

(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2019-133187  
(P2019-133187A)

(43) 公開日 令和1年8月8日(2019.8.8)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G02B 26/06 (2006.01)</b>	G02B 26/06	2H141
<b>B81B 3/00 (2006.01)</b>	B81B 3/00	3C081

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 37 頁)

(21) 出願番号	特願2019-76350 (P2019-76350)	(71) 出願人	000236436 浜松ホトニクス株式会社
(22) 出願日	平成31年4月12日 (2019.4.12)		静岡県浜松市東区市野町1126番地の1
(62) 分割の表示	特願2019-503580 (P2019-503580) の分割	(74) 代理人	100088155 弁理士 長谷川 芳樹
原出願日	平成30年7月6日 (2018.7.6)		
(31) 優先権主張番号	特願2017-133089 (P2017-133089)	(74) 代理人	100113435 弁理士 黒木 義樹
(32) 優先日	平成29年7月6日 (2017.7.6)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)	(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

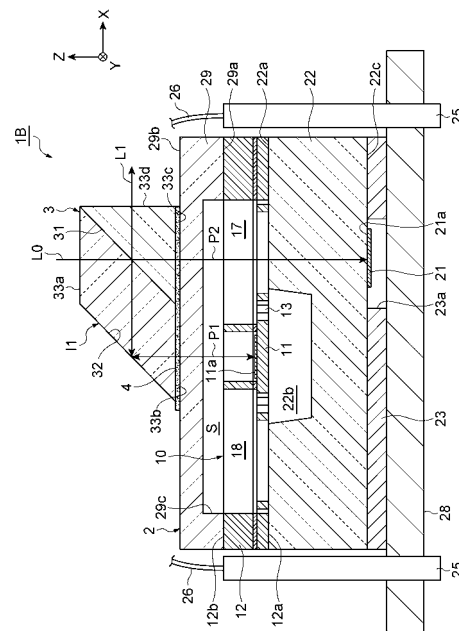
(54) 【発明の名称】 ミラーユニット

(57) 【要約】

【課題】ベースの第1主面に平行な平面に沿ったミラー面を有し、第1主面に垂直な第1方向に沿って移動可能となるようにベースにおいて支持された可動ミラーを備えるミラーユニットを提供する。

【解決手段】ミラーユニットは、互いに対向する第1主面及び第2主面を有するベースと、第1主面に平行な平面に沿ったミラー面を有し、第1主面に垂直な第1方向に沿って移動可能となるようにベースにおいて支持された可動ミラーと、第1方向に沿って可動ミラーを移動させる駆動部と、第1主面に固定された第1表面、並びに、可動ミラー及び駆動部に対応するように第1表面に形成された第1凹部を有する第1部材と、第2主面に固定された第2表面、並びに、可動ミラー及び駆動部に対応するように第2表面に形成された第2凹部を有する第2部材と、を備える。

【選択図】 図5



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

互いに対向する第 1 主面及び第 2 主面を有するベースと、  
前記第 1 主面に平行な平面に沿ったミラー面を有し、前記第 1 主面に垂直な第 1 方向に沿って移動可能となるように前記ベースにおいて支持された可動ミラーと、  
前記第 1 方向に沿って前記可動ミラーを移動させる駆動部と、  
前記第 1 主面に固定された第 1 表面、並びに、前記可動ミラー及び前記駆動部に対応するように前記第 1 表面に形成された第 1 凹部を有する第 1 部材と、  
前記第 2 主面に固定された第 2 表面、並びに、前記可動ミラー及び前記駆動部に対応するように前記第 2 表面に形成された第 2 凹部を有する第 2 部材と、を備える、ミラーユニット。

10

**【請求項 2】**

前記ベース、前記第 1 部材及び前記第 2 部材は、気密空間を形成している、請求項 1 に記載のミラーユニット。

**【請求項 3】**

前記第 1 凹部は、前記可動ミラー及び前記駆動部に近づくほど広がるように前記第 1 表面に形成されている、請求項 1 又は 2 に記載のミラーユニット。

**【請求項 4】**

前記第 2 部材は、光透過性を有している、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載のミラーユニット。

20

**【請求項 5】**

前記ベースには、複数の電極パッドが設けられており、  
前記複数の電極パッドは、前記ベースの長手方向に沿って並んでいる、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のミラーユニット。

**【請求項 6】**

前記複数の電極パッドは、前記ベースのうち前記可動ミラー及び前記駆動部の両側の部分において前記長手方向に沿って並んでいる、請求項 5 に記載のミラーユニット。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本開示は、光モジュールに関する。

30

**【背景技術】****【0002】**

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知られている (例えば、特許文献 1 参照)。このような光モジュールは、高精度な光学配置が実現された FTIR (フーリエ変換型赤外分光分析器) 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】**

40

【特許文献 1】特表 2012-524295 号公報

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

しかし、上述したような光モジュールには、例えば可動ミラーのミラー面のサイズが SOI 基板に対する深堀加工の達成度に依存する点で、次のような課題がある。すなわち、SOI 基板に対する深堀加工の達成度は最大でも 500  $\mu\text{m}$  程度であるため、可動ミラーのミラー面の大型化によって FTIR における感度を向上させるのには限界がある。その一方で、ミラー面の大型化に伴って可動ミラーが大型化すると、可動ミラーの可動性能が低下したり、モジュール全体が大型化したりするおそれがある。

50

## 【0005】

本開示は、可動ミラーのミラー面の大型化を図りつつも、可動ミラーの可動性能の低下及びモジュール全体の大型化を抑制することができる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】

本開示の一側面の光モジュールは、ミラーユニットと、ビームスプリッタユニットと、を備え、ミラーユニットは、主面を有するベースと、主面に平行な平面に沿ったミラー面を有し、主面に垂直な第1方向に沿って移動可能となるようにベースにおいて支持された可動ミラーと、主面に平行な平面に沿ったミラー面を有し、ベースに対する位置が固定された第1固定ミラーと、第1方向に沿って可動ミラーを移動させる駆動部と、を有し、ビームスプリッタユニットは、可動ミラー及び第1固定ミラーと共に測定光について第1干渉光学系を構成しており、可動ミラーのミラー面及び第1固定ミラーのミラー面は、第1方向における一方の側に向いており、ミラーユニットにおいては、可動ミラー及び駆動部、並びに、ビームスプリッタユニットと第1固定ミラーとの間の光路の少なくとも一部が、気密空間に配置されている。

10

## 【0007】

この光モジュールでは、可動ミラーが、ベースの主面に平行な平面に沿ったミラー面を有している。これにより、可動ミラーのミラー面の大型化を図ることができる。また、ミラーユニットにおいて、可動ミラー及び駆動部が、気密空間に配置されている。これにより、可動ミラーを移動させる駆動部が外部環境の影響を受け難くなるため、可動ミラーの可動性能が低下するのを抑制することができる。更に、可動ミラーのミラー面及び第1固定ミラーのミラー面が、第1方向における一方の側に向いている。これにより、例えば、可動ミラーのミラー面及び第1固定ミラーのミラー面が互いに直交する位置関係にある場合に比べ、第1方向におけるミラーユニットの高さを抑えることができる。しかも、ビームスプリッタユニットと第1固定ミラーとの間の光路の少なくとも一部が、気密空間に配置されている。これにより、第1方向に垂直な方向におけるミラーユニットの幅を抑えることができる。以上により、この光モジュールによれば、可動ミラーのミラー面の大型化を図りつつも、可動ミラーの可動性能の低下及びモジュール全体の大型化を抑制することができる。

20

30

## 【0008】

本開示の一側面の光モジュールでは、ミラーユニットは、光透過性を有する支持体を更に有し、ベースは、支持体によって支持されており、第1固定ミラーは、支持体におけるベースとは反対側の表面に配置されており、支持体は、ビームスプリッタユニットと可動ミラーとの間の第1光路と、ビームスプリッタユニットと第1固定ミラーとの間の第2光路との間の光路差を補正してもよい。これによれば、測定光の干渉光を容易に且つ高精度で得ることができる。しかも、光路差を補正する光透過部材を別途設ける必要もない。

## 【0009】

本開示の一側面の光モジュールでは、ミラーユニットは、ベース、可動ミラー、第1固定ミラー、駆動部及び支持体を収容するパッケージを更に有し、パッケージは、光透過性を有する壁を含み、ビームスプリッタユニットは、壁によって支持されており、気密空間は、パッケージによって形成されていてもよい。これによれば、光透過性を有する壁を含む簡易なパッケージによって、気密空間の形成及びビームスプリッタユニットの支持の両方を実現することができる。

40

## 【0010】

本開示の一側面の光モジュールでは、ミラーユニットは、ベース、可動ミラー、第1固定ミラー、駆動部及び支持体を収容するパッケージを更に有し、パッケージは、第1光路及び第2光路が通る少なくとも1つの開口が形成された壁を含み、ビームスプリッタユニットは、少なくとも1つの開口を塞いだ状態で、壁によって支持されており、気密空間は、パッケージ及びビームスプリッタユニットによって形成されていてもよい。これによれ

50

ば、少なくとも1つの開口が形成された壁を含む簡易なパッケージによって、気密空間の形成及びビームスプリッタユニットの支持の両方を実現することができる。

【0011】

本開示の一側面の光モジュールでは、ミラーユニットは、ベース、可動ミラー、第1固定ミラー、駆動部及び支持体を収容するパッケージと、ビームスプリッタユニットを支持する支持構造と、を更に有し、パッケージは、光透過性を有する壁を含み、ビームスプリッタユニットは、壁から離間した状態で、支持構造によって支持されており、気密空間は、パッケージによって形成されていてもよい。これによれば、ビームスプリッタユニットを支持する支持構造がパッケージとは別に設けられているため、ビームスプリッタユニットのレイアウトの自由度を向上させることができる。

10

【0012】

本開示の一側面の光モジュールでは、ミラーユニットは、光透過性を有する壁を更に有し、ビームスプリッタユニットは、壁によって支持されており、気密空間は、ベース、支持体及び壁によって形成されていてもよい。これによれば、ベース及び支持体が、気密空間を形成するパッケージの一部として機能するため、例えば、ベース及び支持体を収容するパッケージを別途設ける場合に比べ、モジュール全体の大型化を抑制することができる。

【0013】

本開示の一側面の光モジュールでは、ミラーユニットは、第1光路及び第2光路が通る少なくとも1つの開口が形成された壁を更に有し、ビームスプリッタユニットは、少なくとも1つの開口を塞いだ状態で、壁によって支持されており、気密空間は、ベース、支持体、壁及びビームスプリッタユニットによって形成されていてもよい。これによれば、ベース及び支持体が、気密空間を形成するパッケージの一部として機能するため、例えば、ベース及び支持体を収容するパッケージを別途設ける場合に比べ、モジュール全体の大型化を抑制することができる。

20

【0014】

本開示の一側面の光モジュールでは、ミラーユニットは、光透過性を有する壁と、ビームスプリッタユニットを支持する支持構造と、を更に有し、ビームスプリッタユニットは、壁から離間した状態で、支持構造によって支持されており、気密空間は、ベース、支持体及び壁によって形成されていてもよい。これによれば、ベース及び支持体が、気密空間を形成するパッケージの一部として機能するため、例えば、ベース及び支持体を収容するパッケージを別途設ける場合に比べ、モジュール全体の大型化を抑制することができる。また、ミラーユニットが、光透過性を有する壁とは別に、ビームスプリッタユニットを支持する支持構造を含むため、ビームスプリッタユニットのレイアウトの自由度を向上させることができる。

30

【0015】

本開示の一側面の光モジュールでは、ミラーユニットにおいては、可動ミラーのミラー面及び第1固定ミラーのミラー面が、主面に平行な同一の平面に沿って配置されており、ビームスプリッタユニットは、ビームスプリッタユニットと可動ミラーとの間の第1光路と、ビームスプリッタユニットと第1固定ミラーとの間の第2光路との間の光路差を補正してもよい。これによれば、例えば、光路差を補正する光透過部材を別途設ける場合に比べ、第1方向におけるミラーユニットの高さを抑えることができる。

40

【0016】

本開示の一側面の光モジュールでは、ミラーユニットは、ベース、可動ミラー、第1固定ミラー及び駆動部を収容するパッケージを更に有し、パッケージは、光透過性を有する壁を含み、ビームスプリッタユニットは、壁によって支持されており、気密空間は、パッケージによって形成されていてもよい。これによれば、光透過性を有する壁を含む簡易なパッケージによって、気密空間の形成及びビームスプリッタユニットの支持の両方を実現することができる。

【0017】

50

本開示の一側面の光モジュールでは、ミラーユニットは、ベース、可動ミラー、第1固定ミラー及び駆動部を収容するパッケージを更に有し、パッケージは、第1光路及び第2光路が通る少なくとも1つの開口が形成された壁を含み、ビームスプリッタユニットは、少なくとも1つの開口を塞いだ状態で、壁によって支持されており、気密空間は、パッケージ及びビームスプリッタユニットによって形成されていてもよい。これによれば、少なくとも1つの開口が形成された壁を含む簡易なパッケージによって、気密空間の形成及びビームスプリッタユニットの支持の両方を実現することができる。

【0018】

本開示の一側面の光モジュールでは、ミラーユニットは、ベース、可動ミラー、第1固定ミラー及び駆動部を収容するパッケージを更に有し、パッケージは、光透過性を有する壁と、ビームスプリッタユニットを支持する支持構造と、を含み、ビームスプリッタユニットは、壁から離間した状態で、支持構造によって支持されており、気密空間は、パッケージによって形成されていてもよい。これによれば、パッケージが、光透過性を有する壁とは別に、ビームスプリッタユニットを支持する支持構造を含むため、ビームスプリッタユニットのレイアウトの自由度を向上させることができる。

10

【0019】

本開示の一側面の光モジュールでは、ミラーユニットは、光透過性を有する壁を更に有し、ビームスプリッタユニットは、壁によって支持されており、気密空間は、ベース及び壁によって形成されていてもよい。これによれば、ベースが、気密空間を形成するパッケージの一部として機能するため、例えば、ベースを収容するパッケージを別途設ける場合に比べ、モジュール全体の大型化を抑制することができる。

