される。

30

【0096】

次に、センターバースト位置算出部412は、サンプリングデータ記憶部411に記憶された各インターフェログラムの各測定データのそれぞれについて、バイアス光のインターフェログラムにおけるセンターバーストの位置を求める。

40

【0097】

次に、インターフェログラム算出部413は、複数回測定することによって得られた、バイアス光の複数のインターフェログラムを、センターバースト位置算出部412によって求められた各センターバースト位置で位置合わせを行いつつ、積算することによって、バイアス光に対する波長校正用の第2積算インターフェログラムを求める。

【0098】

次に、スペクトル算出部414は、インターフェログラム算出部413によって求められた前記第2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、バイアス光の第2スペクトルを求める。

【0099】

50

次に、波長校正部 4 1 5 は、第 1 および第 2 スペクトルから輝線光に対するスペクトルを求める ( S 1 5 )。より具体的には、図 8 ( A ) に示すように、波長校正部 4 1 5 は、輝線光およびバイアス光に対する第 1 スペクトルから、バイアス光に対する第 2 スペクトルを差し引くことによって、輝線光に対するスペクトルを求める。このように第 1 スペクトルと第 2 スペクトルとの差分を求めることによって、前記第 1 スペクトルにおけるバイアス光に対する成分が除去され、輝線光に対するスペクトルが求められる。

【 0 1 0 0 】

そして、波長校正部 4 1 5 は、この輝線光に対するスペクトルから波長校正を行うための波長校正データを求める ( S 1 6 )。

【 0 1 0 1 】

より具体的には、波長校正部 4 1 5 は、まず、輝線光に対するスペクトルから、輝線のピーク位置 ( ピーク波長、ピーク波数 ) を求める。この求める輝線のピーク位置は、1 個であってもよいが、より高精度に波長校正を行うために、複数であることが好ましい。

【 0 1 0 2 】

このピーク位置は、第 1 および第 2 スペクトルの差分における輝線 ( 極大値 ) の位置 ( 波長、波数 ) そのものであってもよい。しかしながら、第 1 および第 2 スペクトルの差分における輝線 ( 極大値 ) の前記位置が必ずしも真の位置であるとは限らないので、より高精度にピーク位置を検出するために、図 8 ( B ) に示すように、まず、前記輝線 ( 極大値 ) が、単一の極大値を持ち上に凸なプロファイルを持つ関数、例えば、ガウス関数で近似され、この近似したガウス関数のピーク位置が、輝線のピーク位置とされる。なお、ガウス関数は、一般に、 $a \times \exp ( - ( x - b ) ^ 2 / ( 2 c ^ 2 ) )$  で表される ( a , b , c は前記近似によって決定されるパラメータである )。

【 0 1 0 3 】

このように求めた輝線のピーク位置は、既知であるので、波長校正部 4 1 5 は、例えば、この求めた輝線のピーク位置をこの既知な値で値付けすることによって、波長校正を行う。また例えば、既に値付けされている場合には、波長校正部 4 1 5 は、この求めた輝線のピーク位置と既に値付けされている値とのずれを補償 ( 解消 ) する補正データを求めることによって、波長校正を行う。例えば、W a と既に値付けされている値が W b と求められた場合には、補正データは、補正倍率として、W a / W b となる。

【 0 1 0 4 】

なお、輝線のピーク位置が複数である場合には、複数の各輝線の各ピーク位置が既知ないずれの値に対応するか特定する必要がある。この場合には、例えば、輝線スペクトルの各輝線の間隔 ( 波長間隔、波数間隔 ) には、例えば、図 4 から分かるように、所定のパターンが有るので、この求めた各輝線の各ピーク位置から求まる輝線間隔パターンと、既知な輝線スペクトルから求まる輝線間隔パターンとのパターンマッチングを行うことによって、この求めた各輝線の各ピーク位置が既知ないずれの値に対応するか特定することができる。また例えば、図 4 から分かるように、輝線スペクトルの各輝線の相対強度には、所定のパターンが有るので、この求めた各輝線の各ピーク強度から求まる輝線強度パターンと、既知な輝線スペクトルから求まる輝線強度パターンとのパターンマッチングを行うことによって、この求めた各輝線の各ピーク位置が既知ないずれの値に対応するか特定することができる。

