

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6704833号  
(P6704833)

(45) 発行日 令和2年6月3日(2020.6.3)

(24) 登録日 令和2年5月15日(2020.5.15)

(51) Int.Cl.		F I	
<b>GO 2 B</b>	<b>26/06</b>	<b>(2006.01)</b>	GO 2 B 26/06
<b>GO 1 B</b>	<b>11/00</b>	<b>(2006.01)</b>	GO 1 B 11/00 G
<b>GO 1 B</b>	<b>9/02</b>	<b>(2006.01)</b>	GO 1 B 9/02
<b>GO 1 J</b>	<b>3/45</b>	<b>(2006.01)</b>	GO 1 J 3/45

請求項の数 9 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2016-210890 (P2016-210890)	(73) 特許権者	000236436
(22) 出願日	平成28年10月27日(2016.10.27)		浜松ホトニクス株式会社
(65) 公開番号	特開2018-72516 (P2018-72516A)		静岡県浜松市東区市野町1126番地の1
(43) 公開日	平成30年5月10日(2018.5.10)	(74) 代理人	100088155
審査請求日	令和1年6月3日(2019.6.3)		弁理士 長谷川 芳樹
		(74) 代理人	100113435
			弁理士 黒木 義樹
		(74) 代理人	100140442
			弁理士 柴山 健一
		(72) 発明者	鈴木 智史
			静岡県浜松市東区市野町1126番地の1
			浜松ホトニクス株式会社内
		(72) 発明者	港谷 恭輔
			静岡県浜松市東区市野町1126番地の1
			浜松ホトニクス株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 位置検出方法及び光モジュール

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定方向に沿って移動する可動部の位置を検出する位置検出方法であって、  
 前記可動部に設けられた可動ミラー、及び、位置が固定されたビームスプリッタを有する干渉光学系において、検出光が第1光と第2光とに分割される第1ステップと、  
 前記可動ミラー及び前記ビームスプリッタによって前記干渉光学系に形成された回帰光路に、前記第1光が入射する第2ステップと、  
 前記回帰光路において、前記第1光が前記可動ミラーを介して前記ビームスプリッタに至る度に、前記第1光の一部が前記ビームスプリッタを透過すると共に前記第1光の残部が前記ビームスプリッタで反射されて前記可動ミラーを介して前記ビームスプリッタに至る第3ステップと、  
 前記干渉光学系において、前記ビームスプリッタを透過した前記第1光と、前記第2光とが合成され、多重干渉光が生成される第4ステップと、  
 前記多重干渉光の第1干渉光信号から、前記検出光の波長の $1/p$  ( $p$ は自然数)の波長を有する第2干渉光信号が抽出される第5ステップと、  
 前記第2干渉光信号に基づいて、前記所定方向における前記可動部の位置が算出される第6ステップと、を備える、位置検出方法。

【請求項2】

前記第5ステップにおいては、  
 前記第1干渉光信号がフーリエ変換されることにより、前記検出光の波長の $1/q$  ( $q$

は自然数)の各波長においてピークを有する光スペクトルが取得され、

いずれか1つの前記ピークについて前記光スペクトルが逆フーリエ変換されることにより、前記第2干渉光信号が取得される、請求項1に記載の位置検出方法。

【請求項3】

pは、2以上の整数である、請求項1又は2に記載の位置検出方法。

【請求項4】

前記干渉光学系は、位置が固定された固定ミラーを更に有し、

前記回帰光路は、前記可動ミラー、前記ビームスプリッタ及び前記固定ミラーによって前記干渉光学系に形成され、前記回帰光路が位置する平面に垂直な方向から見た場合に矩形環状を呈している、請求項1～3のいずれか一項に記載の位置検出方法。

10

【請求項5】

前記第1ステップにおいては、前記ビームスプリッタによって前記検出光が前記第1光と前記第2光とに分割される、請求項1～4のいずれか一項に記載の位置検出方法。

【請求項6】

所定方向に沿って移動する可動部と、

前記可動部に設けられた可動ミラー、及び、位置が固定されたビームスプリッタを有する干渉光学系と、を備え、

前記干渉光学系には、前記可動ミラー及び前記ビームスプリッタによって回帰光路が形成されており、

前記干渉光学系は、

検出光が第1光と第2光とに分割され、且つ、

前記回帰光路に前記第1光が入射し、且つ、

前記回帰光路において、前記第1光が前記可動ミラーを介して前記ビームスプリッタに至る度に、前記第1光の一部が前記ビームスプリッタを透過すると共に前記第1光の残部が前記ビームスプリッタで反射されて前記可動ミラーを介して前記ビームスプリッタに至り、且つ、

前記ビームスプリッタを透過した前記第1光と、前記第2光とが合成され、多重干渉光が生成される、ように構成されている、光モジュール。

20

【請求項7】

前記干渉光学系は、位置が固定された固定ミラーを更に有し、

前記回帰光路は、前記可動ミラー、前記ビームスプリッタ及び前記固定ミラーによって前記干渉光学系に形成され、前記回帰光路が位置する平面に垂直な方向から見た場合に矩形環状を呈している、請求項6に記載の光モジュール。

30

【請求項8】

前記干渉光学系において、前記ビームスプリッタによって前記検出光が前記第1光と前記第2光とに分割される、請求項6又は7に記載の光モジュール。

【請求項9】

前記可動部に設けられた測定用ミラーを有する測定用干渉光学系を更に備え、

前記測定用ミラーは、前記所定方向における前記可動部の一端部に設けられており、

前記可動ミラーは、前記所定方向における前記可動部の他端部に設けられている、請求項6～8のいずれか一項に記載の光モジュール。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、位置検出方法及び光モジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)技術によってSOI(Silicon On Insulator)基板に干渉光学系が形成された光モジュールが記載されている。このような光モジュールは、小型且つ低コストのフーリエ変換型赤外分光分析器

50

(FTIR)を提供し得るため、注目されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2010-170029号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上述したような光モジュールにおいては、測定用の干渉光学系を構成する測定用ミラーの位置、換言すれば測定用ミラーが設けられた可動部の位置を、要求に応じた精度で検出することが求められる。それは、波長再現性、波長分解能、S/N比といった分光器の主要なパラメータを決める上で測定用ミラーの位置精度が特に重要だからである。

10

【0005】

そこで、本発明は、可動部の位置を要求に応じた精度で検出することができる位置検出方法、及び光モジュールを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の位置検出方法は、所定方向に沿って移動する可動部の位置を検出する位置検出方法であって、可動部に設けられた可動ミラー、及び、位置が固定されたビームスプリッタを有する干渉光学系において、検出光が第1光と第2光とに分割される第1ステップと、可動ミラー及びビームスプリッタによって干渉光学系に形成された回帰光路に、第1光が入射する第2ステップと、回帰光路において、第1光が可動ミラーを介してビームスプリッタに至る度に、第1光の一部がビームスプリッタを透過すると共に第1光の残部がビームスプリッタで反射されて可動ミラーを介してビームスプリッタに至る第3ステップと、干渉光学系において、ビームスプリッタを透過した第1光と、第2光とが合成され、多重干渉光が生成される第4ステップと、多重干渉光の第1干渉光信号から、検出光の波長の $1/p$  ( $p$ は自然数)の波長を有する第2干渉光信号が抽出される第5ステップと、第2干渉光信号に基づいて、所定方向における可動部の位置が算出される第6ステップと、を備える。