20

【0020】

本開示の一側面の光モジュールでは、ミラーユニットは、第1光路及び第2光路が通る少なくとも1つの開口が形成された壁を更に有し、ビームスプリッタユニットは、少なくとも1つの開口を塞いだ状態で、壁によって支持されており、気密空間は、ベース、壁及びビームスプリッタユニットによって形成されていてもよい。これによれば、ベースが、気密空間を形成するパッケージの一部として機能するため、例えば、ベースを収容するパッケージを別途設ける場合に比べ、モジュール全体の大型化を抑制することができる。

【0021】

本開示の一側面の光モジュールでは、ミラーユニットは、光透過性を有する壁と、ビームスプリッタユニットを支持する支持構造と、を更に有し、ビームスプリッタユニットは、壁から離間した状態で、支持構造によって支持されており、気密空間は、ベース及び壁によって形成されていてもよい。これによれば、ベースが、気密空間を形成するパッケージの一部として機能するため、例えば、ベースを収容するパッケージを別途設ける場合に比べ、モジュール全体の大型化を抑制することができる。また、ミラーユニットが、光透過性を有する壁とは別に、ビームスプリッタユニットを支持する支持構造を含むため、ビームスプリッタユニットのレイアウトの自由度を向上させることができる。

30

【0022】

本開示の一側面の光モジュールは、外部から第1干渉光学系に測定光を入射させるように配置された測定光入射部と、第1干渉光学系から外部に測定光を出射させるように配置された測定光出射部と、を更に備えてもよい。これによれば、測定光入射部及び測定光出射部を備えるFTIRを得ることができる。

40

【0023】

本開示の一側面の光モジュールでは、ビームスプリッタユニットは、可動ミラー及び第1固定ミラーと共にレーザ光について第2干渉光学系を構成していてもよい。これによれば、レーザ光の干渉光を検出することで、可動ミラーのミラー面の位置を精度良く計測することができる。また、ビームスプリッタユニットが、可動ミラー及び第1固定ミラーと共に、測定光についての第1干渉光学系、及びレーザ光についての第2干渉光学系を構成している。そのため、ミラーユニットにおいて部品点数を減少させることができる。

【0024】

50

本開示の一側面の光モジュールでは、ミラーユニットは、主面に平行な平面に沿ったミラー面を有し、ベースに対する位置が固定された第2固定ミラーを更に有し、ビームスプリッタユニットは、可動ミラー及び第2固定ミラーと共にレーザ光について第2干渉光学系を構成しており、第2固定ミラーのミラー面は、第1方向における一方の側に向いており、ミラーユニットにおいては、可動ミラー及び駆動部、ビームスプリッタユニットと第1固定ミラーとの間の光路の少なくとも一部、並びに、ビームスプリッタユニットと第2固定ミラーとの間の光路の少なくとも一部が、気密空間に配置されていてもよい。これによれば、レーザ光の干渉光を検出することで、可動ミラーのミラー面の位置を精度良く計測することができる。また、第2固定ミラーのミラー面が、第1固定ミラーのミラー面と同様に、第1方向における一方の側に向いている。そのため、例えば、可動ミラーのミラー面及び第2固定ミラーのミラー面が互いに直交する位置関係にある場合に比べ、第1方向におけるミラーユニットの高さを抑えることができる。しかも、ビームスプリッタユニットと第2固定ミラーとの間の光路の少なくとも一部が、ビームスプリッタユニットと第1固定ミラーとの間の光路の少なくとも一部と同様に、気密空間に配置されている。これにより、第1方向に垂直な方向におけるミラーユニットの幅を抑えることができる。

10

## 【0025】

本開示の一側面の光モジュールは、第2干渉光学系に入射させるレーザ光を発生する光源と、第2干渉光学系から出射されたレーザ光を検出する光検出器と、を更に備えてもよい。これによれば、レーザ光を検出することで可動ミラーの位置を精度良く計測することができるので、より高精度のFTIRを得ることができる。

20

## 【0026】

本開示の一側面の光モジュールでは、ベース、可動ミラーの可動部、及び駆動部は、SOI基板によって構成されてもよい。これによれば、可動ミラーの確実な移動のための構成をSOI基板によって好適に実現することができる。

## 【発明の効果】

## 【0027】

本開示によれば、可動ミラーのミラー面の大型化を図りつつも、可動ミラーの可動性能の低下及びモジュール全体の大型化を抑制することができる光モジュールを提供することが可能となる。

## 【図面の簡単な説明】

30

## 【0028】

【図1】図1は、第1実施形態の光モジュールの縦断面図である。

【図2】図2は、図1に示される光モジュールが備える光学デバイスの縦断面図である。

【図3】図3は、図2に示される光学デバイスの平面図である。

【図4】図4は、図1に示される光モジュールの変形例の縦断面図である。

【図5】図5は、第2実施形態の光モジュールの縦断面図である。

【図6】図6は、図5に示される光モジュールの変形例の縦断面図である。

【図7】図7は、第3実施形態の光モジュールの縦断面図である。

【図8】図8は、図7に示される光モジュールの変形例の縦断面図である。

【図9】図9は、第4実施形態の光モジュールの縦断面図である。

40

【図10】図10は、図9に示される光モジュールの変形例の縦断面図である。

【図11】図11は、図9に示される光モジュールの変形例の縦断面図である。

【図12】図12は、第5実施形態の光モジュールの縦断面図である。

【図13】図13は、図12に示される光モジュールの変形例の縦断面図である。

【図14】図14は、第6実施形態の光モジュールの縦断面図である。

【図15】図15は、図14に示される光モジュールの変形例の縦断面図である。

【図16】図16は、第7実施形態の光モジュールの縦断面図である。

【図17】図17は、図16に示される光モジュールの変形例の縦断面図である。

【図18】図18は、第8実施形態の光モジュールの縦断面図である。

【図19】図19は、図18に示される光モジュールの変形例の縦断面図である。

50

【図 20】図 20 は、図 7 ~ 図 11 に示される光学デバイスの平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

以下、本開示の実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、各図において同一又は相当部分には同一符号を付し、重複する部分を省略する。

[第 1 実施形態]

[光モジュールの構成]

【0030】

図 1 に示されるように、光モジュール 1 A は、ミラーユニット 2 及びビームスプリッタユニット 3 を備えている。ミラーユニット 2 は、光学デバイス 10 及び固定ミラー（第 1 固定ミラー）21 を有している。光学デバイス 10 は、可動ミラー 11 を含んでいる。光モジュール 1 A では、ビームスプリッタユニット 3、可動ミラー 11 及び固定ミラー 21 によって、測定光 L0 について干渉光学系（第 1 干渉光学系）I1 が構成されている。干渉光学系 I1 は、ここでは、マイケルソン干渉光学系である。

10

【0031】

光学デバイス 10 は、可動ミラー 11 に加え、ベース 12、駆動部 13、第 1 光学機能部 17 及び第 2 光学機能部 18 を含んでいる。ベース 12 は、主面 12 a を有している。可動ミラー 11 は、主面 12 a に平行な平面に沿ったミラー面 11 a を有している。可動ミラー 11 は、主面 12 a に垂直な Z 軸方向（Z 軸に平行な方向、第 1 方向）に沿って移動可能となるようにベース 12 において支持されている。駆動部 13 は、Z 軸方向に沿って可動ミラー 11 を移動させる。第 1 光学機能部 17 は、Z 軸方向から見た場合に、Z 軸方向に垂直な X 軸方向（X 軸に平行な方向、第 2 方向）における可動ミラー 11 の一方の側に配置されている。第 2 光学機能部 18 は、Z 軸方向から見た場合に、X 軸方向における可動ミラー 11 の他方の側に配置されている。第 1 光学機能部 17 及び第 2 光学機能部 18 のそれぞれは、ベース 12 に設けられた光通過開口部であり、Z 軸方向における一方の側及び他方の側に開口している。

20

【0032】

固定ミラー 21 は、主面 12 a に平行な平面に沿ったミラー面 21 a を有している。固定ミラー 21 は、ベース 12 に対する位置が固定されている。ミラーユニット 2 においては、可動ミラー 11 のミラー面 11 a 及び固定ミラー 21 のミラー面 21 a が、Z 軸方向における一方の側（ビームスプリッタユニット 3 側）に向いている。

30

【0033】

ミラーユニット 2 は、光学デバイス 10 及び固定ミラー 21 に加え、支持体 22、サブマウント 23 及びパッケージ 24 を有している。パッケージ 24 は、光学デバイス 10（可動ミラー 11、ベース 12 及び駆動部 13）、固定ミラー 21、支持体 22 及びサブマウント 23 を収容している。パッケージ 24 は、底壁 241、側壁 242 及び天壁（壁）243 を含んでいる。パッケージ 24 は、例えば、直方体箱状に形成されている。パッケージ 24 は、例えば、30 × 25 × 10（厚さ）mm 程度のサイズを有している。底壁 241 及び側壁 242 は、一体的に形成されている。天壁 243 は、Z 軸方向において底壁 241 と対向しており、側壁 242 に気密に固定されている。天壁 243 は、測定光 L0 に対して光透過性を有している。ミラーユニット 2 では、パッケージ 24 によって気密空間 S が形成されている。気密空間 S は、例えば、高い真空度が維持された気密な空間、或いは窒素等の不活性ガスが充填された気密な空間である。

40

【0034】

底壁 241 の内面には、サブマウント 23 を介して、支持体 22 が固定されている。支持体 22 は、例えば、矩形板状に形成されている。支持体 22 は、測定光 L0 に対して光透過性を有している。支持体 22 におけるサブマウント 23 とは反対側の表面 22 a には、光学デバイス 10 のベース 12 が固定されている。つまり、ベース 12 は、支持体 22 によって支持されている。支持体 22 の表面 22 a には、凹部 22 b が形成されており、光学デバイス 10 と天壁 243 との間には、隙間（気密空間 S の一部）が形成されている

50

。これにより、可動ミラー 11 が Z 軸方向に沿って移動させられた際に、可動ミラー 11 及び駆動部 13 が支持体 22 及び天壁 243 に接触することが防止される。

【0035】

サブマウント 23 には、開口 23a が形成されている。固定ミラー 21 は、開口 23a 内に位置するように、支持体 22 におけるサブマウント 23 側の表面 22c に配置されている。つまり、固定ミラー 21 は、支持体 22 におけるベース 12 とは反対側の表面 22c に配置されている。固定ミラー 21 は、Z 軸方向から見た場合に、X 軸方向における可動ミラー 11 の一方の側に配置されている。固定ミラー 21 は、Z 軸方向から見た場合に、光学デバイス 10 の第 1 光学機能部 17 と重なっている。

【0036】

ミラーユニット 2 は、複数のリードピン 25 及び複数のワイヤ 26 を更に有している。各リードピン 25 は、底壁 241 を貫通した状態で、底壁 241 に気密に固定されている。各リードピン 25 は、ワイヤ 26 を介して駆動部 13 と電氣的に接続されている。ミラーユニット 2 では、可動ミラー 11 を Z 軸方向に沿って移動させるための電気信号が、複数のリードピン 25 及び複数のワイヤ 26 を介して駆動部 13 に付与される。

【0037】

ビームスプリッタユニット 3 は、パッケージ 24 の天壁 243 によって支持されている。具体的には、ビームスプリッタユニット 3 は、天壁 243 における光学デバイス 10 とは反対側の表面 243a に光学樹脂 4 によって固定されている。光学樹脂 4 は、測定光 L0 に対して光透過性を有している。

【0038】

ビームスプリッタユニット 3 は、ハーフミラー面 31、全反射ミラー面 32 及び複数の光学面 33a, 33b, 33c, 33d を有している。ビームスプリッタユニット 3 は、複数の光学ブロックが接合されることで構成されている。ハーフミラー面 31 は、例えば誘電体多層膜によって形成されている。全反射ミラー面 32 は、例えば金属膜によって形成されている。

【0039】

光学面 33a は、例えば Z 軸方向に垂直な面であり、Z 軸方向から見た場合に光学デバイス 10 の第 1 光学機能部 17 及び固定ミラー 21 のミラー面 21a と重なっている。光学面 33a は、Z 軸方向に沿って入射した測定光 L0 を透過させる。

【0040】

ハーフミラー面 31 は、例えば光学面 33a に対して 45° 傾斜した面であり、Z 軸方向から見た場合に光学デバイス 10 の第 1 光学機能部 17 及び固定ミラー 21 のミラー面 21a と重なっている。ハーフミラー面 31 は、Z 軸方向に沿って光学面 33a に入射した測定光 L0 の一部を X 軸方向に沿って反射し且つ当該測定光 L0 の残部を Z 軸方向に沿って固定ミラー 21 側に透過させる。

【0041】

全反射ミラー面 32 は、ハーフミラー面 31 に平行な面であり、Z 軸方向から見た場合に可動ミラー 11 のミラー面 11a と重なっており且つ X 軸方向から見た場合にハーフミラー面 31 と重なっている。全反射ミラー面 32 は、ハーフミラー面 31 によって反射された測定光 L0 の一部を Z 軸方向に沿って可動ミラー 11 側に反射する。

【0042】

光学面 33b は、光学面 33a に平行な面であり、Z 軸方向から見た場合に可動ミラー 11 のミラー面 11a と重なっている。光学面 33b は、全反射ミラー面 32 によって反射された測定光 L0 の一部を Z 軸方向に沿って可動ミラー 11 側に透過させる。

【0043】

光学面 33c は、光学面 33a に平行な面であり、Z 軸方向から見た場合に固定ミラー 21 のミラー面 21a と重なっている。光学面 33c は、ハーフミラー面 31 を透過した測定光 L0 の残部を Z 軸方向に沿って固定ミラー 21 側に透過させる。

【0044】

10

20

30

40

50



光学面 33d は、例えば X 軸方向に垂直な面であり、X 軸方向から見た場合にハーフミラー面 31 及び全反射ミラー面 32 と重なっている。光学面 33d は、測定光 L1 を X 軸方向に沿って透過させる。測定光 L1 は、可動ミラー 11 のミラー面 11a 及び全反射ミラー面 32 で順次に反射されてハーフミラー面 31 を透過した測定光 L0 の一部と、固定ミラー 21 のミラー面 21a 及びハーフミラー面 31 で順次に反射された測定光 L0 の残部との干渉光である。