【 0 1 0 5 】

また、複数の輝線のピーク位置が用いられる場合、所定の波長帯に生じる全ての輝線が用いられてもよいが、相対強度の比較的小さい輝線は、例えばノイズによって検出されない虞や、また例えばノイズによって発生したピークと誤認する虞があるので、相対強度の比較的大きな輝線が用いられることが好ましい。例えば、低圧キセノンランプの場合、相対強度の比較的大きな輝線として、波長 1 2 6 2 . 3 3 9 1 n m ( 波数 7 9 2 1 . 8 0 1 7 c m <sup>-1</sup> )、波長 1 3 6 5 . 7 0 5 5 n m ( 波数 7 3 2 2 . 2 2 2 8 c m <sup>-1</sup> )、波長 1 4 7 3 . 2 8 0 6 n m ( 波数 6 7 8 7 . 5 7 3 3 c m <sup>-1</sup> )、波長 1 5 4 1 . 8 3 9 4 n m ( 波数 6 4 8 5 . 7 5 9 8 c m <sup>-1</sup> ) および波長 2 0 2 6 . 2 2 4 2 n m ( 波数 4 9

10

20

30

40

50

35,2880 cm<sup>-1</sup>)の各輝線が挙げられる。

【0106】

そして、波長校正部415は、試料SMのスペクトルを求める際にこの波長校正データを使用することができるように、この求めた波長校正データを記憶部416に記憶する。

【0107】

このように動作することによって、本実施形態のFT型分光計Dおよびこれに実装されたFT型分光方法は、波長校正を行うことができる。そして、本実施形態のFT変換型分光計DおよびFT型分光方法は、波長校正を行うための基準光として、物理的に波長が決まり単一波長の輝線を用いるので、その再現性が非常に高くそして半値幅が極めて狭いから、従来より高精度に波長校正を行うことができる。そして、このような本実施形態のFT型分光計DおよびFT型分光方法は、干渉計11の光路差形成光学素子として、いわゆる反射鏡を光軸方向に往復振動させる往復振動型の移動鏡115が用いられる場合でも、バイアス光によってセンターバースト位置が検出可能であるから、積算インターフェログラムを適切に求めることができ、したがって、輝線を用いた波長校正が可能となる。

【0108】

ここで、上述の特許文献1に開示の技術と比較すると、特許文献1では、前記狭帯域化にファブリペローエタロンフィルタを用いているため、その対向した反射面間の干渉効果により特定の波長の光を強めてその特定の波長の光を透過させるという原理から、高精度な研磨技術、コーティング技術、干渉間距離の調整技術および平行度調整技術等が必要となり、その製作難易度が高い。そして、ファブリペローエタロンフィルタは、入射角に応じて透過波長が大きく変化してしまうため、波長校正対象の分光計に所望の透過波長の光を入射させるためには、前記分光計にファブリペローエタロンフィルタを組み込む際に、高度な組み込み調整技術も必要となる。さらに、ファブリペローエタロンフィルタは、温度変化による光路長変化や圧力変化による屈折率変化によって、透過波長が変化するため、使用環境も考慮する必要がある。しかしながら、本実施形態のFT型分光計Dは、輝線光源61、より具体的には例えば低圧キセノンランプを用い、輝線光源61から放射される輝線光を用いているので、このような技術を特に必要としていない。

【0109】

一方、上述の特許文献2に開示の技術と比較すると、特許文献2では、標準化液体が用いられており、この標準化液体の吸収ピークは、温度変化によって変化してしまうため、使用環境を考慮する必要がある。しかしながら、本実施形態のFT型分光計Dは、輝線光源61から放射される輝線光を用いているので、輝線の生成メカニズムから使用環境によって輝線の波長が変化することはなく、このような使用環境の変化を特に考慮する必要がない。

【0110】

また、本実施形態のFT型分光計Dは、測定光光源51が測定光およびバイアス光を放射する光源として兼用されるので、別途にバイアス光を放射するバイアス光光源を必要とせず、小型化とコストダウンとを図ることができる。