20

【0007】

この位置検出方法では、回帰光路において、第1光が可動ミラーを介してビームスプリッタに至る度に、第1光の一部がビームスプリッタを透過すると共に第1光の残部がビームスプリッタで反射されて可動ミラーを介して再びビームスプリッタに至る。これにより、第1光がビームスプリッタに至る度に、可動部が移動する所定方向に沿った成分で第1光が往復する回数が増加すると共に、所定方向における可動部の位置に応じた量ずつ第1光に光路差が生じる。このため、ビームスプリッタを透過した第1光と、第2光とが合成されると、多重干渉光が生成される。この多重干渉光の第1干渉光信号から、検出光の波長の $1/p$  ( $p$ は自然数)の波長を有する第2干渉光信号が抽出される。この第2干渉光信号に基づいて、所定方向における可動部の位置が算出される。第2干渉光信号の波長(周期)が短くなるほど、第2干渉光信号に基づく位置検出の分解能は高くなる。したがって、抽出する第2干渉光信号の波長を選択することによって、要求に応じた精度で可動部の位置を検出することができる。

30

40

【0008】

また、本発明の位置検出方法では、第5ステップにおいては、第1干渉光信号がフーリエ変換されることにより、検出光の波長の $1/q$  ( $q$ は自然数)の各波長においてピークを有する光スペクトルが取得され、いずれか1つのピークについて光スペクトルが逆フーリエ変換されることにより、第2干渉光信号が取得されてもよい。これによれば、第2干渉光信号の波長は、逆フーリエ変換に使用されるピークの波長が短くなるほど、短くなるため、逆フーリエ変換に使用するピークを選択することによって、要求に応じた精度で可動部の位置を検出することができる。

50

## 【0009】

また、本発明の位置検出方法では、 $p$ は、2以上の整数であってもよい。これによれば、第2干渉光信号の波長が検出光の波長よりも短くなるため、より高い精度で可動部の位置を検出することができる。

## 【0010】

また、本発明の位置検出方法では、干渉光学系は、位置が固定された固定ミラーを更に有し、回帰光路は、可動ミラー、ビームスプリッタ及び固定ミラーによって干渉光学系に形成され、回帰光路が位置する平面に垂直な方向から見た場合に矩形環状を呈していてもよい。これによれば、干渉光学系に回帰光路を好適に形成することができる。

## 【0011】

また、本発明の位置検出方法では、第1ステップにおいては、ビームスプリッタによって検出光が第1光と第2光とに分割されてもよい。これによれば、干渉光学系の構成を簡易化することができる。

## 【0012】

本発明の光モジュールは、所定方向に沿って移動する可動部と、可動部に設けられた可動ミラー、及び、位置が固定されたビームスプリッタを有する干渉光学系と、を備え、干渉光学系には、可動ミラー及びビームスプリッタによって回帰光路が形成されており、干渉光学系は、検出光が第1光と第2光とに分割され、且つ、回帰光路に第1光が入射し、且つ、回帰光路において、第1光が可動ミラーを介してビームスプリッタに至る度に、第1光の一部がビームスプリッタを透過すると共に第1光の残部がビームスプリッタで反射されて可動ミラーを介してビームスプリッタに至り、且つ、ビームスプリッタを透過した第1光と、第2光とが合成され、多重干渉光が生成される、ように構成されている。

## 【0013】

この光モジュールでは、回帰光路において、第1光が可動ミラーを介してビームスプリッタに至る度に、第1光の一部がビームスプリッタを透過すると共に第1光の残部がビームスプリッタで反射されて可動ミラーを介してビームスプリッタに至る。これにより、第1光が可動ミラーを介してビームスプリッタに至る度に、可動部が移動する所定方向に沿った成分で第1光が往復する回数が増加すると共に、所定方向における可動部の位置に応じた量だけ第1光と第2光との間に光路差が生じる。このため、ビームスプリッタを透過した第1光と、第2光とが合成されると、多重干渉光が生成される。この多重干渉光の第1干渉光信号から、検出光の波長の $1/p$  ( $p$ は自然数)の波長を有する第2干渉光信号を抽出することができる。この第2干渉光信号に基づいて、所定方向における可動部の位置を算出することができる。第2干渉光信号の波長(周期)が短くなるほど、第2干渉光信号に基づく位置検出の分解能は高くなる。したがって、抽出する第2干渉光信号の波長を選択することによって、要求に応じた精度で可動部の位置を検出することができる。

## 【0014】

また、本発明の光モジュールでは、干渉光学系は、位置が固定された固定ミラーを更に有し、回帰光路は、可動ミラー、ビームスプリッタ及び固定ミラーによって干渉光学系に形成され、回帰光路が位置する平面に垂直な方向から見た場合に矩形環状を呈していてもよい。これによれば、干渉光学系に回帰光路を好適に形成することができる。

## 【0015】

また、本発明の光モジュールでは、干渉光学系においては、ビームスプリッタによって検出光が第1光と第2光とに分割されていてもよい。これによれば、干渉光学系の構成を簡易化することができる。

## 【0016】

また、本発明の光モジュールは、可動部に設けられた測定用ミラーを有する測定用干渉光学系を更に備え、測定用ミラーは、所定方向における可動部の一端部に設けられており、可動ミラーは、所定方向における可動部の他端部に設けられていてもよい。これによれば、所定方向に沿って可動部をバランス良く移動させることができる。

## 【発明の効果】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 7 】

本発明によれば、可動部の位置を要求に応じた精度で検出することができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 8 】

【 図 1 】 一実施形態の光モジュールの平面図である。

【 図 2 】 第 1 干渉光信号及び第 2 干渉光信号の例を示す図である。

【 図 3 】 図 2 の第 1 干渉光信号がフーリエ変換されることにより取得される光スペクトルを示す図である。

【 図 4 】 可動ミラーの位置（光学距離）と第 2 干渉光信号との関係を示す図である。

【 図 5 】 第 1 変形例の干渉光学系の平面図である。

10

【 図 6 】 第 2 変形例の干渉光学系の平面図である。

【 図 7 】 第 3 変形例の干渉光学系の平面図である。

【 図 8 】 第 4 変形例の干渉光学系の平面図である。

【 図 9 】 第 5 変形例の干渉光学系の平面図である。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 1 9 】

以下、本発明の一実施形態について、図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、以下の説明において、同一又は相当要素には同一符号を用い、重複する説明を省略する。

## 【 0 0 2 0 】

図 1 に示されるように、光モジュール 1 は、アクチュエータ 10 と、第 1 干渉光学系（測定用干渉光学系）20 と、第 2 干渉光学系（干渉光学系）30A と、枠部 40 と、を備えている。光モジュール 1 は、SOI 基板によって形成された MEMS デバイスである。つまり、光モジュール 1 は、基板と、基板上に形成された絶縁層と、絶縁層上に形成された半導体層と、を備えている。基板及び半導体層はシリコンによって構成され、絶縁層は酸化シリコンによって構成されている。アクチュエータ 10、第 1 干渉光学系 20、第 2 干渉光学系 30A 及び枠部 40 は、主に半導体層の一部によって基板上に形成されている。枠部 40 は、アクチュエータ 10、第 1 干渉光学系 20 及び第 2 干渉光学系 30A を囲んでおり、絶縁層を介して基板に固定されている。

20

## 【 0 0 2 1 】

アクチュエータ 10 は、静電アクチュエータであり、一对の第 1 固定部 11 と、第 1 櫛歯部 12 と、一对の第 2 固定部 13 と、支持部 14 と、第 2 櫛歯部 15 と、可動部 16 と、を有している。