【0045】

以上のように構成された光モジュール 1A では、光モジュール 1A の外部から光学面 33a を介してビームスプリッタユニット 3 に測定光 L0 が入射すると、測定光 L0 の一部は、ハーフミラー面 31 及び全反射ミラー面 32 で順次に反射されて、可動ミラー 11 のミラー面 11a に向かって進行する。そして、測定光 L0 の一部は、可動ミラー 11 のミラー面 11a で反射されて、同一の光路（後述する光路 P1）上を逆方向に進行し、ビームスプリッタユニット 3 のハーフミラー面 31 を透過する。

10

【0046】

一方、測定光 L0 の残部は、ビームスプリッタユニット 3 のハーフミラー面 31 を透過した後、第 1 光学機能部 17 を通過し、更に、支持体 22 を透過して、固定ミラー 21 のミラー面 21a に向かって進行する。そして、測定光 L0 の残部は、固定ミラー 21 のミラー面 21a で反射されて、同一の光路（後述する光路 P2）上を逆方向に進行し、ビームスプリッタユニット 3 のハーフミラー面 31 で反射される。

20

【0047】

ビームスプリッタユニット 3 のハーフミラー面 31 を透過した測定光 L0 の一部と、ビームスプリッタユニット 3 のハーフミラー面 31 で反射された測定光 L0 の残部とは、干渉光である測定光 L1 となり、測定光 L1 は、ビームスプリッタユニット 3 から光学面 33d を介して光モジュール 1A の外部に出射する。光モジュール 1A によれば、Z 軸方向に沿って可動ミラー 11 を高速で往復動させることができるので、小型且つ高精度の FTIR を提供することができる。

30

【0048】

支持体 22 は、ビームスプリッタユニット 3 と可動ミラー 11 との間の光路（第 1 光路）P1 と、ビームスプリッタユニット 3 と固定ミラー 21 との間の光路（第 2 光路）P2 との間の光路差を補正する。具体的には、光路 P1 は、ハーフミラー面 31 から、全反射ミラー面 32 及び光学面 33b を順次に介して、基準位置に位置する可動ミラー 11 のミラー面 11a に至る光路であって、測定光 L0 の一部が進行する光路である。光路 P2 は、ハーフミラー面 31 から、光学面 33c 及び第 1 光学機能部 17 を順次に介して、固定ミラー 21 のミラー面 21a に至る光路であって、測定光 L0 の残部が進行する光路である。支持体 22 は、光路 P1 の光路長（光路 P1 が通る各媒質の屈折率を考慮した光路長）と光路 P2 の光路長（光路 P2 が通る各媒質の屈折率を考慮した光路長）との差が小さくなるように、光路 P1 と光路 P2 との間の光路差を補正する。支持体 22 は、例えば、ビームスプリッタユニット 3 を構成する各光学ブロックと同一の光透過性材料によって形成することができる。その場合、支持体 22 の厚さ（Z 軸方向における長さ）は、X 軸方向におけるハーフミラー面 31 と全反射ミラー面 32 との距離と同一とすることができる。なお、ミラーユニット 2 においては、可動ミラー 11、駆動部 13、光路 P1 の一部、及び、光路 P2 の一部が、気密空間 S に配置されている。

40

[ 光学デバイスの構成 ]

【0049】

図 2 及び図 3 に示されるように、ベース 12、可動ミラー 11 の可動部、駆動部 13 及び第 1 光学機能部 17 及び第 2 光学機能部 18 は、SOI 基板 50 によって構成されている。つまり、光学デバイス 10 は、SOI 基板 50 によって構成されている。光学デバイス 10 は、例えば、矩形板状に形成されている。光学デバイス 10 は、例えば、15 × 10 × 0.3（厚さ）mm 程度のサイズを有している。SOI 基板 50 は、支持層 51、デバイス層 52 及び中間層 53 を含んでいる。具体的には、支持層 51 は、SOI 基板 50

50

の第1シリコン層である。デバイス層52は、SOI基板50の第2シリコン層である。中間層53は、SOI基板50の絶縁層であり、支持層51とデバイス層52との間に配置されている。可動ミラー11及び駆動部13は、MEMS技術（パターニング及びエッチング）によってデバイス層52の一部に一体的に形成されている。

【0050】

ベース12は、支持層51、デバイス層52及び中間層53によって形成されている。ベース12の主面12aは、デバイス層52における中間層53とは反対側の表面である。ベース12において主面12aと対向する主面12bは、支持層51における中間層53とは反対側の表面である。光モジュール1Aでは、ベース12の主面12aと支持体22の表面22aとが互いに接合されている（図1参照）。

10

【0051】

可動ミラー11は、可動部である本体部111及び壁部112を有している。本体部111は、デバイス層52によって形成されている。本体部111における主面12b側の表面111aには、金属膜が形成されることで、ミラー面11aが設けられている。壁部112は、支持層51及び中間層53によって形成されている。壁部112は、本体部111の表面111aに設けられている。壁部112は、Z軸方向から見た場合にミラー面11aを包囲している。一例として、壁部112は、Z軸方向から見た場合に、本体部111の外縁の内側において当該外縁に沿うように、且つ、Z軸方向から見た場合に、ミラー面11aの外縁の外側において当該外縁に沿うように、本体部111の表面111aに設けられている。

20

【0052】

可動ミラー11は、可動部である一对のブラケット113及び一对のブラケット114を更に有している。一对のブラケット113及び一对のブラケット114は、デバイス層52によって形成されている。一对のブラケット113は、第1光学機能部17側に突出するように、本体部111の側面のうち第1光学機能部17側の領域に設けられている。各ブラケット113は、Z軸方向から見た場合に、同一の側にクランク状に屈曲した形状を呈している。一对のブラケット114は、第2光学機能部18（第1光学機能部17とは反対側）側に突出するように、本体部111の側面のうち第2光学機能部18側の領域に設けられている。各ブラケット114は、Z軸方向から見た場合に、同一の側（ただし、各ブラケット113とは反対側）にクランク状に屈曲した形状を呈している。

30

【0053】

駆動部13は、第1弾性支持部14、第2弾性支持部15及びアクチュエータ部16を有している。第1弾性支持部14、第2弾性支持部15及びアクチュエータ部16は、デバイス層52によって形成されている。

【0054】

第1弾性支持部14及び第2弾性支持部15は、ベース12及び可動ミラー11に接続されている。第1弾性支持部14及び第2弾性支持部15は、Z軸方向に沿って移動可能となるように可動ミラー11を支持している。

【0055】

第1弾性支持部14は、一对の第1レバー141、一对の第2レバー142、複数のトーションバー143、144、145、複数のリンク146、147及び一对のブラケット148を含んでいる。一对の第1レバー141は、可動ミラー11から、Z軸方向及びX軸方向に垂直なY軸方向（Y軸に平行な方向、第3方向）における第1光学機能部17の両側に、ベース12の主面12aに沿って延在している。本実施形態では、一对の第1レバー141は、可動ミラー11と第1光学機能部17との間から、Y軸方向における第1光学機能部17の両側に、ベース12の主面12aに沿って延在している。一对の第1レバー141は、Z軸方向から見た場合に、第1光学機能部17の縁に沿って延在している。一对の第2レバー142は、Y軸方向における第1光学機能部17の両側から、可動ミラー11側に、ベース12の主面12aに沿って延在している。一对の第2レバー142は、Z軸方向から見た場合に、一对の第1レバー141の外側においてX軸方向に沿っ

40

50

て延在している。

【0056】

リンク146は、各第1レバー141における可動ミラー11側の端部141a間に掛け渡されている。リンク147は、各第2レバー142における可動ミラー11とは反対側の端部142a間に掛け渡されている。各リンク146, 147は、Z軸方向から見た場合に、第1光学機能部17の縁に沿って延在している。一对のブラケット148は、可動ミラー11側に突出するように、リンク146における可動ミラー11側の側面に設けられている。各ブラケット148は、Z軸方向から見た場合に、同一の側(ただし、各ブラケット113とは反対側)にクランク状に屈曲した形状を呈している。一方のブラケット148の先端部は、Y軸方向において一方のブラケット113の先端部と対向している。他方のブラケット148の先端部は、Y軸方向において他方のブラケット113の先端部と対向している。

10

【0057】

一方のブラケット148の先端部と一方のブラケット113の先端部との間、及び、他方のブラケット148の先端部と他方のブラケット113の先端部との間には、それぞれ、トーションバー143が掛け渡されている。互いに反対側にクランク状に屈曲したブラケット148とブラケット113との間に、トーションバー143が掛け渡されている。つまり、各第1レバー141の端部141aは、一对のトーションバー143を介して可動ミラー11に接続されている。一对のトーションバー143は、Y軸方向に平行な同一の軸線上に配置されている。

20

【0058】

一方の第1レバー141における可動ミラー11とは反対側の端部141bと一方の第2レバー142の端部142aとの間、及び、他方の第1レバー141における可動ミラー11とは反対側の端部141bと他方の第2レバー142の端部142aとの間には、それぞれ、トーションバー144が掛け渡されている。つまり、各第1レバー141の端部141bは、一对のトーションバー144を介して各第2レバー142の端部142aに接続されている。一对のトーションバー144は、Y軸方向に平行な同一の軸線上に配置されている。

【0059】

一方の第2レバー142における可動ミラー11側の端部142bとベース12との間、及び、他方の第2レバー142における可動ミラー11側の端部142bとベース12との間には、それぞれ、トーションバー145が掛け渡されている。つまり、各第2レバー142の端部142bは、一对のトーションバー145を介してベース12に接続されている。一对のトーションバー145は、Y軸方向に平行な同一の軸線上に配置されている。

30

【0060】

第2弾性支持部15は、一对の第3レバー151、一对の第4レバー152、複数のトーションバー153, 154, 155、複数のリンク156, 157及び一对のブラケット158を含んでいる。一对の第3レバー151は、可動ミラー11から、Y軸方向における第2光学機能部18の両側に、ベース12の主面12aに沿って延在している。本実施形態では、一对の第3レバー151は、可動ミラー11と第2光学機能部18との間から、Y軸方向における第2光学機能部18の両側に延在している。一对の第3レバー151は、Z軸方向から見た場合に、第2光学機能部18の縁に沿って延在している。一对の第4レバー152は、Y軸方向における第2光学機能部18の両側から、可動ミラー11側に、ベース12の主面12aに沿って延在している。一对の第4レバー152は、Z軸方向から見た場合に、一对の第3レバー151の外側においてX軸方向に沿って延在している。

40

【0061】

リンク156は、各第3レバー151における可動ミラー11側の端部151a間に掛け渡されている。リンク157は、各第4レバー152における可動ミラー11とは反対

50

側の端部 152 a 間に掛け渡されている。各リンク 156, 157 は、Z 軸方向から見た場合に、第 2 光学機能部 18 の縁に沿って延在している。一对のブラケット 158 は、可動ミラー 11 側に突出するように、リンク 156 における可動ミラー 11 側の側面に設けられている。各ブラケット 158 は、Z 軸方向から見た場合に、同一の側（ただし、各ブラケット 114 とは反対側）にクランク状に屈曲した形状を呈している。一方のブラケット 158 の先端部は、Y 軸方向において一方のブラケット 114 の先端部と対向している。他方のブラケット 158 の先端部は、Y 軸方向において他方のブラケット 114 の先端部と対向している。

【0062】

一方のブラケット 158 の先端部と一方のブラケット 114 の先端部との間、及び、他方のブラケット 158 の先端部と他方のブラケット 114 の先端部との間には、それぞれ、トーションバー 153 が掛け渡されている。互いに反対側にクランク状に屈曲したブラケット 158 とブラケット 114 との間に、トーションバー 153 が掛け渡されている。つまり、各第 3 レバー 151 の端部 151 a は、一对のトーションバー 153 を介して可動ミラー 11 に接続されている。一对のトーションバー 153 は、Y 軸方向に平行な同一の軸線上に配置されている。

10

【0063】

一方の第 3 レバー 151 における可動ミラー 11 とは反対側の端部 151 b と一方の第 4 レバー 152 の端部 152 a との間、及び、他方の第 3 レバー 151 における可動ミラー 11 とは反対側の端部 151 b と他方の第 4 レバー 152 の端部 152 a との間には、それぞれ、トーションバー 154 が掛け渡されている。つまり、各第 3 レバー 151 の端部 151 b は、一对のトーションバー 154 を介して各第 4 レバー 152 の端部 152 a に接続されている。一对のトーションバー 154 は、Y 軸方向に平行な同一の軸線上に配置されている。

20

【0064】

一方の第 4 レバー 152 における可動ミラー 11 側の端部 152 b とベース 12 との間、及び、他方の第 4 レバー 152 における可動ミラー 11 側の端部 152 b とベース 12 との間には、それぞれ、トーションバー 155 が掛け渡されている。つまり、各第 4 レバー 152 の端部 152 b は、一对のトーションバー 155 を介してベース 12 に接続されている。一对のトーションバー 155 は、Y 軸方向に平行な同一の軸線上に配置されている。

30

【0065】

第 1 光学機能部 17 は、少なくとも、一对の第 1 レバー 141 及び複数のリンク 146, 147 によって、画定されている。第 1 弾性支持部 14 において、X 軸方向における各第 1 レバー 141 の長さ A1 は、ミラー面 11 a の外縁と第 1 光学機能部 17 の縁との間の最短距離 D1 (Z 軸方向から見た場合における最短距離) よりも大きい。Y 軸方向における一对の第 1 レバー 141 間の最大距離 D2 は、Y 軸方向における第 1 光学機能部 17 の最大幅 W1 (Z 軸方向から見た場合における最大幅) に等しい。第 1 光学機能部 17 の縁のうちミラー面 11 a に最も近い部分から、各第 1 レバー 141 の端部 141 b までの距離 D3 (Z 軸方向から見た場合における距離) は、第 1 光学機能部 17 の縁のうちミラー面 11 a から最も遠い部分から、各第 1 レバー 141 の端部 141 b までの距離 D4 (Z 軸方向から見た場合における距離) よりも大きい。