【0111】

また、本実施形態のFT型分光計Dでは、第1態様のアタッチメントA T aを備えるので、照射開口622と反射領域623とが互いに隣接して配置されているから、照射開口622と反射領域623とが同時に入射開口1aに臨むように、アタッチメントA T aをFT型分光計Dに取り付けることが可能となる。このため、このようなFT型分光計DおよびアタッチメントA T aは、FT型分光計Dの測定光光源51から放射される測定光をバイアス光として干渉計11に入射させることができるとともに、輝線光源61から放射される輝線光を干渉計11に入射させることができる。そして、このようなFT型分光計DおよびアタッチメントA T aは、そのアタッチメントA T aの取り付け位置を調整することによって、入射開口1aに臨む照射開口622の開口面積と入射開口1aに臨む反射領域623の反射面積との比を調整することができ、入射開口1aから干渉計11に入射される輝線光の光量と入射開口1aから干渉計11に入射されるバイアス光の光量との

10

20

30

40

50

比を調整することができる。このため、このようなFT型分光計DおよびアタッチメントA T aは、輝線光にバイアス光を重畳する場合でも、センターバースト位置を検出しつつ輝線を検出可能なインターフェログラムを得ることが可能となる。なお、干渉計11に入射される輝線光の光量とバイアス光の光量との前記比を調整するために、前記位置調整に代え、または前記位置調整と合わせて、反射領域623の表面処理や材質等が適宜に選択されてよい。

【0112】

図9は、第2態様のアタッチメントの構成を示す断面図である。図10は、第3態様のアタッチメントの構成を示す断面図である。

【0113】

なお、上述の実施形態では、図3に示す第1態様のアタッチメントA T aが用いられたが、アタッチメントA Tは、これに限定されるものではなく、他の態様も可能である。

【0114】

第2態様のアタッチメントA T bは、FT型分光計Dを波長校正する際に、所定光を入射させるための入射開口1aを形成した試料台1bに配置されて用いられる装置である。第1態様のアタッチメントA T aは、輝線光光源61を収容する筐体62の一方主面に反射領域623を設けたが、第2態様のアタッチメントA T bは、輝線光光源を収容する筐体とは別体に、バイアス光として測定光を反射する反射領域を備える反射部材を設けたものである。このような第2態様のアタッチメントA T bは、例えば、図9に示すように、輝線光光源71と、筐体72と、反射部材74とを備え、さらに、図9に示す例では、輝線光光源71から放射された輝線光を集光する集光光学系73を備えている。

【0115】

輝線光光源71は、輝線光光源61と同様であり、波長の既知な1または複数の輝線を含む輝線スペクトルを持つ輝線光を放射する光源装置である。輝線光光源71は、本実施形態では、例えば、輝線光光源61と同様に、ペン型低圧キセノンランプである。

【0116】

筐体72は、輝線光光源71および集光光学系73を収容する略直方体形状の箱体である。筐体72の内部には、輝線光光源71が嵌り込む収容凹部721が形成されている。この収容凹部721に輝線光光源71としての前記ペン型低圧キセノンランプ71が嵌り込んで配設されることで、ペン型低圧キセノンランプ71が筐体72に収納される。筐体72の一方主面には、収容凹部721の開口に臨むように（収容凹部721の開口位置と一致するように）、ペン型低圧キセノンランプ71から放射される輝線光を外部へ照射するための照射開口722が形成されている。そして、筐体72内に形成される、ペン型低圧キセノンランプ71と照射開口722との間の空間723には、適宜な位置に、集光光学系73が配置されている。この集光光学系73は、例えば両凸の正レンズ等の1または複数のレンズを備えている。

【0117】

反射部材74は、FT型分光計Dに備えられている測定光光源から放射される測定光をバイアス光として用いるために、輝線光の照射方向に合わせて測定光を反射するための部材である。反射部材74は、輝線光を透過させるための貫通開口741と、少なくとも貫通開口741に隣接する領域の表面に形成され、バイアス光に含まれる波長帯域の光を反射する反射領域742とを備える。反射領域742は、例えば、貫通開口741の一方側に形成されてもよく、また例えば、貫通開口741の両側に形成されてもよく、また例えば、前記一方主面の全面が反射領域742とされてもよい。反射部材74は、筐体72と、FT型分光計Dにおける入射開口1aを形成した試料台1bとの間に、筐体72の照射開口722と貫通開口741とが一部または全部で一致するように、配置される。このように配置されることによって、輝線光光源71から放射された輝線光は、集光光学系73、照射開口722および貫通開口741を介して入射開口1aに入射され、そして、反射領域742によって、FT型分光計Dに備えられている測定光光源から放射される測定光をバイアス光として、輝線光の照射方向に合わせて測定光を反射し、バイアス光としての