30

## 【 0 0 2 2 】

一对の第 1 固定部 11 は、Y 軸方向において並設されており、絶縁層を介して基板に固定されている。第 1 櫛歯部 12 は、各第 1 固定部 11 における一方の側の側面に設けられている。第 1 櫛歯部 12 は、その直下の絶縁層が除去されることで、基板に対して浮いた状態となっている。第 1 固定部 11 及び第 1 櫛歯部 12 は、半導体層の一部によって一体的に形成されている。各第 1 固定部 11 には、第 1 電極 17 が設けられている。

## 【 0 0 2 3 】

一对の第 2 固定部 13 は、Y 軸方向において並設されており、絶縁層を介して基板に固定されている。一对の第 2 固定部 13 は、一对の第 1 固定部 11 に対して一方の側に配置されている。支持部 14 は、各第 2 固定部 13 と可動部 16 との間に掛け渡されている。第 2 櫛歯部 15 は、その各櫛歯が第 1 櫛歯部 12 の各櫛歯間に位置するように、支持部 14 に設けられている。可動部 16 は、一对の第 1 固定部 11 間及び一对の第 2 固定部 13 間を通るように、X 軸方向に沿って延在している。支持部 14、第 2 櫛歯部 15 及び可動部 16 は、それらの直下の絶縁層が除去されることで、基板に対して浮いた状態となっている。第 2 固定部 13、支持部 14、第 2 櫛歯部 15 及び可動部 16 は、半導体層の一部によって一体的に形成されている。各第 2 固定部 13 には、第 2 電極 18 が設けられている。

40

## 【 0 0 2 4 】

50

可動部 16 は、支持部 14 が板ばねを連結した構造を有しているため、X 軸に平行な方向（所定方向）A に沿って移動可能である。支持部 14 は、可動部 16 が初期位置に戻るよう可動部 16 に弾性力を作用させる。これにより、第 1 電極 17 と第 2 電極 18 との間に電圧が印加されると、その電圧（電位差）に応じて、第 1 櫛歯部 12 と第 2 櫛歯部 15 との間に静電引力が作用し、当該静電引力と支持部 14 による弾性力とが釣り合う位置まで、方向 A に沿って可動部 16 が移動させられる。

【0025】

第 1 干渉光学系 20 は、第 1 可動ミラー（測定用ミラー）21 と、第 1 固定ミラー 22 と、光学ブロック 23 と、を有しており、マイケルソン干渉光学系を構成している。第 1 干渉光学系 20 には、測定光入射部 6 を介して測定光 L1 が入射し、第 1 干渉光学系 20 からは、測定光出射部 7 を介して測定光 L1 の干渉光 L10 が出射する。測定光入射部 6 及び測定光出射部 7 は、例えば光ファイバであり、枠部 40 に固定されている。

10

【0026】

第 1 可動ミラー 21 は、方向 A における可動部 16 の一端部 16a に設けられている。第 1 可動ミラー 21 は、反射面 21a を有している。反射面 21a は、方向 A に垂直な面である。第 1 固定ミラー 22 は、光学ブロック 23 の一側面に設けられている。つまり、第 1 固定ミラー 22 の位置は、固定されている。第 1 固定ミラー 22 は、反射面 22a を有している。反射面 22a は、XY 平面に垂直な面であり、方向 A に対して所定角度傾斜している。光学ブロック 23 は、半導体層の一部によって形成されており、絶縁層を介して基板に固定されている。光学ブロック 23 における第 1 可動ミラー 21 側の側面は、第 1 ビームスプリッタ 23a として機能する。つまり、第 1 ビームスプリッタ 23a の位置は、固定されている。第 1 ビームスプリッタ 23a は、XY 平面に垂直な面であり、方向 A に対して 45 度傾斜している。

20

【0027】

測定光入射部 6 を介して第 1 干渉光学系 20 に入射した測定光 L1 は、光学ブロック 23 内を進行し、第 1 ビームスプリッタ 23a によって第 1 可動ミラー 21 側と第 1 固定ミラー 22 側とに分割される。第 1 固定ミラー 22 側に分割された測定光 L1a は、第 1 固定ミラー 22 の反射面 22a で反射され、同一光路上を第 1 ビームスプリッタ 23a に戻る。一方、方向 A に沿って第 1 可動ミラー 21 側に分割された測定光 L1b は、第 1 可動ミラー 21 の反射面 21a で反射され、同一光路上を第 1 ビームスプリッタ 23a に戻る。第 1 ビームスプリッタ 23a に戻った測定光 L1a 及び測定光 L1b は、第 1 ビームスプリッタ 23a において合成され、測定光の干渉光 L10 となる。測定光の干渉光 L10 は、測定光出射部 7 を介して第 1 干渉光学系 20 から出射する。

30

【0028】

第 2 干渉光学系 30A は、第 2 可動ミラー 31 と、第 2 固定ミラー 32 と、光学ブロック 33 と、を有しており、マイケルソン干渉光学系を構成している。第 2 干渉光学系 30A には、検出光入射部 8 を介して検出光 L2 が入射し、第 2 干渉光学系 30A からは、検出光出射部 9 を介して検出光 L2 の干渉光 L20 が出射する。検出光 L2 は、例えば、レーザー光であり、光モジュール 1 の外部に準備された半導体レーザー等のレーザー光源から出力される。検出光入射部 8 及び検出光出射部 9 は、例えば光ファイバであり、枠部 40 に固定されている。

40

【0029】

第 2 可動ミラー 31 は、方向 A における可動部 16 の他端部 16b に設けられている。第 2 可動ミラー 31 は、反射面 31a、31b を有している。反射面 31a は、XY 平面に垂直な面であり、方向 A に対して 45 度傾斜している。反射面 31b は、XY 平面に垂直な面であり、方向 A に対して、反射面 31a とは反対側に 45 度傾斜している。第 2 固定ミラー 32 は、光学ブロック 33 の一側面に設けられている。つまり、第 2 固定ミラー 32 の位置は、固定されている。第 2 固定ミラー 32 は、反射面 32a を有している。反射面 32a は、反射面 31a と平行に延在し、方向 A において反射面 31b と対向している。

50

## 【0030】

光学ブロック33は、半導体層の一部によって形成されており、絶縁層を介して基板に固定されている。光学ブロック33における反射面32aと対向する側面は、第2ビームスプリッタ33aとして機能する。つまり、第2ビームスプリッタ33aの位置は、固定されている。第2ビームスプリッタ33aは、反射面31bと平行に延在し、方向Aにおいて反射面31aと対向している。光学ブロック33における第2ビームスプリッタ33aと対向する側面は、屈折面33bとして機能する。屈折面33bは、第2ビームスプリッタ33aと平行に延在している。

## 【0031】

第2干渉光学系30Aには、第2可動ミラー31、第2固定ミラー32及び第2ビームスプリッタ33aによって回帰光路35が形成されている。回帰光路35には、第2ビームスプリッタ33aにおける所定の入射位置において検出光L2が入射する。回帰光路35に入射した検出光L2は、回帰光路35上を進行し、第2可動ミラー31及び第2固定ミラー32を介して第2ビームスプリッタ33aの当該入射位置に回帰する。

10

## 【0032】

回帰光路35は、方向Aに沿った成分で検出光L2が往復する光路を少なくとも含んでいる。すなわち、回帰光路35に入射した検出光L2は、回帰光路35上を進行して第2ビームスプリッタ33aに至る度に、方向Aに沿った成分で少なくとも1回往復する。ここで、「方向Aに沿った成分で」往復する光路とは、当該光路が方向Aに沿った成分を有していることを意味する。本実施形態では、回帰光路35は、回帰光路35が位置するXY平面に垂直な方向から見た場合に矩形環状（矩形ループ状）を呈しており、互いに対向する光路の対を二対含んでいる。一方の光路の対は、方向Aと平行に延在しており、他方の光路の対は、方向Aと垂直に延在している。この回帰光路35においては、検出光L2は、第2ビームスプリッタ33aに至る度に、第2ビームスプリッタ33aと第2可動ミラー31との間を方向Aに沿って1回往復する。