40

【0066】

第 2 光学機能部 18 は、少なくとも、一对の第 3 レバー 151 及び複数のリンク 156, 157 によって、画定されている。第 2 弾性支持部 15 において、X 軸方向における各第 3 レバー 151 の長さ A2 は、ミラー面 11 a の外縁と第 2 光学機能部 18 の縁との間の最短距離 D5 (Z 軸方向から見た場合における最短距離) よりも大きい。Y 軸方向における一对の第 3 レバー 151 間の最大距離 D6 は、Y 軸方向における第 2 光学機能部 18 の最大幅 W2 (Z 軸方向から見た場合における最大幅) に等しい。第 2 光学機能部 18 の縁のうちミラー面 11 a に最も近い部分から、各第 3 レバー 151 の端部 151 b までの

50

距離 D 7 ( Z 軸方向から見た場合における距離 ) は、第 2 光学機能部 1 8 の縁のうちミラー面 1 1 a から最も遠い部分から、各第 3 レバー 1 5 1 の端部 1 5 1 b までの距離 D 8 ( Z 軸方向から見た場合における距離 ) よりも大きい。

【 0 0 6 7 】

第 1 弾性支持部 1 4 と第 2 弾性支持部 1 5 とは、可動ミラー 1 1 の中心を通り且つ X 軸方向に垂直な平面に関して、また、可動ミラー 1 1 の中心を通り且つ Y 軸方向に垂直な平面に関して、互いに対称の構造を有していない。ただし、第 1 弾性支持部 1 4 のうち一对のブラケット 1 4 8 を除いた部分と、第 2 弾性支持部 1 5 のうち一对のブラケット 1 5 8 を除いた部分とは、可動ミラー 1 1 の中心を通り且つ X 軸方向に垂直な平面に関して、また、可動ミラー 1 1 の中心を通り且つ Y 軸方向に垂直な平面に関して、互いに対称の構造を有している。

10

【 0 0 6 8 】

アクチュエータ部 1 6 は、Z 軸方向に沿って可動ミラー 1 1 を移動させる。アクチュエータ部 1 6 は、可動ミラー 1 1 の外縁に沿って配置された一对の櫛歯電極 1 6 1 及び一对の櫛歯電極 1 6 2 を有している。一方の櫛歯電極 1 6 1 は、可動ミラー 1 1 の本体部 1 1 1 の側面のうち、一方のブラケット 1 1 3 と一方のブラケット 1 1 4 との間の領域 1 1 1 b に設けられている。他方の櫛歯電極 1 6 1 は、可動ミラー 1 1 の本体部 1 1 1 の側面のうち、他方のブラケット 1 1 3 と他方のブラケット 1 1 4 との間の領域 1 1 1 c に設けられている。一方の櫛歯電極 1 6 2 は、ベース 1 2 のデバイス層 5 2 の側面うち、本体部 1 1 1 の領域 1 1 1 b から離間した状態で当該領域 1 1 1 b に沿うように延在する領域に設けられている。他方の櫛歯電極 1 6 2 は、ベース 1 2 のデバイス層 5 2 の側面うち、本体部 1 1 1 の領域 1 1 1 c から離間した状態で当該領域 1 1 1 c に沿うように延在する領域に設けられている。一方の櫛歯電極 1 6 1 及び一方の櫛歯電極 1 6 2 においては、一方の櫛歯電極 1 6 1 の各櫛歯が一方の櫛歯電極 1 6 2 の各櫛歯間に位置している。他方の櫛歯電極 1 6 1 及び他方の櫛歯電極 1 6 2 においては、他方の櫛歯電極 1 6 1 の各櫛歯が他方の櫛歯電極 1 6 2 の各櫛歯間に位置している。

20

【 0 0 6 9 】

ベース 1 2 には、複数の電極パッド 1 2 1 , 1 2 2 が設けられている。各電極パッド 1 2 1 , 1 2 2 は、デバイス層 5 2 に至るようにベース 1 2 の主面 1 2 b に形成された開口 1 2 c 内において、デバイス層 5 2 の表面に形成されている。各電極パッド 1 2 1 は、第 1 弾性支持部 1 4 及び可動ミラー 1 1 の本体部 1 1 1 を介して、又は、第 2 弾性支持部 1 5 及び可動ミラー 1 1 の本体部 1 1 1 を介して、櫛歯電極 1 6 1 と電氣的に接続されている。各電極パッド 1 2 2 は、デバイス層 5 2 を介して、櫛歯電極 1 6 2 と電氣的に接続されている。ワイヤ 2 6 は、各電極パッド 1 2 1 , 1 2 2 と各リードピン 2 5 との間に掛け渡されている。

30

【 0 0 7 0 】

以上のように構成された光学デバイス 1 0 では、複数のリードピン 2 5 及び複数のワイヤ 2 6 を介して、複数の電極パッド 1 2 1 と複数の電極パッド 1 2 2 との間に電圧が印加されると、例えば Z 軸方向における一方の側に可動ミラー 1 1 を移動させるように、互いに対向する櫛歯電極 1 6 1 及び櫛歯電極 1 6 2 間に静電気力が生じる。このとき、第 1 弾性支持部 1 4 及び第 2 弾性支持部 1 5 において各トーションバー 1 4 3 , 1 4 4 , 1 4 5 , 1 5 3 , 1 5 4 , 1 5 5 が捩れて、第 1 弾性支持部 1 4 及び第 2 弾性支持部 1 5 に弾性力が生じる。光学デバイス 1 0 では、複数のリードピン 2 5 及び複数のワイヤ 2 6 を介して駆動部 1 3 に周期的な電気信号を付与することで、Z 軸方向に沿って可動ミラー 1 1 をその共振周波数レベルで往復動させることができる。このように、駆動部 1 3 は、静電アクチュエータとして機能する。

40

[ 作用及び効果 ]

【 0 0 7 1 】

光モジュール 1 A では、可動ミラー 1 1 が、ベース 1 2 の主面 1 2 a に平行な平面に沿ったミラー面 1 1 a を有している。これにより、可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a の大型

50

化を図ることができる。また、ミラーユニット2において、可動ミラー11及び駆動部13が、気密空間Sに配置されている。これにより、可動ミラー11を移動させる駆動部13が外部環境の影響を受け難くなるため、可動ミラー11の可動性能が低下するのを抑制することができる。更に、可動ミラー11のミラー面11a及び固定ミラー21のミラー面21aが、主面12aに垂直なZ軸方向における一方の側に向いている。これにより、例えば、可動ミラー11のミラー面11a及び固定ミラー21のミラー面21aが互いに直交する位置関係にある場合に比べ、Z軸方向におけるミラーユニット2の高さを抑えることができる。しかも、ビームスプリッタユニット3と可動ミラー11との間の光路P1の一部に加え、ビームスプリッタユニット3と固定ミラー21との間の光路P2の一部が、気密空間Sに配置されている。これにより、Z軸方向に垂直な方向（光モジュール1Aでは、X軸方向）におけるミラーユニット2の幅を抑えることができる。以上により、光モジュール1Aによれば、可動ミラー11のミラー面11aの大型化を図りつつも、可動ミラー11の可動性能の低下及びモジュール全体の大型化を抑制することができる。

10

**【0072】**

光モジュール1Aでは、光学デバイス10のベース12を支持すると共に表面22cに固定ミラー21が配置された支持体22が、ビームスプリッタユニット3と可動ミラー11との間の光路P1と、ビームスプリッタユニット3と固定ミラー21との間の光路P2との間の光路差を補正する。これにより、測定光L0の干渉光（すなわち、測定光L1）を容易に且つ高精度で得ることができる。しかも、光路差を補正する光透過部材を別途設ける必要もない。

20

**【0073】**

光モジュール1Aでは、パッケージ24が、光透過性を有する天壁243を含み、ビームスプリッタユニット3が、パッケージ24の天壁243によって支持されており、気密空間Sが、パッケージ24によって形成されている。これにより、光透過性を有する天壁243を含む簡易なパッケージ24によって、気密空間Sの形成及びビームスプリッタユニット3の支持の両方を実現することができる。

**【0074】**

光モジュール1Aでは、ベース12、可動ミラー11の本体部111、壁部112、及び複数のブラケット113、114、並びに、駆動部13が、SOI基板50によって構成されている。これにより、可動ミラー11の確実な移動のための構成をSOI基板50によって好適に実現することができる。

30

**【0075】**

光学デバイス10では、第1弾性支持部14が、可動ミラー11から第1光学機能部17の両側に主面12aに沿って延在する一対の第1レバー141を有しており、可動ミラー11と第1光学機能部17とが並ぶX軸方向における各第1レバー141の長さが、ミラー面11aの外縁と第1光学機能部17の縁との間の最短距離よりも大きい。これにより、可動ミラー11と第1光学機能部17との間の距離の増大が抑制されるため、装置全体の大型化を抑制することができる。更に、第1弾性支持部14において各第1レバー141の長さが確保されるため、可動ミラー11の可動性能の低下を抑制することができる。以上により、光学デバイス10によれば、可動ミラー11のミラー面11aの大型化を図りつつも、可動ミラー11の可動性能の低下及び装置全体の大型化を抑制することができる。

40

**【0076】**

光学デバイス10では、Y軸方向における一対の第1レバー141間の最大距離が、Y軸方向における第1光学機能部17の最大幅に等しい。これにより、可動ミラー11と第1光学機能部17との間の距離の増大の抑制と、各第1レバー141の長さの確保とを、よりバランス良く実現することができる。

**【0077】**

光学デバイス10では、第1光学機能部17の縁のうちミラー面11aに最も近い部分から、各第1レバー141における可動ミラー11とは反対側の端部141bまでの距離

50

が、第1光学機能部17の縁のうちミラー面11aから最も遠い部分から、各第1レバー141における可動ミラー11とは反対側の端部141bまでの距離よりも大きい。これにより、可動ミラー11と第1光学機能部17との間の距離の増大の抑制と、各第1レバー141の長さの確保とを、よりバランス良く実現することができる。

【0078】

光学デバイス10では、第1弾性支持部14が、Y軸方向における第1光学機能部17の両側から可動ミラー11側に主面12aに沿って延在する一对の第2レバー142を更に有しており、一对の第1レバー141、一对の第2レバー142及びベース12の相互間の接続が、複数のトーシヨンバー143, 144, 145を介して実現されている。同様に、第2弾性支持部15が、一对の第3レバー151に加え、一对の第4レバー152を有しており、一对の第3レバー151、一对の第4レバー152及びベース12の相互間の接続が、複数のトーシヨンバー153, 154, 155を介して実現されている。これにより、可動ミラー11の可動範囲の増大、及び可動ミラー11の可動効率の向上(可動ミラー11の駆動に要する駆動力の低減)を図ることができる。

10

【0079】

光学デバイス10では、各第1レバー141における可動ミラー11側の端部141aが、Y軸方向に平行な同一の軸線上に配置された複数のトーシヨンバー143を介して可動ミラー11に接続されている。同様に、各第3レバー151における可動ミラー11側の端部151aが、Y軸方向に平行な同一の軸線上に配置された複数のトーシヨンバー153を介して可動ミラー11に接続されている。これにより、同一の軸線上に配置された各トーシヨンバー143の長さを短くすることができる。同様に、同一の軸線上に配置された各トーシヨンバー153の長さを短くすることができる。その結果、X軸方向への可動ミラー11の移動、及びZ軸方向に平行な軸線回りの可動ミラー11の回転を抑制することができる。

20

【0080】

光学デバイス10では、第1弾性支持部14において、各第1レバー141における可動ミラー11側の端部141a間にリンク146が掛け渡されており、各第2レバー142における可動ミラー11とは反対側の端部142a間にリンク147が掛け渡されている。同様に、第2弾性支持部15において、各第3レバー151における可動ミラー11側の端部151a間にリンク156が掛け渡されており、各第4レバー152における可動ミラー11とは反対側の端部152a間にリンク157が掛け渡されている。これにより、可動ミラー11の移動の安定性を向上させることができる。また、各リンク146, 147が、Z軸方向から見た場合に、第1光学機能部17の縁に沿って延在している。これにより、装置全体の大型化を抑制することができる。

30

【0081】

光学デバイス10では、アクチュエータ部16が、可動ミラー11の外縁に沿って配置された櫛歯電極161, 162を有している。これにより、櫛歯電極161, 162によって生じる静電気力を可動ミラー11の駆動力として効率良く利用することができる。

【0082】

光学デバイス10では、可動ミラー11の本体部111に、Z軸方向から見た場合にミラー面11aを包囲する壁部112が設けられている。これにより、壁部112が梁として機能するため、本体部111の薄型化を図りつつも、ミラー面11aの変形(反り、撓み等)を抑制することができる。

40

[第1実施形態の変形例]

【0083】

図4の(a)に示されるように、気密空間Sは、パッケージ24及びビームスプリッタユニット3によって形成されていてもよい。図4の(a)に示される光モジュール1Aでは、パッケージ24の天壁243に、光路P1が通る開口243b、及び光路P2が通る開口243cが形成されている。各開口243b, 243cは、Z軸方向において天壁243を貫通している。ビームスプリッタユニット3は、各開口243b, 243cを塞い

50

だ状態で、天壁 243 によって支持されている。具体的には、ビームスプリッタユニット 3 は、天壁 243 の表面 243 a に光学樹脂 4 によって固定されている。このような構成によれば、光路 P1 が通る開口 243 b、及び光路 P2 が通る開口 243 c が形成された天壁 243 を含む簡易なパッケージ 24 によって、気密空間 S の形成及びビームスプリッタユニット 3 の支持の両方を実現することができる。なお、図 4 の (a) に示される光モジュール 1 A では、天壁 243 は、測定光 L0 に対して光透過性を有していなくてもよい。また、各開口 243 b, 243 c 内に光学樹脂 4 が入り込まなければ、光学樹脂 4 に代えて、測定光 L0 に対して光透過性を有しない樹脂が用いられてもよい。また、パッケージ 24 の天壁 243 に、複数の光路 P1, P2 が通る 1 つの開口が形成されていてもよい。