10

20

30

40

50

測定光が入射開口 1 a に入射される。

【 0 1 1 8 】

なお、照射開口 7 2 2 および / または貫通開口 7 4 1 には、例えば防塵のために、カバーガラスが配置されてもよい。ここで、A および / または B は、A および B のうちの少なくとも一方を意味する。

【 0 1 1 9 】

このような構成の第 2 態様のアタッチメント A T b では、輝線光光源 7 1 から放射された輝線光は、集光光学系 7 3、照射開口 7 2 2 および貫通開口 7 4 1 を介して入射開口 1 a に入射するとともに、F T 型分光計 D の測定光光源から放射された測定光 O P 1 は、反射領域 7 4 2 で反射することによってバイアス光 O P 2 として輝線光の照射方向に合わせて入射開口 1 a に入射する。

10

【 0 1 2 0 】

したがって、このような第 2 態様のアタッチメント A T b を備える F T 型分光計 D では、貫通開口 7 4 1 と反射領域 7 4 2 とが互いに隣接して配置されているので、貫通開口 7 4 1 と反射領域 7 4 2 とが同時に入射開口 1 a に臨むように、アタッチメント A T b を F T 型分光計 D に取り付けることが可能となる。このため、このような F T 型分光計 D およびアタッチメント A T b は、照射開口 7 2 2 を介して射出された輝線光を貫通開口 7 4 1 に入射させることで、F T 型分光計 D の測定光光源から放射される測定光をバイアス光として干渉計 1 1 に入射させることができるとともに、輝線光光源 7 1 から放射される輝線光を干渉計 1 1 に入射させることができる。そして、このような F T 型分光計 D およびア

20

【 0 1 2 1 】

そして、第 2 態様のアタッチメント A T b は、集光光学系 7 3 を備えるので、より多くの光量の輝線光を干渉計 1 1 へ入射させることができ、S N 比の向上を図ることが可能となる。

30

【 0 1 2 2 】

また、第 3 態様のアタッチメント A T c は、F T 型分光計 D を波長校正する際に、所定光を入射させるための入射開口 1 a を形成した試料台 1 b に配置されて用いられる装置である。第 1 および第 2 態様のアタッチメント A T a、A T b は、F T 型分光計 D の測定光をバイアス光としても用いたが、第 3 態様のアタッチメント A T c は、輝線光光源だけでなくバイアス光を放射するバイアス光光源も備えるものである。このような第 3 態様のアタッチメント A T c は、例えば、図 1 0 に示すように、輝線光光源 8 1 と、バイアス光光源 8 2 と、重畳光学系 8 3 と、筐体 8 4 とを備えている。

【 0 1 2 3 】

輝線光光源 8 1 は、輝線光光源 6 1 と同様であり、波長の既知な 1 または複数の輝線を含む輝線スペクトルを持つ輝線光を放射する光源装置である。輝線光光源 8 1 は、本実施形態では、例えば、輝線光光源 6 1 と同様に、ペン型低圧キセノンランプである。

40

【 0 1 2 4 】

バイアス光光源 8 2 は、連続スペクトルを持つバイアス光を放射する光源装置である。バイアス光光源 8 2 には、バイアス光として用いられる波長帯の光を放射する適宜なランプが用いられ、例えば、本実施形態では、ハ口ゲンランプが用いられる。

【 0 1 2 5 】

重畳光学系 8 3 は、輝線光光源 8 1 から放射される輝線光と、バイアス光光源 8 2 から放射されるバイアス光とを互いに重畳するための光学系である。本実施形態では、輝線光

50

光源 8 1 とバイアス光光源 8 2 とは、各光軸が互いに直交するように、筐体 8 4 内にそれぞれ配置されており、このため、重畳光学系 8 3 には、例えば、前記各光軸が直交するように交差する位置に、輝線光およびバイアス光がそれぞれ 4 5 度の入射角で入射するように配置された半透鏡（ハーフミラー）8 3 である。

【0126】

筐体 8 4 は、輝線光光源 8 1、バイアス光光源 8 2 および重畳光学系 8 3 を収容する略直方体形状の箱体である。筐体 8 4 の一方主面には、重畳光学系 8 3 で重畳された、輝線光光源 8 1 から放射される輝線光およびバイアス光光源 8 2 から放射されるバイアス光を外部へ照射するための照射開口 8 4 1 が形成されている。