20

## 【0033】

検出光入射部8を介して方向Aに沿って第2干渉光学系30Aに入射した検出光L2は、光学ブロック33の屈折面33bで屈折された後、光学ブロック33内を進行し、第2ビームスプリッタ33aによって第1光L2aと第2光L2bとに分割される（第1ステップ）。第1光L2aは、回帰光路35に入射し、方向Aに沿って第2可動ミラー31側に進行する（第2ステップ）。方向Aに沿って第2可動ミラー31側に進行した第1光L2aは、第2可動ミラー31の反射面31a及び反射面31bで順次反射され、方向Aに沿って第2固定ミラー32側に進行する。方向Aに沿って第2固定ミラー32側に進行した第1光L2aは、第2固定ミラー32の反射面32bで反射され、第2ビームスプリッタ33aに至る。

30

## 【0034】

第2ビームスプリッタ33aに至った第1光L2aの一部は、第2ビームスプリッタ33aを透過する。一方、第2ビームスプリッタ33aに至った第1光L2aの残部は、上記と同様に第2可動ミラー31の反射面31a及び反射面31b、並びに第2固定ミラー32の反射面32bで順次反射され、第2ビームスプリッタ33aに至る。このように、回帰光路35においては、第1光L2aが第2可動ミラー31を介して第2ビームスプリッタ33aに至る度に、第1光L2aの一部が第2ビームスプリッタ33aを透過すると共に第1光L2aの残部が第2ビームスプリッタ33aで反射されて第2可動ミラー31を介して第2ビームスプリッタ33aに至る（第3ステップ）。

40

## 【0035】

第2ビームスプリッタ33aを透過した第1光L2aと、第2光L2bとは、第2ビームスプリッタ33aにおいて合成され、検出光L2の干渉光L20となる（第4ステップ）。ここで、上記第3ステップにおいては、第1光L2aが第2ビームスプリッタ33aに至る度に、方向Aに沿った成分で第1光L2aが往復する回数が増加すると共に、方向Aにおける第2可動ミラー31の位置（すなわち、可動部16の位置）に応じた量ずつ第

50

1 光 L 2 a に光路差が生じる。より詳細には、第 1 光 L 2 a が第 2 ビームスプリッタ 3 3 a に至る度に、可動部 1 6 の移動距離 x の 2 倍ずつ第 1 光 L 2 a に光路差が生じる。このため、検出光 L 2 の干渉光 L 2 0 は、 $2x, 4x, 6x, \dots$  の各光路差成分を含む第 1 光 L 2 a と、第 2 光 L 2 b との干渉光である多重干渉光となっている。検出光 L 2 の干渉光 L 2 0 は、光学ブロック 3 3 の屈折面 3 3 b で屈折された後、検出光出射部 9 を介して、方向 A に垂直な方向に沿って第 2 干渉光学系 3 0 A から出射する。

【 0 0 3 6 】

検出光出射部 9 から出射した検出光 L 2 の干渉光 L 2 0 は、例えば光モジュール 1 の外部に準備された光検出器によって検出される。これにより、図 2 に示されるように、多重干渉光の第 1 干渉光信号 S 1 が取得される。第 1 干渉光信号 S 1 の強度 I は、下記式 ( 1 ) によって表される。式 ( 1 ) において、m は第 1 光 L 2 a の回帰光路 3 5 の通過回数であり、B ( m ) は通過回数 m の第 1 光 L 2 a と、第 2 光 L 2 b との干渉光の強度であり、 $\nu$  は検出光 L 2 の波数であり、a は光路差定数であり、n は空気の屈折率である。光路差定数 a は、回帰光路 3 5 において、第 1 光 L 2 a が第 2 ビームスプリッタ 3 3 a に至る度に、可動部 1 6 の移動距離 x に対して何倍の光路差が生じるかを表す定数である。本実施形態では、第 1 光 L 2 a は第 2 ビームスプリッタ 3 3 a に至る度に方向 A に沿って 1 回往復するため、光路差定数 a は値 2 である。

【 数 1 】

$$I(x) = \sum_{m=0}^{\infty} B(m) \cos 2\pi \nu m a n x \quad \dots (1)$$

【 0 0 3 7 】

続いて、第 1 干渉光信号 S 1 がフーリエ変換されることにより、検出光 L 2 の波長の  $1/q$  ( q は自然数 ) の各波長においてピークを有する光スペクトルが取得される ( 第 5 ステップ ) 。図 3 の例では、検出光 L 2 の波長は約  $1.3 \mu\text{m}$  であり、光スペクトルは、 $1/2, 1/3, \dots$  においてピークを有している。第 1 干渉光信号 S 1 をフーリエ変換する演算は、例えば光モジュール 1 の外部に準備された演算装置によって実行される。この演算装置は、例えば CPU ( Central Processing Unit ) 、 ROM ( Read Only Memory ) 及び RAM ( Random Access Memory ) 等を有するコンピュータである。以下の演算についても同様に、この演算装置によって実行されてもよい。

【 0 0 3 8 】

続いて、いずれか 1 つのピークについて光スペクトルが逆フーリエ変換されることにより、第 2 干渉光信号 S 2 が取得される ( 第 5 ステップ ) 。より詳細には、光スペクトルにおいて、いずれか 1 つのピークの波長を含む波長帯域のみが残されると共にそれ以外の波長帯域がカットされたデータが、逆フーリエ変換される。これにより、当該ピークの波長の長さに対応した長さの波長 ( 周期 ) を有する第 2 干渉光信号 S 2 が取得される。本実施形態では、p 番目 ( p は 2 以上の整数 ) に長い波長を有するピークについて光スペクトルが逆フーリエ変換される。これにより、検出光 L 2 の周期の  $1/p$  の周期を有する第 2 干渉光信号 S 2 が取得される。図 2 では、2 番目に長い波長を有するピークについて、図 3 の光スペクトルが逆フーリエ変換されることにより取得された第 2 干渉光信号 S 2 が示されている。この第 2 干渉光信号 S 2 の周期は、検出光 L 2 の周期の  $1/2$  となっている。

【 0 0 3 9 】

続いて、第 2 干渉光信号 S 2 に基づいて、方向 A における可動部 1 6 の位置が算出される ( 第 6 ステップ ) 。以下、第 2 干渉光信号 S 2 に基づく可動部 1 6 の位置の算出方法を説明する。図 4 に示されるように、可動部 1 6 の位置 ( 光学距離 ) を横軸にとり、第 2 干渉光信号 S 2 を縦軸にとると、点 P が位置決定ポイントとなる。点 P は、第 2 干渉光信号 S 2 とその平均値 ( DC 成分 ) とのクロスポイントであり、第 2 干渉光信号 S 2 の波長を  $\lambda$  とすると、 $0, \lambda/2, \lambda, 3\lambda/2, 2\lambda, 5\lambda/2, \dots$  という光学位置を示す。これは、正弦波では位置の特定精度が最も高い点がゼロクロスポイントだからである。このように、波長  $\lambda$  の第 2 干渉光信号 S 2 について、 $\lambda/2$  の間隔でサンプリングポイントを決定し得ることになる。そのため、第 2 干渉光信号 S 2 の波長 ( 周