10

#### 【0084】

また、図 4 の (b) に示されるように、気密空間 S を形成するパッケージ 24 とは別に、ビームスプリッタユニット 3 を支持する支持構造 27 が設けられていてもよい。図 4 の (b) に示される光モジュール 1 A では、ビームスプリッタユニット 3 は、天壁 243 から離間した状態で、支持構造 27 によって支持されている。具体的には、ビームスプリッタユニット 3 は、支持構造 27 の壁部 271 に形成された凹部 271 a 内にビームスプリッタユニット 3 の一部が配置された状態で、凹部 271 a の内面に光学樹脂 4 によって固定されている。壁部 271 は、Z 軸方向において天壁 243 と対向しており、凹部 271 a は、Z 軸方向において天壁 243 とは反対側に開口している。凹部 271 a の底面には、複数の光路 P1, P2 が通る 1 つの開口 271 b が形成されている。このような構成によれば、ビームスプリッタユニット 3 を支持する支持構造 27 がパッケージ 24 とは別に設けられているため、ビームスプリッタユニット 3 のレイアウトの自由度を向上させることができる。なお、開口 271 b 内に光学樹脂 4 が入り込まなければ、光学樹脂 4 に代えて、測定光 L0 に対して光透過性を有しない樹脂が用いられてもよい。

20

#### [第2実施形態]

#### [光モジュールの構成]

#### 【0085】

図 5 に示されるように、光モジュール 1 B は、ベース 12、支持体 22 及び支持壁 (壁) 29 によって気密空間 S が形成されている点で、図 1 に示される光モジュール 1 A と主に相違している。光モジュール 1 B では、サブマウント 23 が、基板 28 上に固定されており、複数のリードピン 25 が、基板 28 を貫通した状態で、基板 28 に固定されている。

30

#### 【0086】

支持壁 29 は、ベース 12 の主面 12 b に固定されている。支持壁 29 は、例えば、矩形板状に形成されている。支持壁 29 は、測定光 L0 に対して光透過性を有している。支持壁 29 におけるベース 12 側の表面 29 a には、凹部 29 c が形成されている。これにより、可動ミラー 11 が Z 軸方向に沿って移動させられた際に、可動ミラー 11 及び駆動部 13 が支持壁 29 に接触することが防止される。ビームスプリッタユニット 3 は、支持壁 29 によって支持されている。具体的には、ビームスプリッタユニット 3 は、支持壁 29 における光学デバイス 10 とは反対側の表面 29 b に光学樹脂 4 によって固定されている。光学樹脂 4 は、測定光 L0 に対して光透過性を有している。

40

#### [作用及び効果]

#### 【0087】

光モジュール 1 B によれば、上述した光モジュール 1 A と同様の理由により、可動ミラー 11 のミラー面 11 a の大型化を図りつつも、可動ミラー 11 の可動性能の低下及びモジュール全体の大型化を抑制することができる。

#### 【0088】

光モジュール 1 B では、気密空間 S が、ベース 12、支持体 22 及び支持壁 29 によって形成されている。これにより、ベース 12 及び支持体 22 が、気密空間 S を形成するパッケージ 24 の一部として機能するため、例えば、ベース 12 及び支持体 22 を収容する

50



パッケージを別途設ける場合に比べ、モジュール全体の大型化を抑制することができる。

[ 第 2 実施形態の変形例 ]

【 0 0 8 9 】

図 6 の ( a ) に示されるように、気密空間 S は、ベース 1 2、支持体 2 2、支持壁 2 9 及びビームスプリッタユニット 3 によって形成されていてもよい。図 6 の ( a ) に示される光モジュール 1 B では、支持壁 2 9 に、光路 P 1 が通る開口 2 9 d、及び光路 P 2 が通る開口 2 9 e が形成されている。各開口 2 9 d、2 9 e は、Z 軸方向において支持壁 2 9 を貫通している。ビームスプリッタユニット 3 は、各開口 2 9 d、2 9 e を塞いだ状態で、支持壁 2 9 によって支持されている。具体的には、ビームスプリッタユニット 3 は、支持壁 2 9 の表面 2 9 b に光学樹脂 4 によって固定されている。このような構成によれば、ベース 1 2 及び支持体 2 2 が、気密空間 S を形成するパッケージの一部として機能するため、例えば、ベース 1 2 及び支持体 2 2 を収容するパッケージを別途設ける場合に比べ、モジュール全体の大型化を抑制することができる。なお、図 6 の ( a ) に示される光モジュール 1 B では、支持壁 2 9 は、測定光 L 0 に対して光透過性を有していなくてもよい。また、各開口 2 9 d、2 9 e 内に光学樹脂 4 が入り込まなければ、光学樹脂 4 に代えて、測定光 L 0 に対して光透過性を有しない樹脂が用いられてもよい。また、支持壁 2 9 に、複数の光路 P 1、P 2 が通る 1 つの開口が形成されていてもよい。

10

【 0 0 9 0 】

また、図 6 の ( b ) に示されるように、支持壁 2 9 とは別に、ビームスプリッタユニット 3 を支持する支持構造 2 7 が設けられていてもよい。図 6 の ( b ) に示される光モジュール 1 B では、ビームスプリッタユニット 3 は、支持壁 2 9 から離間した状態で、支持構造 2 7 によって支持されている。具体的には、ビームスプリッタユニット 3 は、支持構造 2 7 の壁部 2 7 1 に形成された凹部 2 7 1 a 内にビームスプリッタユニット 3 の一部が配置された状態で、凹部 2 7 1 a の内面に光学樹脂 4 によって固定されている。壁部 2 7 1 は、Z 軸方向において支持壁 2 9 と対向しており、凹部 2 7 1 a は、Z 軸方向において支持壁 2 9 とは反対側に開口している。凹部 2 7 1 a の底面には、複数の光路 P 1、P 2 が通る 1 つの開口 2 7 1 b が形成されている。このような構成によれば、ベース 1 2 及び支持体 2 2 が、気密空間 S を形成するパッケージの一部として機能するため、例えば、ベース 1 2 及び支持体 2 2 を収容するパッケージを別途設ける場合に比べ、モジュール全体の大型化を抑制することができる。また、ミラーユニット 2 が、支持壁 2 9 とは別に、ビームスプリッタユニット 3 を支持する支持構造 2 7 を含むため、ビームスプリッタユニット 3 のレイアウトの自由度を向上させることができる。なお、開口 2 7 1 b 内に光学樹脂 4 が入り込まなければ、光学樹脂 4 に代えて、測定光 L 0 に対して光透過性を有しない樹脂が用いられてもよい。

20

30

[ 第 3 実施形態 ]

[ 光モジュールの構成 ]

【 0 0 9 1 】

図 7 に示されるように、光モジュール 1 C は、可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a 及び固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a が、ベース 1 2 の主面 1 2 a に平行な同一の平面に沿って配置されている点、並びに、ビームスプリッタユニット 3 が、光路 P 1 と光路 P 2 との間の光路差を補正する点で、図 1 に示される光モジュール 1 A と主に相違している。光モジュール 1 C では、パッケージ 2 4 の底壁 2 4 1 の内面に、光学デバイス 1 0 のベース 1 2 が固定されている。光モジュール 1 C では、ベース 1 2 の主面 1 2 a が天壁 2 4 3 の内面と向かい合い、且つベース 1 2 の主面 1 2 b が底壁 2 4 1 の内面と向かい合うように、光学デバイス 1 0 が配置されている。

40

【 0 0 9 2 】

可動ミラー 1 1 を構成する金属膜は、ベース 1 2 の主面 1 2 a を含む可動ミラー 1 1 の平面上に形成されている。固定ミラー 2 1 を構成する金属膜は、ベース 1 2 の主面 1 2 a に形成されている。この場合、固定ミラー 2 1 が第 1 光学機能部 1 7 として機能する。

【 0 0 9 3 】

50

ビームスプリッタユニット 3 は、ハーフミラー面 3 1、全反射ミラー面 3 2 及び複数の光学面 3 3 a, 3 3 b, 3 3 c, 3 3 d に加え、複数の全反射ミラー面 3 4 a, 3 4 b を有している。ビームスプリッタユニット 3 は、複数の光学ブロックが接合されることで構成されている。各全反射ミラー面 3 4 a, 3 4 b は、例えば金属膜によって形成されている。全反射ミラー面 3 4 a は、例えば光学面 3 3 a に対してハーフミラー面 3 1 とは逆側に 45° 傾斜した面であり、Z 軸方向から見た場合にハーフミラー面 3 1 と重なっている。全反射ミラー面 3 4 a は、ハーフミラー面 3 1 を透過した測定光 L 0 の残部を X 軸方向に沿って反射する。全反射ミラー面 3 4 b は、全反射ミラー面 3 4 a に平行な面であり、Z 軸方向から見た場合に固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a と重なっており且つ X 軸方向から見た場合に全反射ミラー面 3 4 a と重なっている。全反射ミラー面 3 4 b は、全反射ミラー面 3 4 a によって反射された測定光 L 0 の残部を Z 軸方向に沿って固定ミラー 2 1 側に反射する。

10

## 【0094】

以上のように構成された光モジュール 1 C では、光モジュール 1 C の外部から光学面 3 3 a を介してビームスプリッタユニット 3 に測定光 L 0 が入射すると、測定光 L 0 の一部は、ハーフミラー面 3 1 及び全反射ミラー面 3 2 で順次に反射されて、可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a に向かって進行する。そして、測定光 L 0 の一部は、可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a で反射されて、同一の光路（光路 P 1）上を逆方向に進行し、ビームスプリッタユニット 3 のハーフミラー面 3 1 を透過する。

20

## 【0095】

一方、測定光 L 0 の残部は、ビームスプリッタユニット 3 のハーフミラー面 3 1 を透過した後、複数の全反射ミラー面 3 4 a, 3 4 b で順次に反射されて、固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a に向かって進行する。そして、測定光 L 0 の残部は、固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a で反射されて、同一の光路（光路 P 2）上を逆方向に進行し、ビームスプリッタユニット 3 のハーフミラー面 3 1 で反射される。

## 【0096】

ビームスプリッタユニット 3 のハーフミラー面 3 1 を透過した測定光 L 0 の一部と、ビームスプリッタユニット 3 のハーフミラー面 3 1 で反射された測定光 L 0 の残部とは、干渉光である測定光 L 1 となり、測定光 L 1 は、ビームスプリッタユニット 3 から光学面 3 3 d を介して光モジュール 1 C の外部に出射する。光モジュール 1 C では、ビームスプリッタユニット 3 が、ビームスプリッタユニット 3 と可動ミラー 1 1 との間の光路 P 1 と、ビームスプリッタユニット 3 と固定ミラー 2 1 との間の光路 P 2 との間の光路差を補正する。

30

## [作用及び効果]

## 【0097】

光モジュール 1 C によれば、上述した光モジュール 1 A と同様の理由により、可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a の大型化を図りつつも、可動ミラー 1 1 の可動性能の低下及びモジュール全体の大型化を抑制することができる。

## 【0098】

光モジュール 1 C では、可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a 及び固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a が、ベース 1 2 の主面 1 2 a に平行な同一の平面に沿って配置されており、ビームスプリッタユニット 3 が、光路 P 1 と光路 P 2 との間の光路差を補正する。これにより、例えば、光路差を補正する光透過部材を別途設ける場合に比べ、Z 軸方向におけるミラーユニット 2 の高さを抑えることができる。

40

## 【0099】

光モジュール 1 C では、ビームスプリッタユニット 3 が、パッケージ 2 4 の天壁 2 4 3 によって支持されており、気密空間 S が、パッケージ 2 4 によって形成されている。これにより、光透過性を有する天壁 2 4 3 を含む簡易なパッケージ 2 4 によって、気密空間 S の形成及びビームスプリッタユニット 3 の支持の両方を実現することができる。

## [第3実施形態の変形例]

50

## 【 0 1 0 0 】

図 8 の ( a ) に示されるように、気密空間 S は、パッケージ 2 4 及びビームスプリッタユニット 3 によって形成されていてもよい。図 8 の ( a ) に示される光モジュール 1 C では、パッケージ 2 4 の天壁 2 4 3 に、光路 P 1 が通る開口 2 4 3 b、及び光路 P 2 が通る開口 2 4 3 c が形成されている。各開口 2 4 3 b、2 4 3 c は、Z 軸方向において天壁 2 4 3 を貫通している。ビームスプリッタユニット 3 は、各開口 2 4 3 b、2 4 3 c を塞いだ状態で、天壁 2 4 3 によって支持されている。具体的には、ビームスプリッタユニット 3 は、天壁 2 4 3 の表面 2 4 3 a に光学樹脂 4 によって固定されている。このような構成によれば、光路 P 1 が通る開口 2 4 3 b、及び光路 P 2 が通る開口 2 4 3 c が形成された天壁 2 4 3 を含む簡易なパッケージ 2 4 によって、気密空間 S の形成及びビームスプリッタユニット 3 の支持の両方を実現することができる。なお、図 8 の ( a ) に示される光モジュール 1 C では、天壁 2 4 3 は、測定光 L 0 に対して光透過性を有していなくてもよい。また、各開口 2 4 3 b、2 4 3 c 内に光学樹脂 4 が入り込まなければ、光学樹脂 4 に代えて、測定光 L 0 に対して光透過性を有しない樹脂が用いられてもよい。また、パッケージ 2 4 の天壁 2 4 3 に、複数の光路 P 1、P 2 が通る 1 つの開口が形成されていてもよい。

10

## 【 0 1 0 1 】

また、図 8 の ( b ) に示されるように、気密空間 S を形成するパッケージ 2 4 とは別に、ビームスプリッタユニット 3 を支持する支持構造 2 7 が設けられていてもよい。図 8 の ( b ) に示される光モジュール 1 C では、ビームスプリッタユニット 3 は、天壁 2 4 3 から離間した状態で、支持構造 2 7 によって支持されている。具体的には、ビームスプリッタユニット 3 は、支持構造 2 7 の壁部 2 7 1 に形成された凹部 2 7 1 a 内にビームスプリッタユニット 3 の一部が配置された状態で、凹部 2 7 1 a の内面に光学樹脂 4 によって固定されている。壁部 2 7 1 は、Z 軸方向において天壁 2 4 3 と対向しており、凹部 2 7 1 a は、Z 軸方向において天壁 2 4 3 とは反対側に開口している。凹部 2 7 1 a の底面には、複数の光路 P 1、P 2 が通る 1 つの開口 2 7 1 b が形成されている。このような構成によれば、ビームスプリッタユニット 3 を支持する支持構造 2 7 がパッケージ 2 4 とは別に設けられているため、ビームスプリッタユニット 3 のレイアウトの自由度を向上させることができる。なお、開口 2 7 1 b 内に光学樹脂 4 が入り込まなければ、光学樹脂 4 に代えて、測定光 L 0 に対して光透過性を有しない樹脂が用いられてもよい。