【0127】

このような第 3 態様のアタッチメント A T c では、輝線光光源 8 1 から放射された輝線光 O P 3 は、半透鏡 8 3 を透過し、照射開口 7 2 2 を介して入射開口 1 a に入射するとともに、バイアス光光源 8 2 から放射されたバイアス光 O P 2 は、半透鏡 8 3 で反射することによってその光路が輝線光 O P 3 の照射方向に折り曲げられ、輝線光 O P 3 の照射方向に合わせて照射開口 7 2 2 を介して入射開口 1 a に入射する。

【0128】

このような第 3 態様のアタッチメント A T c は、外付けで、輝線光光源 8 1 とバイアス光光源 8 2 とを提供することができる。したがって、F T 型分光計が測定光光源を備えない場合でも、波長校正を行うことができ、一方、F T 型分光計が測定光光源を備える場合には、輝線光の輝線スペクトルに対して好適な、測定光の連続スペクトルとは別の連続スペクトルを持つ光をバイアス光として用いることができる。例えば、バイアス光は、輝線光における輝線の位置（波長、波数）に相当する位置（波長、波数）の強度が比較的小さい連続スペクトルを持つことが好ましい。

【0129】

なお、第 1 態様のアタッチメント T A a および第 3 態様のアタッチメント T A c も、図 9 に示す第 2 態様のアタッチメント A T b と同様に、輝線光光源 6 1 としてのペン型低圧キセノンランプ 6 1 から照射開口 6 2 2 以前に配置され、ペン型低圧キセノンランプ 6 1 から放射された輝線光を集光する集光光学系をさらに備えてもよい。

【0130】

また、上述では、F T 型分光計 D は、測定対象の試料 S M で反射した反射光のスペクトルを求める反射型であったが、測定対象の試料 S M を透過した透過光のスペクトルを求める透過型であってもよい。このような透過型の F T 型分光計では、測定光光源が入射開口に対向する位置に配置され、試料 S M は、測定光光源と入射開口との間における試料台に配置される。このため、波長校正を行う場合に、試料 S M に代えアタッチメント A T が測定光光源と入射開口との間における前記試料台に配置されると、測定光光源からの測定光が入射開口に入射できない虞がある。このような場合でも図 1 0 に示す第 3 態様のアタッチメント A T c は、バイアス光光源 8 2 を備えるので、波長校正を行うことができ、透過型の F T 型分光計に対し、好適である。

【0131】

また、上述では、F T 型分光計 D は、輝線光光源 6 1、7 1、8 1 がアタッチメント A T a、A T b、A T c 内に設けられたが、F T 型分光計 D の筐体 1 内に設けられてもよい。