10

20

30

40

50

期)が短くなるほど、第2干渉光信号S2に基づく位置検出の分解能は高くなる。理想的には、ゼロクロスポイントをトリガとして実信号をサンプリングし、サンプリングした実信号に基づいて可動部16の位置を算出すればよい。

【0040】

以上説明した位置検出方法では、回帰光路35において、第1光L2aが第2可動ミラー31を介して第2ビームスプリッタ33aに至る度に、第1光L2aの一部が第2ビームスプリッタ33aを透過すると共に第1光L2aの残部が第2ビームスプリッタ33aで反射されて第2可動ミラー31を介して再び第2ビームスプリッタ33aに至る(第3ステップ)。これにより、第1光L2aが第2ビームスプリッタ33aに至る度に、方向Aに沿った成分で第1光L2aが往復する回数が増加すると共に、方向Aにおける可動部16の位置に応じた量ずつ第1光L2aに光路差が生じる。このため、第2ビームスプリッタ33aを透過した第1光L2aと、第2光L2bとが合成されると、多重干渉光が生成される(第4ステップ)。この多重干渉光の第1干渉光信号S1から、検出光L2の波長の $1/p$ の波長を有する第2干渉光信号S2が抽出される(第5ステップ)。この第2干渉光信号S2に基づいて、方向Aにおける可動部16の位置が算出される(第6ステップ)。第2干渉光信号S2の波長(周期)が短くなるほど、第2干渉光信号S2に基づく位置検出の分解能は高くなる。したがって、抽出する第2干渉光信号S2の波長を選択することによって、要求に応じた精度で可動部16の位置を検出することができる。

10

【0041】

また、この位置検出方法では、第5ステップにおいては、第1干渉光信号S1がフーリエ変換されることにより、検出光L2の波長の $1/q$ の各波長においてピークを有する光スペクトルが取得され、いずれか1つのピークについて光スペクトルが逆フーリエ変換されることにより、第2干渉光信号S2が取得される。これにより、第2干渉光信号S2の波長は、逆フーリエ変換に使用されるピークの波長が短くなるほど、短くなるため、逆フーリエ変換に使用するピークを選択することによって、要求に応じた精度で可動部16の位置を検出することができる。

20

【0042】

なお、逆フーリエ変換に使用されるピークの波長が短くなるほど、位置検出の精度は高くなるが、位置情報を取得するサンプリングポイントの数も増加するため、計算負荷が大きくなる。また、第1光L2aが第2ビームスプリッタ33aに至る度に第1光L2aは減衰するため、光スペクトルにおけるピークの強度は、ピークの波長が短くなるほど、小さくなる傾向がある。ピークの強度が小さい場合、第2干渉光信号S2においてサンプリングポイントを精度良く決定することが困難となるおそれがある。したがって、これらの点と必要な精度とを考慮して、逆フーリエ変換に使用するピークを選択すればよい。

30

【0043】

また、この位置検出方法では、 $p$ は、2以上の整数である。これにより、第2干渉光信号S2の波長が検出光L2の波長よりも短くなるため、より高い精度で可動部16の位置を検出することができる。

【0044】

また、この位置検出方法では、回帰光路35は、第2可動ミラー31、第2ビームスプリッタ33a及び第2固定ミラー32によって第2干渉光学系30Aに形成され、回帰光路35が位置するXY平面に垂直な方向から見た場合に矩形環状を呈している。これにより、第2干渉光学系30Aに回帰光路35を好適に形成することができる。

40

【0045】

また、この位置検出方法では、第1ステップにおいては、第2ビームスプリッタ33aによって検出光L2が第1光L2aと第2光L2bとに分割されている。これにより、例えば、検出光L2を第1光L2aと第2光L2bとに分割するための構成が第2ビームスプリッタ33aとは別に第2干渉光学系30Aに設けられている場合と比べ、第2干渉光学系30Aの構成を簡易化することができる。

【0046】

50

また、以上説明した光モジュール1では、第1可動ミラー21は、方向Aにおける可動部16の一端部16aに設けられており、第2可動ミラー31は、方向Aにおける可動部16の他端部16bに設けられている。これにより、方向Aに沿って可動部16をバランス良く移動させることができる。

【0047】

また、光モジュール1では、第2ビームスプリッタ33aとして、シリコンからなる光学ブロック33の側面が利用されており、検出光L2が光学ブロック33内を進行する。そのため、波長1.1 $\mu\text{m}$ 以下のレーザー光を検出光L2として使用した場合、検出光L2が光学ブロック33で吸収されてしまう。よって、光モジュール1では、検出光L2として使用し得るレーザー光の波長の最小値は、1.1 $\mu\text{m}$ となる。ここで、波長1.3 $\mu\text{m}$ 、1.55 $\mu\text{m}$ のレーザー光源は入手し易いが、レーザー光の干渉波に基づく位置検出の分解能を高めることが困難である。この点、上述した位置検出方法では、例えば、波長1.3 $\mu\text{m}$ のレーザー光を検出光L2として使用した場合であっても、2番目に長い波長を有するピークを逆フーリエ変換に使用することで、波長0.65 $\mu\text{m}$ のレーザー光を検出光L2として使用しているのと等価となり、1.1 $\mu\text{m}$ 以下の波長範囲を十分にカバーすることができる。

【0048】

以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明は、上記実施形態に限られない。例えば、図5に示される第1変形例のように第2干渉光学系30Bが構成されてもよい。第2干渉光学系30Bでは、第2可動ミラー31は、方向Aに垂直な反射面31cを有している。第2固定ミラー32は、光学ブロック33とは別に設けられ、方向Aと平行な反射面32bを有している。回帰光路35は、XY平面に垂直な方向から見た場合に逆L字状を呈している。第1変形例においても、上述した式(1)における光路差定数aは、値2である。

【0049】

第2干渉光学系30Bでは、回帰光路35に入射した第1光L2aは、方向Aに沿って第2可動ミラー31側に進行する。方向Aに沿って第2可動ミラー31側に進行した第1光L2aは、第2可動ミラー31の反射面31cで反射され、同一光路上を第2ビームスプリッタ33aに戻る。第2ビームスプリッタ33aに戻った第1光L2aは、第2ビームスプリッタ33aによって光学ブロック33の屈折面33b側と第2固定ミラー32の反射面32b側とに分割される。光学ブロック33の屈折面33b側に分割された第1光L2aは、屈折面33bで屈折された後、検出光入射部8に戻る。一方、第2固定ミラー32の反射面32b側に分割された第1光L2aは、第2固定ミラー32の反射面32bで反射され、同一光路上を第2ビームスプリッタ33aに戻る。第2ビームスプリッタ33aに戻った第1光L2aの一部は、第2ビームスプリッタ33aを透過する。一方、第2ビームスプリッタ33aに至った第1光L2aの残部は、上記と同様に回帰光路35上を進行して第2ビームスプリッタ33aに至る。このような第1変形例によっても、上記実施形態と同様に、第2干渉光学系30Bにおいて多重干渉光が生成されるため、逆フーリエ変換に使用するピークを選択することによって、要求に応じた精度で可動部16の位置を検出することができる。なお、第2干渉光学系30Bでは、第1光L2aが第2可動ミラー31を介して所定の側(ここでは、第2固定ミラー32の反射面32b側)から第2ビームスプリッタ33aに至る度に、第1光L2aの一部が第2ビームスプリッタ33aを透過し(第3ステップ)、第2可動ミラー31を介して所定の側(ここでは、第2固定ミラー32の反射面32b側)から第2ビームスプリッタ33aに至った際に第2ビームスプリッタ33aを透過した第1光L2aが第2光L2bと合成される(第4ステップ)。このように、第2可動ミラー31で反射された第1光L2aが再び第2可動ミラー31に至るまでの間に、第1光L2aが第2ビームスプリッタ33aで複数回透過される場合、少なくとも1回の透過による第1光L2aの透過光が第2光L2bとの合成に用いられればよい。