20

30

[ 第 4 実施形態 ]

[ 光モジュールの構成 ]

## 【 0 1 0 2 】

図 9 に示されるように、光モジュール 1 D は、ベース 1 2、サブマウント 2 3 及び支持壁 ( 壁 ) 2 9 によって気密空間 S が形成されている点で、図 7 に示される光モジュール 1 C と主に相違している。光モジュール 1 D では、サブマウント 2 3 が、基板 2 8 上に固定されており、複数のリードピン 2 5 が、基板 2 8 を貫通した状態で、基板 2 8 に固定されている。

## 【 0 1 0 3 】

支持壁 2 9 は、ベース 1 2 の主面 1 2 a に固定されている。支持壁 2 9 は、例えば、矩形板状に形成されている。支持壁 2 9 は、測定光 L 0 に対して光透過性を有している。支持壁 2 9 におけるベース 1 2 側の表面 2 9 a には、凹部 2 9 c が形成されている。これにより、可動ミラー 1 1 が Z 軸方向に沿って移動させられた際に、可動ミラー 1 1 及び駆動部 1 3 が支持壁 2 9 に接触することが防止される。ビームスプリッタユニット 3 は、支持壁 2 9 によって支持されている。具体的には、ビームスプリッタユニット 3 は、支持壁 2 9 における光学デバイス 1 0 とは反対側の表面 2 9 b に光学樹脂 4 によって固定されている。光学樹脂 4 は、測定光 L 0 に対して光透過性を有している。

40

[ 作用及び効果 ]

## 【 0 1 0 4 】

光モジュール 1 D によれば、上述した光モジュール 1 A と同様の理由により、可動ミラ

50

ー 1 1 のミラー面 1 1 a の大型化を図りつつも、可動ミラー 1 1 の可動性能の低下及びモジュール全体の大型化を抑制することができる。

【 0 1 0 5 】

光モジュール 1 D では、気密空間 S が、ベース 1 2、サブマウント 2 3 及び支持壁 2 9 によって形成されている。これにより、ベース 1 2 が、気密空間 S を形成するパッケージ 2 4 の一部として機能するため、例えば、ベース 1 2 を収容するパッケージを別途設ける場合に比べ、モジュール全体の大型化を抑制することができる。

[ 第 4 実施形態の変形例 ]

【 0 1 0 6 】

図 1 0 の ( a ) に示されるように、気密空間 S は、ベース 1 2、サブマウント 2 3、支持壁 2 9 及びビームスプリッタユニット 3 によって形成されていてもよい。図 1 0 の ( a ) に示される光モジュール 1 D では、支持壁 2 9 に、光路 P 1 が通る開口 2 9 d、及び光路 P 2 が通る開口 2 9 e が形成されている。各開口 2 9 d、2 9 e は、Z 軸方向において支持壁 2 9 を貫通している。ビームスプリッタユニット 3 は、各開口 2 9 d、2 9 e を塞いだ状態で、支持壁 2 9 によって支持されている。具体的には、ビームスプリッタユニット 3 は、支持壁 2 9 の表面 2 9 b に光学樹脂 4 によって固定されている。このような構成によれば、ベース 1 2 が、気密空間 S を形成するパッケージの一部として機能するため、例えば、ベース 1 2 を収容するパッケージを別途設ける場合に比べ、モジュール全体の大型化を抑制することができる。なお、図 1 0 の ( a ) に示される光モジュール 1 D では、支持壁 2 9 は、測定光 L 0 に対して光透過性を有していなくてもよい。また、各開口 2 9 d、2 9 e 内に光学樹脂 4 が入り込まなければ、光学樹脂 4 に代えて、測定光 L 0 に対して光透過性を有しない樹脂が用いられてもよい。また、支持壁 2 9 に、複数の光路 P 1、P 2 が通る 1 つの開口が形成されていてもよい。

【 0 1 0 7 】

また、図 1 0 の ( b ) に示されるように、支持壁 2 9 とは別に、ビームスプリッタユニット 3 を支持する支持構造 2 7 が設けられていてもよい。図 1 0 の ( b ) に示される光モジュール 1 D では、ビームスプリッタユニット 3 は、支持壁 2 9 から離間した状態で、支持構造 2 7 によって支持されている。具体的には、ビームスプリッタユニット 3 は、支持構造 2 7 の壁部 2 7 1 に形成された凹部 2 7 1 a 内にビームスプリッタユニット 3 の一部が配置された状態で、凹部 2 7 1 a の内面に光学樹脂 4 によって固定されている。壁部 2 7 1 は、Z 軸方向において支持壁 2 9 と対向しており、凹部 2 7 1 a は、Z 軸方向において支持壁 2 9 とは反対側に開口している。凹部 2 7 1 a の底面には、複数の光路 P 1、P 2 が通る 1 つの開口 2 7 1 b が形成されている。このような構成によれば、ベース 1 2 が、気密空間 S を形成するパッケージの一部として機能するため、例えば、ベース 1 2 を収容するパッケージを別途設ける場合に比べ、モジュール全体の大型化を抑制することができる。また、ミラーユニット 2 が、支持壁 2 9 とは別に、ビームスプリッタユニット 3 を支持する支持構造 2 7 を含むため、ビームスプリッタユニット 3 のレイアウトの自由度を向上させることができる。なお、開口 2 7 1 b 内に光学樹脂 4 が入り込まなければ、光学樹脂 4 に代えて、測定光 L 0 に対して光透過性を有しない樹脂が用いられてもよい。

【 0 1 0 8 】

また、図 1 1 に示されるように、光モジュール 1 D では、サブマウント 2 3 が設けられていなくてもよい。その場合、サブマウント 2 3 に相当する部分を、ベース 1 2 として支持層 5 1 ( 図 2 参照 ) によって一体的に構成することで、気密空間 S を容易に且つ確実に形成することができる。

[ 第 5 実施形態 ]

[ 光モジュールの構成 ]

【 0 1 0 9 】

図 1 2 に示されるように、光モジュール 1 E は、ビームスプリッタユニット 3 が、可動ミラー 1 1 及び固定ミラー 2 1 と共に、測定光 L 0 についての干渉光学系 I 1、及びレーザ光 L 1 0 についての干渉光学系 ( 第 2 干渉光学系 ) I 2 を構成している点で、図 1 に示

10

20

30

40

50

される光モジュール 1 A と主に相違している。光モジュール 1 E は、光源 5、光検出器 6、複数の回路基板 7、及びハーフミラー 8 を備えている。光源 5 は、干渉光学系 I 2 に入射させるレーザ光 L 1 0 を発生する。光源 5 は、例えばレーザダイオード等によって構成されている。光検出器 6 は、干渉光学系 I 2 から出射されたレーザ光 L 1 1 (レーザ光 L 1 0 の干渉光) を検出する。光検出器 6 は、例えばフォトダイオード等によって構成されている。光源 5 及び光検出器 6 は、別々の回路基板 7 に実装されている。ハーフミラー 8 は、光源 5 から出射されたレーザ光 L 1 0 を透過させ、干渉光学系 I 2 から出射されたレーザ光 L 1 1 を反射する。

【 0 1 1 0 】

ビームスプリッタユニット 3 は、ハーフミラー面 3 1、全反射ミラー面 3 2、ダイクロイックミラー面 3 5 及び複数の光学面 3 6 a, 3 6 b, 3 6 c, 3 6 d を有している。ビームスプリッタユニット 3 は、複数の光学ブロックが接合されることで構成されている。ダイクロイックミラー面 3 5 は、例えば誘電体多層膜によって形成されている。

10

【 0 1 1 1 】

光学面 3 6 a は、例えば X 軸方向に垂直な面である。ハーフミラー面 3 1 は、例えば光学面 3 6 a に対して 45° 傾斜した面であり、Z 軸方向から見た場合に固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a と重なっており且つ X 軸方向から見た場合に光学面 3 6 a と重なっている。全反射ミラー面 3 2 は、ハーフミラー面 3 1 に平行な面であり、Z 軸方向から見た場合に可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a と重なっており且つ X 軸方向から見た場合にハーフミラー面 3 1 と重なっている。

20

【 0 1 1 2 】

光学面 3 6 b は、光学面 3 6 a に垂直な面であり、Z 軸方向から見た場合に可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a と重なっている。光学面 3 6 b は、Z 軸方向において全反射ミラー面 3 2 と可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a との間に位置している。光学面 3 6 c は、光学面 3 6 a に垂直な面であり、Z 軸方向から見た場合に固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a と重なっている。光学面 3 6 c は、Z 軸方向においてハーフミラー面 3 1 と固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a との間に位置している。光学面 3 6 d は、光学面 3 6 a に垂直な面であり、Z 軸方向から見た場合に固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a と重なっている。光学面 3 6 d は、Z 軸方向において、ハーフミラー面 3 1 に対して固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a とは反対側に位置している。

30

【 0 1 1 3 】

光学面 3 6 e は、例えば X 軸方向に垂直な面である。ダイクロイックミラー面 3 5 は、例えば光学面 3 6 e に対してハーフミラー面 3 1 とは逆側に 45° 傾斜した面であり、Z 軸方向から見た場合に固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a と重なっており且つ X 軸方向から見た場合に光学面 3 6 e と重なっている。ダイクロイックミラー面 3 5 は、Z 軸方向において光学面 3 6 d とハーフミラー面 3 1 との間に位置している。

【 0 1 1 4 】

以上のように構成された光モジュール 1 E では、光モジュール 1 E の外部から光学面 3 6 a を介してビームスプリッタユニット 3 に測定光 L 0 が入射すると、測定光 L 0 の一部は、ハーフミラー面 3 1 を透過し、全反射ミラー面 3 2 で反射されて、可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a に向かって進行する。そして、測定光 L 0 の一部は、可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a で反射されて、同一の光路 (光路 P 1) 上を逆方向に進行し、ハーフミラー面 3 1 で反射される。

40

【 0 1 1 5 】

一方、測定光 L 0 の残部は、ハーフミラー面 3 1 で反射された後、第 1 光学機能部 1 7 を通過し、更に、支持体 2 2 を透過して、固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a に向かって進行する。そして、測定光 L 0 の残部は、固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a で反射されて、同一の光路 (光路 P 2) 上を逆方向に進行し、ハーフミラー面 3 1 を透過する。

【 0 1 1 6 】

ハーフミラー面 3 1 で反射された測定光 L 0 の一部と、ハーフミラー面 3 1 を透過した

50

測定光 L 0 の残部とは、干渉光である測定光 L 1 となり、測定光 L 1 は、ダイクロイックミラー面 3 5 を透過して、ビームスプリッタユニット 3 から光学面 3 6 d を介して光モジュール 1 E の外部に出射する。

【 0 1 1 7 】

また、光源 5 から出射されたレーザ光 L 1 0 が、ハーフミラー 8 を透過して、光学面 3 6 e を介してビームスプリッタユニット 3 に入射すると、レーザ光 L 1 0 は、ダイクロイックミラー面 3 5 で反射されて、ハーフミラー面 3 1 に向かって進行する。レーザ光 L 1 0 の一部は、ハーフミラー面 3 1 及び全反射ミラー面 3 2 で順次に反射されて、可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a に向かって進行する。そして、レーザ光 L 1 0 の一部は、可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a で反射されて、同一の光路（光路 P 3）上を逆方向に進行し、ハーフミラー面 3 1 で反射される。

10

【 0 1 1 8 】

一方、レーザ光 L 1 0 の残部は、ハーフミラー面 3 1 を透過した後、第 1 光学機能部 1 7 を通過し、更に、支持体 2 2 を透過して、固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a に向かって進行する。そして、レーザ光 L 1 0 の残部は、固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a で反射されて、同一の光路（光路 P 4）上を逆方向に進行し、ハーフミラー面 3 1 を透過する。

【 0 1 1 9 】

ハーフミラー面 3 1 で反射されたレーザ光 L 1 0 の一部と、ハーフミラー面 3 1 を透過したレーザ光 L 1 0 の残部とは、干渉光であるレーザ光 L 1 1 となり、レーザ光 L 1 1 は、ダイクロイックミラー面 3 5 で反射されて、光学面 3 6 e を介してビームスプリッタユニット 3 から出射する。ビームスプリッタユニット 3 から出射したレーザ光 L 1 1 は、ハーフミラー 8 で反射されて、光検出器 6 に入射し、光検出器 6 で検出される。

20

[ 作用及び効果 ]

【 0 1 2 0 】

光モジュール 1 E によれば、上述した光モジュール 1 A と同様の理由により、可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a の大型化を図りつつも、可動ミラー 1 1 の可動性能の低下及びモジュール全体の大型化を抑制することができる。

【 0 1 2 1 】

光モジュール 1 E では、ビームスプリッタユニット 3 が、可動ミラー 1 1 及び固定ミラー 2 1 と共にレーザ光 L 1 0 について干渉光学系 I 2 を構成している。これにより、レーザ光 L 1 0 の干渉光であるレーザ光 L 1 1 を検出することで、可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a の位置を精度良く計測することができる。また、ビームスプリッタユニット 3 が、可動ミラー 1 1 及び固定ミラー 2 1 と共に、測定光 L 0 についての干渉光学系 I 1、及びレーザ光 L 1 0 についての干渉光学系 I 2 を構成している。そのため、ミラーユニット 2 において部品点数を減少させることができる。

30

[ 第 5 実施形態の変形例 ]