【0132】

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】

10

20

30

40

50

【 0 1 3 3 】

D フーリエ変換型分光計

S M 試料

A T a、A T b、A T c フーリエ変換型分光計用アタッチメント

1 1 干渉計

4 1 制御演算部

4 1 1 サンプリングデータ記憶部

4 1 2 センターバースト位置算出部

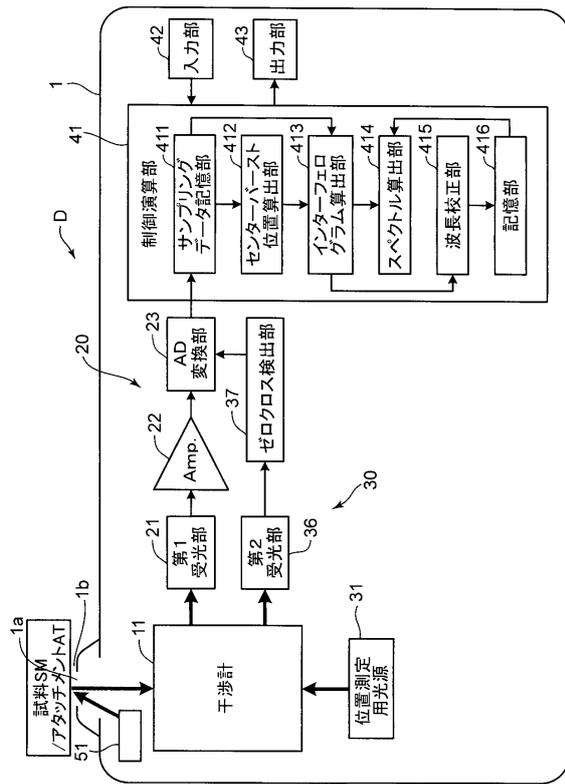
4 1 3 インターフェログラム算出部

4 1 4 スペクトル算出部

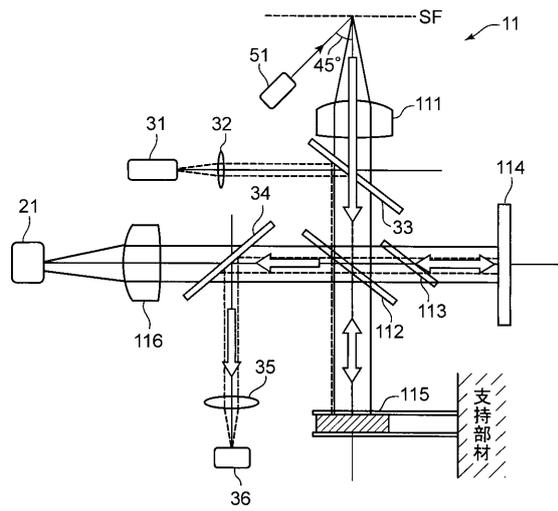
4 1 5 波長校正部

4 1 6 記憶部

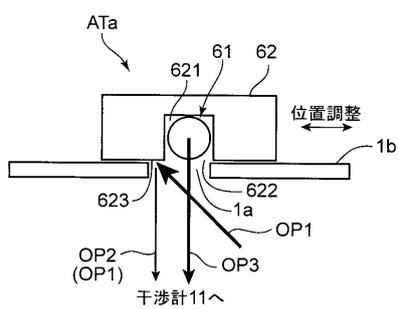
【 図 1 】



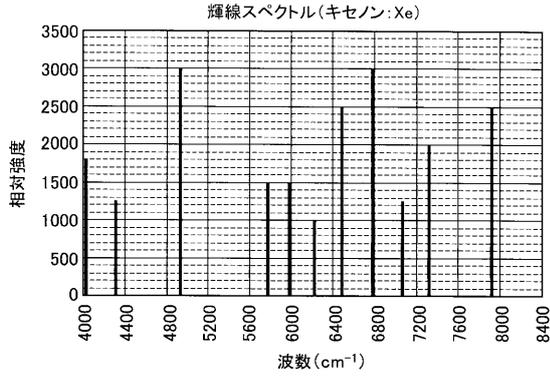
【 図 2 】



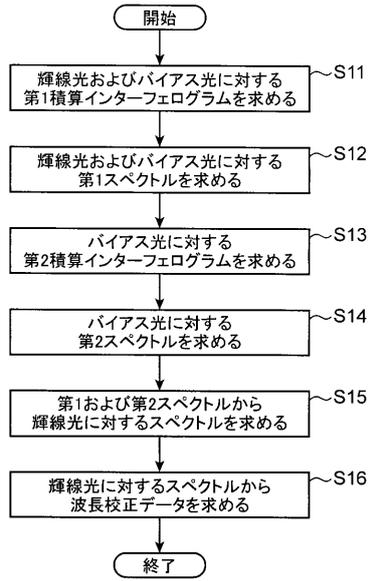
【 図 3 】



【図4】

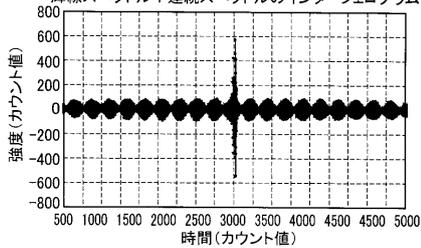


【図5】

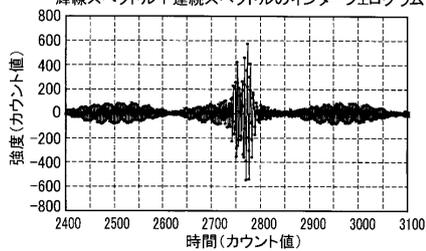


【図6】

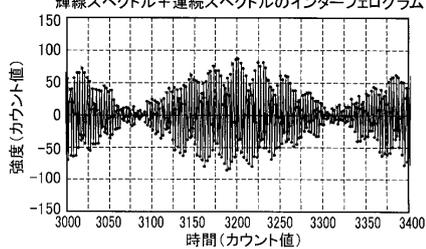
(A) インターフェログラムの全体図  
輝線スペクトル+連続スペクトルのインターフェログラム