【0050】

また、図6に示される第2変形例のように第2干渉光学系30Cが構成されてもよい。第2干渉光学系30Cでは、第2固定ミラー32は、光学ブロック33とは別に設けられ、方向Aと平行な反射面32bを有している。光学ブロック33における検出光入射部8及び検出光出射部9と対向する側面は、第2ビームスプリッタ33aとして機能する。光学ブロック33における第2ビームスプリッタ33aと対向する側面は、屈折反射面33cとして機能する。屈折反射面33cは、第2ビームスプリッタ33aと平行に延在している。回帰光路35は、第2可動ミラー31、第2固定ミラー32、第2ビームスプリッタ33a及び屈折反射面33cによって形成されている。第2変形例においても、上述した式(1)における光路差定数aは、値2である。

【0051】

第2干渉光学系30Cでは、第2ビームスプリッタ33aにおいて回帰光路35に入射した第1光L2aは、光学ブロック33内を進行して屈折反射面33cで屈折された後、方向Aに沿って第2可動ミラー31側に進行する。方向Aに沿って第2可動ミラー31側に進行した第1光L2aは、第2可動ミラー31の反射面31a及び反射面31bで順次反射され、方向Aに沿って屈折反射面33c側に進行する。屈折反射面33c側に進行した第1光L2aは、屈折反射面33cで第2固定ミラー32側に反射される。第2固定ミラー32側に反射された第1光L2aは、第2固定ミラー32の反射面32bで反射され、同一光路上を屈折反射面33cに戻る。屈折反射面33cに戻った第1光L2aは、屈折反射面33cで屈折され、第2ビームスプリッタ33aに至る。第2ビームスプリッタ33aに至った第1光L2aの一部は、第2ビームスプリッタ33aを透過する。一方、第2ビームスプリッタ33aに至った第1光L2aの残部は、上記と同様に回帰光路35上を進行して第2ビームスプリッタ33aに至る。このような第2変形例によっても、上記実施形態と同様に、第2干渉光学系30Cにおいて多重干渉光が生成されるため、逆フーリエ変換に使用するピークを選択することによって、要求に応じた精度で可動部16の位置を検出することができる。

【0052】

また、図7に示される第3変形例のように第2干渉光学系30Dが構成されてもよい。第2干渉光学系30Dでは、第2固定ミラー32が設けられていない。第2可動ミラー31は、反射面31d、31dを有している。一方の反射面31dは、方向Aに対して所定角度傾斜しており、他方の反射面31dは、方向Aに対して、一方の反射面31dとは反対側に所定角度傾斜している。回帰光路35は、XY平面に垂直な方向から見た場合に逆三角形を呈している。この場合でも、回帰光路35は、方向Aに沿った成分で検出光L2が往復する光路を含んでいる。第3変形例においては、上述した式(1)における光路差定数aは、第2ビームスプリッタ33aからの第1光L2aの出射角度を用いて、 $2 / \cos + 2 \tan$  と表される。

【0053】

第2干渉光学系30Dでは、回帰光路35に入射した第1光L2aは、第2可動ミラー31の反射面31d、31dで順次反射され、第2ビームスプリッタ33aに至る。第2ビームスプリッタ33aに至った第1光L2aの一部は、第2ビームスプリッタ33aを透過する。一方、第2ビームスプリッタ33aに至った第1光L2aの残部は、上記と同様に回帰光路35上を進行して第2ビームスプリッタ33aに至る。このような第3変形例によっても、上記実施形態と同様に、第2干渉光学系30Dにおいて多重干渉光が生成されるため、逆フーリエ変換に使用するピークを選択することによって、要求に応じた精度で可動部16の位置を検出することができる。また、第3変形例では、上記実施形態よりも光路差定数aが大きいいため、第1光L2aに生じる光路差が大きくなる。これは、より短い波長の光を検出光L2に使用しているのと等価であり、可動部16の位置の検出精度が高いことを意味する。

【0054】

また、図8に示される第4変形例のように第2干渉光学系30Eが構成されてもよい。第4変形例では、可動部16は、共に移動する2本の棒状部分によって構成されている。

10

20

30

40

50

第2干渉光学系30Eでは、第2可動ミラー31は、反射面31e, 31f, 31g, 31hを有している。反射面31eは、方向Aに対して45度傾斜している。反射面31fは、反射面31eに隣接して設けられ、方向Aに対して、反射面31eとは反対側に45度傾斜している。反射面31gは、反射面31fに対して反射面31eとは反対側に隣接して設けられ、方向Aに対して、反射面31fとは反対側に45度傾斜している。反射面31hは、反射面31gに対して反射面31fとは反対側に隣接して設けられ、方向Aに対して、反射面31gとは反対側に45度傾斜している。

【0055】

第2固定ミラー32は、光学ブロック33とは別に設けられ、反射面32c, 32cを有している。一方の反射面32cは、方向Aに対して45度傾斜しており、他方の反射面32cは、方向Aに対して、一方の反射面32cとは反対側に45度傾斜している。回帰光路35は、方向Aに沿って2回往復する光路を含んでいる。第4変形例においては、第1光L2aは第2ビームスプリッタ33aに至る度に方向Aに沿って2回往復するため、上述した式(1)における光路差定数aは、値4である。

【0056】

第2干渉光学系30Eでは、回帰光路35に入射した第1光L2aは、第2可動ミラー31の反射面31e, 31fで順次反射され、方向Aに沿って第2固定ミラー32側に進行する。方向Aに沿って第2固定ミラー32側に進行した第1光L2aは、第2固定ミラー32の反射面32c, 32cで順次反射され、方向Aに沿って第2可動ミラー31側に進行する。方向Aに沿って第2可動ミラー31側に進行した第1光L2aは、第2可動ミラー31の反射面31g, 31hで順次反射され、方向Aに沿って第2固定ミラー32側に進行する。方向Aに沿って第2固定ミラー32側に進行した第1光L2aは、第2固定ミラー32の反射面32cで反射され、第2ビームスプリッタ33aに至る。第2ビームスプリッタ33aに至った第1光L2aの一部は、第2ビームスプリッタ33aを透過する。一方、第2ビームスプリッタ33aに至った第1光L2aの残部は、上記と同様に回帰光路35上を進行して第2ビームスプリッタ33aに至る。このような第4変形例によっても、上記実施形態と同様に、第2干渉光学系30Eにおいて多重干渉光が生成されるため、逆フーリエ変換に使用するピークを選択することによって、要求に応じた精度で可動部16の位置を検出することができる。また、第4変形例では、上記実施形態よりも光路差定数aが大きいいため、第1光L2aに生じる光路差が大きくなる。これは、より短い波長の光を検出光L2に使用しているのと等価であり、可動部16の位置の検出精度が高いことを意味する。

【0057】

また、図9に示される第5変形例のように第2干渉光学系30Fが構成されてもよい。第2干渉光学系30Fでは、一对の第2固定ミラー32が光学ブロック33とは別に設けられている。一方の第2固定ミラー32は、反射面32d, 32dを有している。一方の反射面32dは、方向Aに対して45度傾斜しており、他方の反射面32dは、方向Aに対して、一方の反射面32dとは反対側に45度傾斜している。他方の第2固定ミラー32は、反射面32e, 32eを有している。一方の反射面32eは、方向Aに対して45度傾斜しており、他方の反射面32eは、方向Aに対して、一方の反射面32eとは反対側に45度傾斜している。反射面32d, 32dと反射面32e, 32eは方向Aと垂直な方向において互いに対向している。