【 0 1 2 2 】

図 1 3 の ( a ) に示されるように、気密空間 S は、パッケージ 2 4 及びビームスプリッタユニット 3 によって形成されていてもよい。図 1 3 の ( a ) に示される光モジュール 1 E では、パッケージ 2 4 の天壁 2 4 3 に、光路 P 1、P 3 が通る開口 2 4 3 b、及び光路 P 2、P 4 が通る開口 2 4 3 c が形成されている。各開口 2 4 3 b、2 4 3 c は、Z 軸方向において天壁 2 4 3 を貫通している。ビームスプリッタユニット 3 は、各開口 2 4 3 b、2 4 3 c を塞いだ状態で、天壁 2 4 3 によって支持されている。具体的には、ビームスプリッタユニット 3 は、天壁 2 4 3 の表面 2 4 3 a に光学樹脂 4 によって固定されている。このような構成によれば、光路 P 1、P 3 が通る開口 2 4 3 b、及び光路 P 2、P 4 が通る開口 2 4 3 c が形成された天壁 2 4 3 を含む簡易なパッケージ 2 4 によって、気密空間 S の形成及びビームスプリッタユニット 3 の支持の両方を実現することができる。なお、図 1 3 の ( a ) に示される光モジュール 1 E では、天壁 2 4 3 は、測定光 L 0 及びレーザ光 L 1 0 に対して光透過性を有していなくてもよい。また、各開口 2 4 3 b、2 4 3 c 内に光学樹脂 4 が入り込まなければ、光学樹脂 4 に代えて、測定光 L 0 及びレーザ光 L 1

40

50

0 に対して光透過性を有しない樹脂が用いられてもよい。また、パッケージ 24 の天壁 243 に、複数の光路 P1, P2, P3, P4 が通る 1 つの開口が形成されていてもよい。

【0123】

また、図 13 の (b) に示されるように、気密空間 S を形成するパッケージ 24 とは別に、ビームスプリッタユニット 3 を支持する支持構造 27 が設けられていてもよい。図 13 の (b) に示される光モジュール 1E では、ビームスプリッタユニット 3 は、天壁 243 から離間した状態で、支持構造 27 によって支持されている。具体的には、ビームスプリッタユニット 3 は、支持構造 27 の壁部 271 に形成された凹部 271a 内にビームスプリッタユニット 3 の一部が配置された状態で、凹部 271a の内面に光学樹脂 4 によって固定されている。壁部 271 は、Z 軸方向において天壁 243 と対向しており、凹部 271a は、Z 軸方向において天壁 243 とは反対側に開口している。凹部 271a の底面には、複数の光路 P1, P2, P3, P4 が通る 1 つの開口 271b が形成されている。このような構成によれば、ビームスプリッタユニット 3 を支持する支持構造 27 がパッケージ 24 とは別に設けられているため、ビームスプリッタユニット 3 のレイアウトの自由度を向上させることができる。なお、開口 271b 内に光学樹脂 4 が入り込まなければ、光学樹脂 4 に代えて、測定光 L0 及びレーザ光 L10 に対して光透過性を有しない樹脂が用いられてもよい。

10

[第 6 実施形態]

[光モジュールの構成]

【0124】

図 14 に示されるように、光モジュール 1F は、ビームスプリッタユニット 3 が、可動ミラー 11 及び固定ミラー 21 と共に、測定光 L0 についての干渉光学系 I1、及びレーザ光 L10 についての干渉光学系 I2 を構成している点で、図 1 に示される光モジュール 1A と主に相違している。光モジュール 1F は、光源 5、光検出器 6 及び回路基板 7 に加え、光検出器 9 を備えている。光検出器 9 は、干渉光学系 I1 から出射された測定光 L1 (測定光 L1 の干渉光) を検出する。光検出器 9 は、例えばフォトダイオード等によって構成されている。光源 5、複数の光検出器 6, 9、及びミラーユニット 2 は、同一の回路基板 7 に実装されている。

20

【0125】

ビームスプリッタユニット 3 は、ハーフミラー面 31、全反射ミラー面 32、ダイクロイックミラー面 35、ハーフミラー面 37、全反射ミラー面 38 及び複数の光学面 33a, 33b, 33c, 33d, 33e, 33f, 33g, 33h を有している。ビームスプリッタユニット 3 は、複数の光学ブロックが接合されることで構成されている。ハーフミラー面 37 は、例えば誘電体多層膜によって形成されている。全反射ミラー面 38 は、例えば金属膜によって形成されている。

30

【0126】

光学面 33a は、例えば Z 軸方向に垂直な面であり、Z 軸方向から見た場合に固定ミラー 21 のミラー面 21a と重なっている。ハーフミラー面 31 は、例えば光学面 33a に対して 45° 傾斜した面であり、Z 軸方向から見た場合に固定ミラー 21 のミラー面 21a と重なっている。ハーフミラー面 31 は、Z 軸方向において光学面 33a と固定ミラー 21 のミラー面 21a との間に位置している。全反射ミラー面 32 は、ハーフミラー面 31 に平行な面であり、Z 軸方向から見た場合に可動ミラー 11 のミラー面 11a と重なっており且つ X 軸方向から見た場合にハーフミラー面 31 と重なっている。

40

【0127】

光学面 33b は、光学面 33a に平行な面であり、Z 軸方向から見た場合に可動ミラー 11 のミラー面 11a と重なっている。光学面 33b は、Z 軸方向において全反射ミラー面 32 と可動ミラー 11 のミラー面 11a との間に位置している。光学面 33c は、光学面 33a に平行な面であり、Z 軸方向から見た場合に固定ミラー 21 のミラー面 21a と重なっている。光学面 33c は、Z 軸方向においてハーフミラー面 31 と固定ミラー 21 のミラー面 21a との間に位置している。光学面 33d は、光学面 33a に垂直な面であ

50

り、X軸方向から見た場合にハーフミラー面31と重なっている。光学面33dは、X軸方向において、ハーフミラー面31に対して全反射ミラー面32とは反対側に位置している。

【0128】

光学面33eは、光学面33dに平行な面であり、X軸方向から見た場合に光学面33dと重なっている。光学面33eは、X軸方向において、光学面33dに対してハーフミラー面31とは反対側に位置している。ダイクロイックミラー面35は、例えば光学面33eに対して45°傾斜した面であり、Z軸方向から見た場合に光検出器9と重なっており且つX軸方向から見た場合に光学面33eと重なっている。ダイクロイックミラー面35は、X軸方向において光学面33eに対してハーフミラー面31とは反対側に位置している。ハーフミラー面37は、ダイクロイックミラー面35に平行な面であり、Z軸方向から見た場合に光検出器6と重なっており且つX軸方向から見た場合にダイクロイックミラー面35と重なっている。ハーフミラー面37は、X軸方向においてダイクロイックミラー面35に対して光学面33eとは反対側に位置している。全反射ミラー面38は、ダイクロイックミラー面35に平行な面であり、Z軸方向から見た場合に光源5と重なっており且つX軸方向から見た場合にハーフミラー面37と重なっている。全反射ミラー面38は、X軸方向においてハーフミラー面37に対してダイクロイックミラー面35とは反対側に位置している。

10

【0129】

光学面33fは、光学面33aに平行な面であり、Z軸方向から見た場合に光検出器9と重なっている。光学面33fは、Z軸方向においてダイクロイックミラー面35と光検出器9との間に位置している。光学面33gは、光学面33aに平行な面であり、Z軸方向から見た場合に光検出器6と重なっている。光学面33gは、Z軸方向においてハーフミラー面37と光検出器6との間に位置している。光学面33hは、光学面33aに平行な面であり、Z軸方向から見た場合に光源5と重なっている。光学面33hは、Z軸方向において全反射ミラー面38と光源5との間に位置している。

20

【0130】

以上のように構成された光モジュール1Fでは、光モジュール1Fの外部から光学面33aを介してビームスプリッタユニット3に測定光L0が入射すると、測定光L0の一部は、ハーフミラー面31及び全反射ミラー面32で順次に反射されて、可動ミラー11のミラー面11aに向かって進行する。そして、測定光L0の一部は、可動ミラー11のミラー面11aで反射されて、同一の光路(光路P1)上を逆方向に進行し、ハーフミラー面31を透過する。

30

【0131】

一方、測定光L0の残部は、ハーフミラー面31を透過した後、第1光学機能部17を通過し、更に、支持体22を透過して、固定ミラー21のミラー面21aに向かって進行する。そして、測定光L0の残部は、固定ミラー21のミラー面21aで反射されて、同一の光路(光路P2)上を逆方向に進行し、ハーフミラー面31で反射される。

【0132】

ハーフミラー面31を透過した測定光L0の一部と、ハーフミラー面31で反射された測定光L0の残部とは、干渉光である測定光L1となり、測定光L1は、ダイクロイックミラー面35で反射されて、光検出器9に入射し、光検出器9で検出される。

40

【0133】

また、光源5から出射されたレーザ光L10が、光学面33hを介してビームスプリッタユニット3に入射すると、レーザ光L10は、全反射ミラー面38で反射されて、ハーフミラー面37及びダイクロイックミラー面35を順次に透過し、ハーフミラー面31に向かって進行する。レーザ光L10の一部は、ハーフミラー面31を透過した後、全反射ミラー面32で反射されて、可動ミラー11のミラー面11aに向かって進行する。そして、レーザ光L10の一部は、可動ミラー11のミラー面11aで反射されて、同一の光路(光路P3)上を逆方向に進行し、ハーフミラー面31を透過する。

50



## 【 0 1 3 4 】

一方、レーザ光 L 1 0 の残部は、ハーフミラー面 3 1 で反射された後、第 1 光学機能部 1 7 を通過し、更に、支持体 2 2 を透過して、固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a に向かって進行する。そして、レーザ光 L 1 0 の残部は、固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a で反射されて、同一の光路（光路 P 4）上を逆方向に進行し、ハーフミラー面 3 1 で反射される。

## 【 0 1 3 5 】

ハーフミラー面 3 1 を透過したレーザ光 L 1 0 の一部と、ハーフミラー面 3 1 で反射されたレーザ光 L 1 0 の残部とは、干渉光であるレーザ光 L 1 1 となり、レーザ光 L 1 1 は、ダイクロイックミラー面 3 5 を透過した後、ハーフミラー面 3 7 で反射されて、光検出器 6 に入射し、光検出器 6 で検出される。

10

[ 作用及び効果 ]

## 【 0 1 3 6 】

光モジュール 1 F によれば、上述した光モジュール 1 A と同様の理由により、可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a の大型化を図りつつも、可動ミラー 1 1 の可動性能の低下及びモジュール全体の大型化を抑制することができる。

## 【 0 1 3 7 】

光モジュール 1 F では、ビームスプリッタユニット 3 が、可動ミラー 1 1 及び固定ミラー 2 1 と共にレーザ光 L 1 0 について干渉光学系 I 2 を構成している。これにより、レーザ光 L 1 0 の干渉光であるレーザ光 L 1 1 を検出することで、可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a の位置を精度良く計測することができる。また、ビームスプリッタユニット 3 が、可動ミラー 1 1 及び固定ミラー 2 1 と共に、測定光 L 0 についての干渉光学系 I 1、及びレーザ光 L 1 0 についての干渉光学系 I 2 を構成している。そのため、ミラーユニット 2 において部品点数を減少させることができる。

20

[ 第 6 実施形態の変形例 ]

## 【 0 1 3 8 】

図 1 5 の ( a ) に示されるように、気密空間 S は、パッケージ 2 4 及びビームスプリッタユニット 3 によって形成されていてもよい。図 1 5 の ( a ) に示される光モジュール 1 F では、パッケージ 2 4 の天壁 2 4 3 に、光路 P 1、P 3 が通る開口 2 4 3 b、及び光路 P 2、P 4 が通る開口 2 4 3 c が形成されている。各開口 2 4 3 b、2 4 3 c は、Z 軸方向において天壁 2 4 3 を貫通している。ビームスプリッタユニット 3 は、各開口 2 4 3 b、2 4 3 c を塞いだ状態で、天壁 2 4 3 によって支持されている。具体的には、ビームスプリッタユニット 3 は、天壁 2 4 3 の表面 2 4 3 a に光学樹脂 4 によって固定されている。このような構成によれば、光路 P 1、P 3 が通る開口 2 4 3 b、及び光路 P 2、P 4 が通る開口 2 4 3 c が形成された天壁 2 4 3 を含む簡易なパッケージ 2 4 によって、気密空間 S の形成及びビームスプリッタユニット 3 の支持の両方を実現することができる。なお、図 1 5 の ( a ) に示される光モジュール 1 F では、天壁 2 4 3 は、測定光 L 0 及びレーザ光 L 1 0 に対して光透過性を有していなくてもよい。また、各開口 2 4 3 b、2 4 3 c 内に光学樹脂 4 が入り込まなければ、光学樹脂 4 に代えて、測定光 L 0 及びレーザ光 L 1 0 に対して光透過性を有しない樹脂が用いられてもよい。また、パッケージ 2 4 の天壁 2 4 3 に、複数の光路 P 1、P 2、P 3、P 4 が通る 1 つの開口が形成されていてもよい。

30

40

## 【 0 1 3 9 】

また、図 1 5 の ( b ) に示されるように、気密空間 S を形成するパッケージ 2 4 とは別に、ビームスプリッタユニット 3 を支持する支持構造 2 7 が設けられていてもよい。図 1 5 の ( b ) に示される光モジュール 1 F では、ビームスプリッタユニット 3 は、天壁 2 4 3 から離間した状態で、支持構造 2 7 によって支持されている。具体的には、ビームスプリッタユニット 3 は、支持構造 2 7 の壁部 2 7 1 に形成された凹部 2 7 1 a 内にビームスプリッタユニット 3 の一部が配置された状態で、凹部 2 7 1 a の内面に光学樹脂 4 によって固定されている。壁部 2 7 1 は、Z 軸方向において天壁 2 4 3 と対向しており、凹部 2 7 1 a は、Z 軸方向において天壁 2 4 3 とは反対側に開口している。凹部 2 7 1 a の底面

50

には、複数の光路 P 1 , P 2 , P 3 , P 4 が通る 1 つの開口 2 7 1 b が形成されている。このような構成によれば、ビームスプリッタユニット 3 を支持する支持構造 2 7 がパッケージ 2 4 とは別に設けられているため、ビームスプリッタユニット 3 のレイアウトの自由度を向上させることができる。なお、開口 2 7 1 b 内に光学樹脂 4 が入り込まなければ、光学樹脂 4 に代えて、測定光 L 0 及びレーザ光 L 1 0 に対して光透過性を有しない樹脂が用いられてもよい。

[ 第 7 実施形態 ]

[ 光モジュールの構成 ]