(B) センターバースト位置の付近部分の拡大図  
輝線スペクトル+連続スペクトルのインターフェログラム

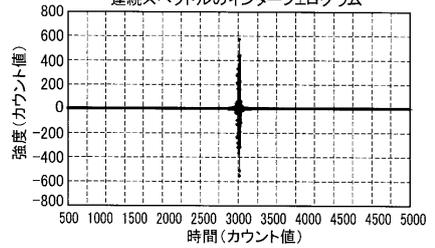


(C) センターバースト位置以外の部分の輝線スペクトルだけのインターフェログラムの拡大図  
輝線スペクトル+連続スペクトルのインターフェログラム

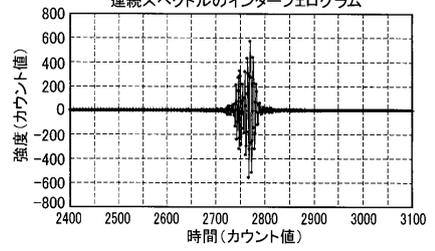


【図7】

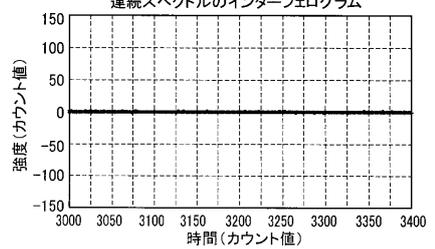
(A) インターフェログラムの全体図  
連続スペクトルのインターフェログラム



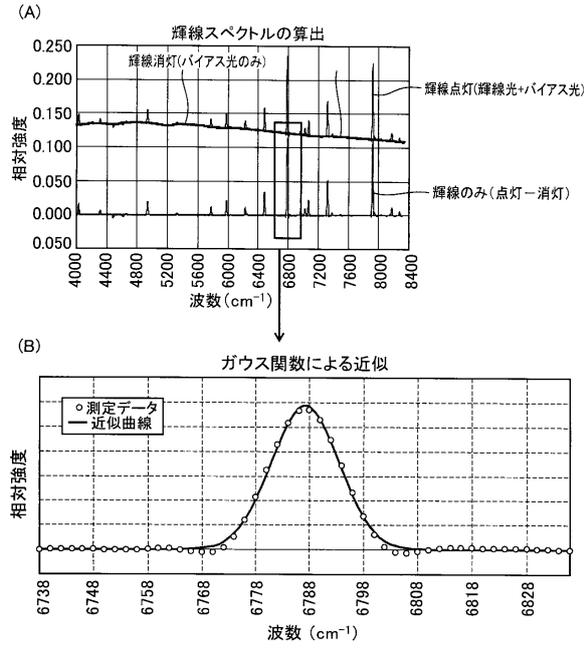
(B) センターバースト位置の付近部分の拡大図  
連続スペクトルのインターフェログラム



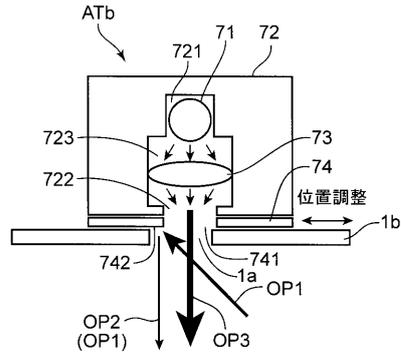
(C) センターバースト位置以外の部分の信号のないノイズ部分の拡大図  
連続スペクトルのインターフェログラム



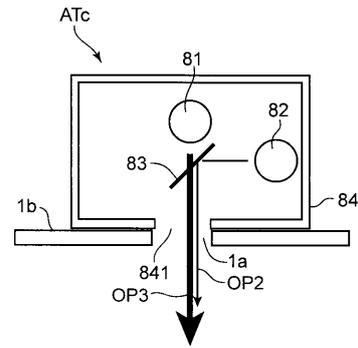
【図 8】



【図 9】



【図 10】



---

フロントページの続き

審査官 松谷 洋平

- (56)参考文献 特開平02 - 102425 (JP, A)  
特開平06 - 082307 (JP, A)  
特開昭55 - 159123 (JP, A)  
特開平09 - 026358 (JP, A)  
特開2007 - 205991 (JP, A)  
特開2005 - 069750 (JP, A)  
特開昭60 - 117119 (JP, A)  
特開昭61 - 031930 (JP, A)  
特開2010 - 223795 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01J 3/45