【0058】

光学ブロック33における検出光入射部8と対向する側面は、第3ビームスプリッタ33dとして機能する。つまり、第3ビームスプリッタ33dの位置は、固定されている。第3ビームスプリッタ33dは、XY平面に垂直な面であり、方向Aに対して45度傾斜している。光学ブロック33における第3ビームスプリッタ33dと対向する側面は、屈折反射面33eとして機能する。屈折反射面33eは、第3ビームスプリッタ33dと平行に延在している。光学ブロック33における第2ビームスプリッタ33aと対向する側面は、屈折反射面33fとして機能する。屈折反射面33eは、第2ビームスプリッタ3

10

20

30

40

50

3 aと平行に延在している。回帰光路3 5は、第2可動ミラー3 1、第2ビームスプリッタ3 3 a及び屈折反射面3 3 eによって形成されている。第5変形例においても、上述した式(1)における光路差定数aは、値2である。

【0059】

第2干渉光学系3 0 Fでは、検出光入射部8を介して第2干渉光学系3 0 Fに入射した検出光L 2は、第3ビームスプリッタ3 3 dによって第1光L 2 aと第2光L 2 bとに分割される。第1光L 2 aは、光学ブロック3 3内を進行し、屈折反射面3 3 eにおいて方向Aに沿って回帰光路3 5に入射する。屈折反射面3 3 eにおいて回帰光路3 5に入射した第1光L 2 aは、第2可動ミラー3 1の反射面3 1 a及び反射面3 1 bで順次反射され、方向Aに沿って第2ビームスプリッタ3 3 aに至る。第2ビームスプリッタ3 3 aに至った第1光L 2 aの一部は、第2ビームスプリッタ3 3 aを透過し、屈折反射面3 3 fに至る。一方、第2ビームスプリッタ3 3 aに至った第1光L 2 aの残部は、屈折反射面3 3 eに進行し、上記と同様に回帰光路3 5上を進行して第2ビームスプリッタ3 3 aに至る。

10

【0060】

第3ビームスプリッタ3 3 dによって分割された第2光L 2 bは、方向Aに垂直な方向に沿って一方の第2固定ミラー3 2に進行する。方向Aに垂直な方向に沿って一方の第2固定ミラー3 2に進行した第2光L 2 bは、一方の第2固定ミラー3 2の反射面3 2 d, 3 2 dで順次反射され、方向Aに垂直な方向に沿って他方の第2固定ミラー3 2に進行する。方向Aに垂直な方向に沿って他方の第2固定ミラー3 2に進行した第2光L 2 bは、他方の第2固定ミラー3 2の反射面3 2 e, 3 2 eで順次反射され、屈折反射面3 3 fに至る。第2ビームスプリッタ3 3 aを透過した第1光L 2 aと、第2光L 2 bとは、屈折反射面3 3 fにおいて合成され、検出光L 2の干渉光L 2 0となる。このような第5変形例によっても、上記実施形態と同様に、第2干渉光学系3 0 Fにおいて多重干渉光が生成されるため、逆フーリエ変換に使用するピークを選択することによって、要求に応じた精度で可動部1 6の位置を検出することができる。

20

【0061】

また、上記実施形態において、アクチュエータ1 0は、静電アクチュエータに限定されず、例えば、圧電式アクチュエータ、電磁式アクチュエータ等であってもよい。検出光L 2を出力するレーザ光源、及び、検出光L 2の干渉光L 2 0を検出する光検出器は、光モジュール1に搭載されていてもよい。要求される精度によっては、第6ステップにおいては、最も長い波長を有するピークについて光スペクトルが逆フーリエ変換されることにより取得された第2干渉光信号S 2に基づいて、方向Aにおける可動部1 6の位置が算出されてもよい(すなわち、pが1であってもよい)。回帰光路3 5は、XY平面に垂直な方向から見た場合に五角形や8の字状等の任意の形状を呈している。なお、上記実施形態のように、回帰光路3 5が矩形環状を呈し、方向Aに平行な一对の光路を有する場合、第2干渉光学系3 0 Aの構成が簡易化されると共に、検出光L 2の損失が低減される。また、計算式が単純化されて計算負荷が低減される。

30

【0062】

また、上記実施形態では、第1干渉光信号S 1がフーリエ変換されることにより、検出光L 2の波長の1/qの各波長においてピークを有する光スペクトルが取得され、いずれか1つのピークについて光スペクトルが逆フーリエ変換されることにより、検出光L 2の波長の1/pの波長を有する第2干渉光信号S 2が取得されたが、これとは異なる方法によって第1干渉光信号S 1から第2干渉光信号S 2が抽出されてもよい。例えば、第1干渉光信号S 1に対して所定の重み関数(例えば、sinc関数又は指数関数等)をコンボリューション演算することによっても、第1干渉光信号S 1から第2干渉光信号S 2を抽出することができる。この方法によれば、フーリエ変換及び逆フーリエ変換を用いる方法よりも計算時間を短縮することができる。或いは、回路上において、干渉光L 2 0を検出する光検出器の下流側に第1干渉光信号S 1をフィルタリングするための要素が設けられることにより、第1干渉光信号S 1から第2干渉光信号S 2が抽出されてもよい。なお、

40

50

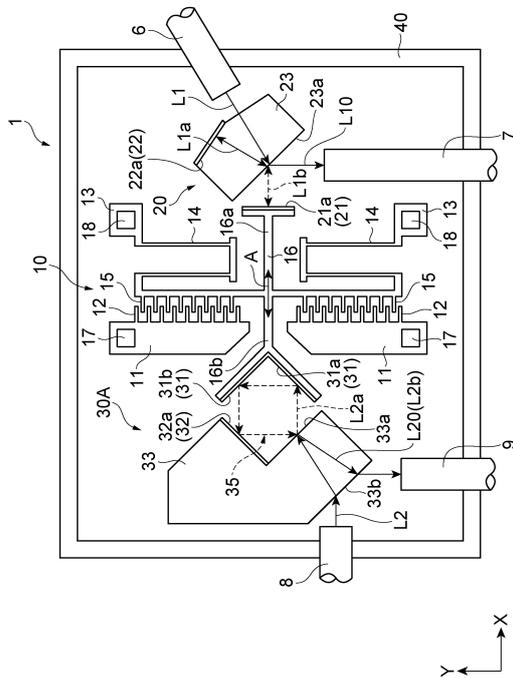
フーリエ変換及び逆フーリエ変換を用いる方法によれば、第1干渉光信号S1から第2干渉光信号S2を精度良く抽出することができる。

【符号の説明】

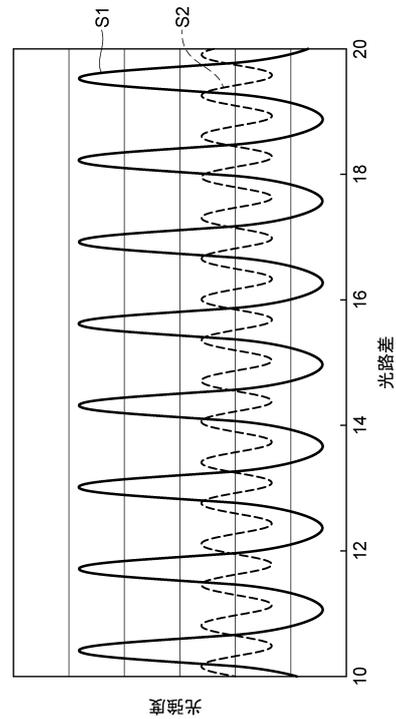
【0063】

1...光モジュール、16...可動部、16a...一端部、16b...他端部、20...第1干渉光学系(測定用干渉光学系)、21...第1可動ミラー(測定用ミラー)、30A~30F...第2干渉光学系(干渉光学系)、31...第2可動ミラー、32...第2固定ミラー、33a...第2ビームスプリッタ、35...回帰光路、A...所定方向、L2...検出光、L2a...第1光、L2b...第2光、S1...第1干渉光信号、S2...第2干渉光信号。

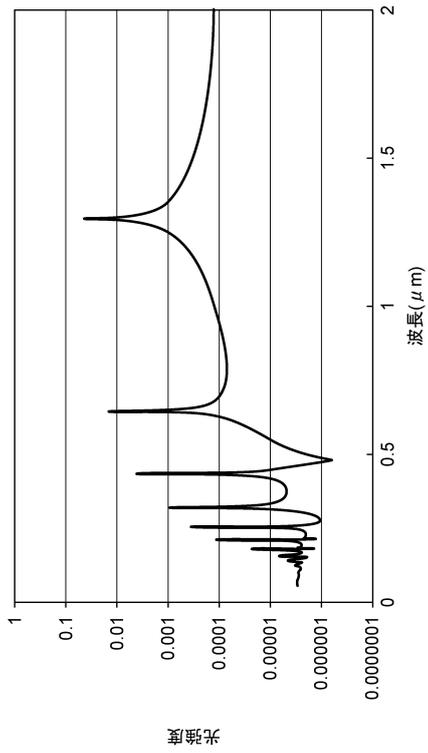
【図1】



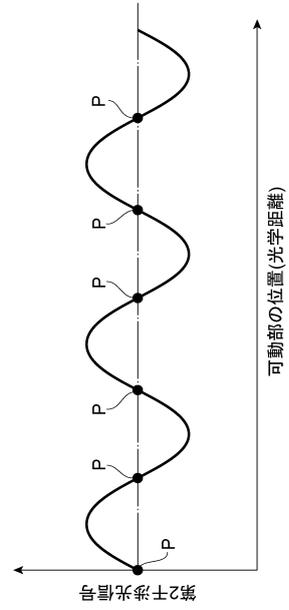
【図2】



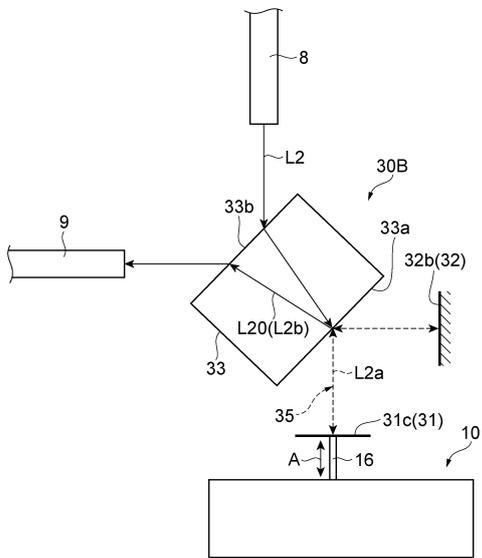
【 図 3 】



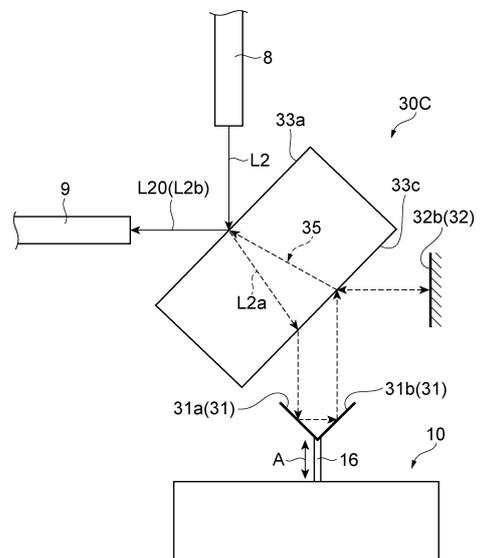
【 図 4 】



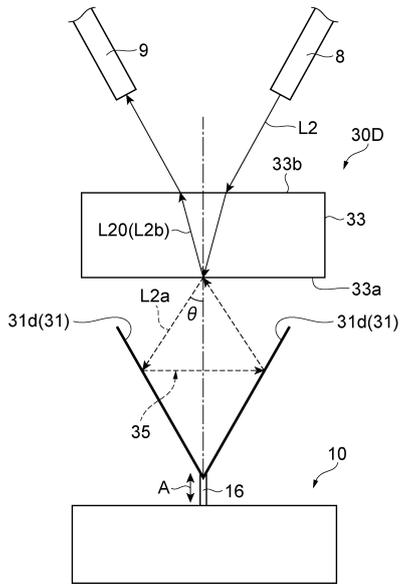
【 図 5 】



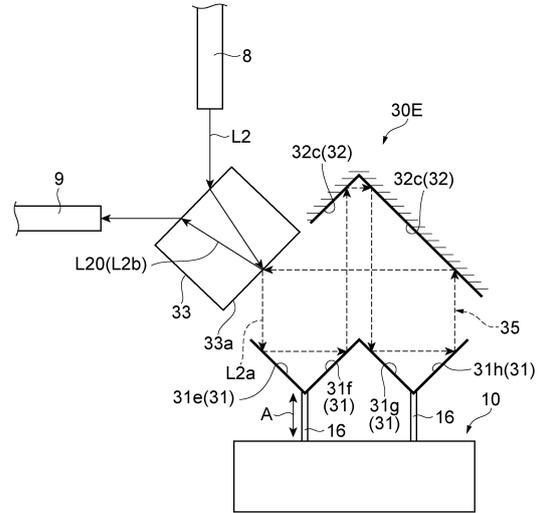
【 図 6 】



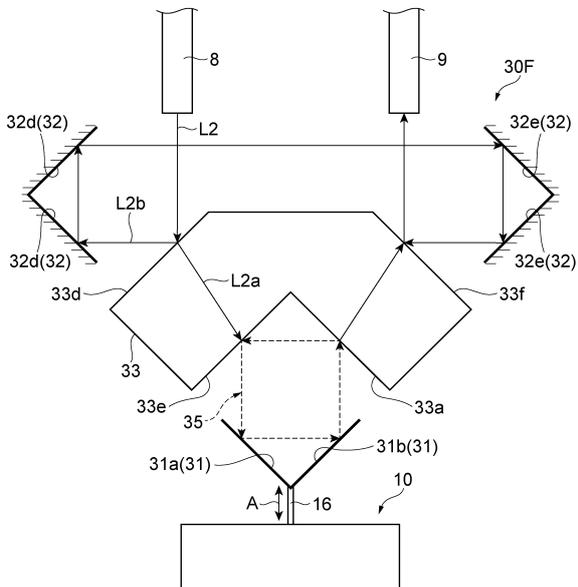
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



---

フロントページの続き

審査官 外山 未琴

- (56)参考文献 特表2016-515946(JP,A)  
特開2008-102132(JP,A)  
特開2008-157759(JP,A)  
特開2012-242450(JP,A)  
特開昭63-241435(JP,A)  
米国特許出願公開第2011/0176138(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 26/06 - 26/08

G01B 9/02

G01B 11/00

G01J 3/45