【 0 1 4 0 】

図 1 6 に示されるように、光モジュール 1 G は、ビームスプリッタユニット 3 が、可動ミラー 1 1 及び固定ミラー（第 2 固定ミラー）2 0 0 と共にレーザ光 L 1 0 について干渉光学系 I 2 を構成している点で、図 1 2 に示される光モジュール 1 E と主に相違している。固定ミラー 2 0 0 は、ベース 1 2 の主面 1 2 a に平行な平面に沿ったミラー面 2 0 0 a を有している。固定ミラー 2 0 0 は、ベース 1 2 に対する位置が固定されている。固定ミラー 2 0 0 のミラー面 2 0 0 a は、可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a 及び固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a と同様に、Z 軸方向における一方の側（ビームスプリッタユニット 3 側）に向いている。固定ミラー 2 0 0 は、サブマウント 2 3 に形成された開口 2 3 b 内に位置するように、支持体 2 2 の表面 2 2 c に配置されている。固定ミラー 2 0 0 は、Z 軸方向から見た場合に、X 軸方向における可動ミラー 1 1 の他方の側（固定ミラー 2 1 とは反対側）に配置されている。固定ミラー 2 0 0 は、Z 軸方向から見た場合に、光学デバイス 1 0 の第 2 光学機能部 1 8 と重なっている。なお、ミラーユニット 2 においては、可動ミラー 1 1、駆動部 1 3、光路 P 1 の一部、及び、光路 P 2 の一部に加え、ビームスプリッタユニット 3 と固定ミラー 2 0 0 との間の光路 P 4 の一部が、気密空間 S に配置されている。

【 0 1 4 1 】

ビームスプリッタユニット 3 は、複数のハーフミラー面 3 1 a , 3 1 b、ダイクロイックミラー面 3 5、全反射ミラー面 3 8 及び複数の光学面 3 3 a , 3 3 b , 3 3 c , 3 3 d , 3 3 e , 3 3 f を有している。ビームスプリッタユニット 3 は、複数の光学ブロックが接合されることで構成されている。

【 0 1 4 2 】

光学面 3 3 a は、例えば Z 軸方向に垂直な面であり、Z 軸方向から見た場合に固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a と重なっている。ハーフミラー面 3 1 a は、例えば光学面 3 3 a に対して 4 5 ° 傾斜した面であり、Z 軸方向から見た場合に固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a と重なっている。ハーフミラー面 3 1 a は、Z 軸方向において光学面 3 3 a と固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a との間に位置している。ハーフミラー面 3 1 b は、ハーフミラー面 3 1 a に平行な面であり、Z 軸方向から見た場合に可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a と重なっており且つ X 軸方向から見た場合にハーフミラー面 3 1 a と重なっている。

【 0 1 4 3 】

光学面 3 3 b は、光学面 3 3 a に平行な面であり、Z 軸方向から見た場合に可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a と重なっている。光学面 3 3 b は、Z 軸方向においてハーフミラー面 3 1 b と可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a との間に位置している。光学面 3 3 c は、光学面 3 3 a に平行な面であり、Z 軸方向から見た場合に固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a と重なっている。光学面 3 3 c は、Z 軸方向においてハーフミラー面 3 1 a と固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a との間に位置している。

【 0 1 4 4 】

光学面 3 3 d は、例えば Z 軸方向に垂直な面であり、Z 軸方向から見た場合に光源 5 及び可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a と重なっている。光学面 3 3 d は、Z 軸方向において、ハーフミラー面 3 1 b に対して可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a とは反対側に位置している。全反射ミラー面 3 8 は、ハーフミラー面 3 1 a に平行な面であり、Z 軸方向から見た場合に固定ミラー 2 0 0 のミラー面 2 0 0 a と重なっており且つ X 軸方向から見た場合

10

20

30

40

50

にハーフミラー面 3 1 b と重なっている。光学面 3 3 e は、光学面 3 3 d に平行な面であり、Z 軸方向から見た場合に固定ミラー 2 0 0 のミラー面 2 0 0 a と重なっている。光学面 3 3 e は、Z 軸方向において全反射ミラー面 3 8 と固定ミラー 2 0 0 のミラー面 2 0 0 a との間に位置している。

【 0 1 4 5 】

ダイクロイックミラー面 3 5 は、ハーフミラー面 3 1 a に平行な面であり、Z 軸方向から見た場合に光検出器 6 と重なっている。ダイクロイックミラー面 3 5 は、X 軸方向において、ハーフミラー面 3 1 a に対してハーフミラー面 3 1 b とは反対側に位置している。光学面 3 3 f は、例えば Z 軸方向に垂直な面であり、Z 軸方向から見た場合に光検出器 6 と重なっている。光学面 3 3 f は、Z 軸方向においてダイクロイックミラー面 3 5 と光検出器 6 との間に位置している。

10

【 0 1 4 6 】

以上のように構成された光モジュール 1 G では、光モジュール 1 G の外部から光学面 3 3 a を介してビームスプリッタユニット 3 に測定光 L 0 が入射すると、測定光 L 0 の一部は、ハーフミラー面 3 1 a 及びハーフミラー面 3 1 b で順次に反射されて、可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a に向かって進行する。そして、測定光 L 0 の一部は、可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a で反射されて、同一の光路（光路 P 1）上を逆方向に進行し、ハーフミラー面 3 1 a を透過する。

【 0 1 4 7 】

一方、測定光 L 0 の残部は、ハーフミラー面 3 1 a を透過した後、第 1 光学機能部 1 7 を通過し、更に、支持体 2 2 を透過して、固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a に向かって進行する。そして、測定光 L 0 の残部は、固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a で反射されて、同一の光路（光路 P 2）上を逆方向に進行し、ハーフミラー面 3 1 a で反射される。

20

【 0 1 4 8 】

ハーフミラー面 3 1 a を透過した測定光 L 0 の一部と、ハーフミラー面 3 1 a で反射された測定光 L 0 の残部とは、干渉光である測定光 L 1 となり、測定光 L 1 は、ダイクロイックミラー面 3 5 を透過して、ビームスプリッタユニット 3 から光モジュール 1 G の外部に出射する。

【 0 1 4 9 】

また、光源 5 から出射されたレーザ光 L 1 0 が、光学面 3 3 d を介してビームスプリッタユニット 3 に入射すると、レーザ光 L 1 0 の一部は、ハーフミラー面 3 1 b を透過して、可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a に向かって進行する。そして、レーザ光 L 1 0 の一部は、可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a で反射されて、同一の光路（光路 P 3）上を逆方向に進行し、ハーフミラー面 3 1 b で反射される。

30

【 0 1 5 0 】

一方、レーザ光 L 1 0 の残部は、ハーフミラー面 3 1 b 及び全反射ミラー面 3 8 で順次に反射されて、固定ミラー 2 0 0 のミラー面 2 0 0 a に向かって進行する。そして、レーザ光 L 1 0 の残部は、固定ミラー 2 0 0 のミラー面 2 0 0 a で反射されて、同一の光路（光路 P 4）上を逆方向に進行し、ハーフミラー面 3 1 b を透過する。

【 0 1 5 1 】

ハーフミラー面 3 1 b で反射されたレーザ光 L 1 0 の一部と、ハーフミラー面 3 1 b を透過したレーザ光 L 1 0 の残部とは、干渉光であるレーザ光 L 1 1 となり、レーザ光 L 1 1 は、ハーフミラー面 3 1 a を透過した後、ダイクロイックミラー面 3 5 で反射されて、光検出器 6 に入射し、光検出器 6 で検出される。

40

[ 作用及び効果 ]

【 0 1 5 2 】

光モジュール 1 G によれば、上述した光モジュール 1 A と同様の理由により、可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a の大型化を図りつつも、可動ミラー 1 1 の可動性能の低下及びモジュール全体の大型化を抑制することができる。

【 0 1 5 3 】

50

光モジュール 1 G では、ビームスプリッタユニット 3 が、可動ミラー 1 1 及び固定ミラー 2 0 0 と共にレーザ光 L 1 0 について干渉光学系 I 2 を構成している。これにより、レーザ光 L 1 0 の干渉光であるレーザ光 L 1 1 を検出することで、可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a の位置を精度良く計測することができる。また、固定ミラー 2 0 0 のミラー面 2 0 0 a が、固定ミラー 2 1 のミラー面 2 1 a と同様に、Z 軸方向における一方の側に向いている。そのため、例えば、可動ミラー 1 1 のミラー面 1 1 a 及び固定ミラー 2 0 0 のミラー面 2 0 0 a が互いに直交する位置関係にある場合に比べ、Z 軸方向におけるミラーユニット 2 の高さを抑えることができる。しかも、ビームスプリッタユニット 3 と可動ミラー 1 1 との間の光路 P 1 に加え、ビームスプリッタユニット 3 と固定ミラー 2 0 0 との間の光路 P 4 の一部が、ビームスプリッタユニット 3 と固定ミラー 2 1 との間の光路 P 2 の一部と同様に、気密空間 S に配置されている。これにより、Z 軸方向に垂直な方向（光モジュール 1 G では、X 軸方向）におけるミラーユニット 2 の幅を抑えることができる。

10

[ 第 7 実施形態の変形例 ]

【 0 1 5 4 】

図 1 7 の ( a ) に示されるように、気密空間 S は、パッケージ 2 4 及びビームスプリッタユニット 3 によって形成されていてもよい。図 1 7 の ( a ) に示される光モジュール 1 G では、パッケージ 2 4 の天壁 2 4 3 に、光路 P 1 , P 3 が通る開口 2 4 3 b、光路 P 2 が通る開口 2 4 3 c、及び光路 P 4 が通る開口 2 4 3 d が形成されている。各開口 2 4 3 b , 2 4 3 c , 2 4 3 d は、Z 軸方向において天壁 2 4 3 を貫通している。ビームスプリッタユニット 3 は、各開口 2 4 3 b , 2 4 3 c , 2 4 3 d を塞いだ状態で、天壁 2 4 3 によって支持されている。具体的には、ビームスプリッタユニット 3 は、天壁 2 4 3 の表面 2 4 3 a に光学樹脂 4 によって固定されている。このような構成によれば、光路 P 1 , P 3 が通る開口 2 4 3 b、光路 P 2 が通る開口 2 4 3 c、及び光路 P 3 が通る開口 2 4 3 d が形成された天壁 2 4 3 を含む簡易なパッケージ 2 4 によって、気密空間 S の形成及びビームスプリッタユニット 3 の支持の両方を実現することができる。なお、図 1 7 の ( a ) に示される光モジュール 1 G では、天壁 2 4 3 は、測定光 L 0 及びレーザ光 L 1 0 に対して光透過性を有していなくてもよい。また、各開口 2 4 3 b , 2 4 3 c , 2 4 3 d 内に光学樹脂 4 が入り込まなければ、光学樹脂 4 に代えて、測定光 L 0 及びレーザ光 L 1 0 に対して光透過性を有しない樹脂が用いられてもよい。また、パッケージ 2 4 の天壁 2 4 3 に、複数の光路 P 1 , P 2 , P 3 , P 4 が通る 1 つの開口が形成されていてもよい。

20

30

【 0 1 5 5 】

また、図 1 7 の ( b ) に示されるように、気密空間 S を形成するパッケージ 2 4 とは別に、ビームスプリッタユニット 3 を支持する支持構造 2 7 が設けられていてもよい。図 1 7 の ( b ) に示される光モジュール 1 G では、ビームスプリッタユニット 3 は、天壁 2 4 3 から離間した状態で、支持構造 2 7 によって支持されている。具体的には、ビームスプリッタユニット 3 は、支持構造 2 7 の壁部 2 7 1 に形成された凹部 2 7 1 a 内にビームスプリッタユニット 3 の一部が配置された状態で、凹部 2 7 1 a の内面に光学樹脂 4 によって固定されている。壁部 2 7 1 は、Z 軸方向において天壁 2 4 3 と対向しており、凹部 2 7 1 a は、Z 軸方向において天壁 2 4 3 とは反対側に開口している。凹部 2 7 1 a の底面には、複数の光路 P 1 , P 2 , P 3 , P 4 が通る 1 つの開口 2 7 1 b が形成されている。このような構成によれば、ビームスプリッタユニット 3 を支持する支持構造 2 7 がパッケージ 2 4 とは別に設けられているため、ビームスプリッタユニット 3 のレイアウトの自由度を向上させることができる。なお、開口 2 7 1 b 内に光学樹脂 4 が入り込まなければ、光学樹脂 4 に代えて、測定光 L 0 及びレーザ光 L 1 0 に対して光透過性を有しない樹脂が用いられてもよい。

40

[ 第 8 実施形態 ]

[ 光モジュールの構成 ]

【 0 1 5 6 】

図 1 8 に示されるように、光モジュール 1 H は、支持体 2 2 に凹部 2 2 b が形成されていない点で、図 1 に示される光モジュール 1 A と主に相違している。光モジュール 1 H で

50

は、パッケージ 24 の底壁 241 の内面に、光学デバイス 10 のベース 12 が固定されている。光モジュール 1H では、ベース 12 の主面 12a が天壁 243 の内面と向かい合い、且つベース 12 の主面 12b が底壁 241 の内面と向かい合うように、光学デバイス 10 が配置されている。

【0157】

光モジュール 1H では、ベース 12 の支持層 51 のうち可動ミラー 11 及び駆動部 13 に対応する領域に開口 51a が形成されている。これにより、可動ミラー 11 が Z 軸方向に沿って移動させられた際に、可動ミラー 11 及び駆動部 13 が支持体 22 に接触することが防止される。可動ミラー 11 を構成する金属膜は、本体部 111 における主面 12a 側の表面に形成されている。固定ミラー 21 を構成する金属膜は、支持体 22 の表面 22c の全領域に形成されている。

10

【0158】

以上のように構成された光モジュール 1H では、図 1 に示される光モジュール 1A と同様に、測定光 L0 の干渉光である測定光 L1 を得ることができる。なお、光モジュール 1H は、測定光入射部 300 及び測定光出射部 400 を備えている。測定光入射部 300 は、外部から干渉光学系 I1 に測定光 L0 を入射させるように配置されている。測定光入射部 300 は、例えば光ファイバ及びコリメートレンズ等によって構成されている。測定光出射部 400 は、干渉光学系 I1 から外部に測定光 L1 (測定光 L0 の干渉光) を出射させるように配置されている。測定光出射部 400 は、例えば光ファイバ及びコリメートレンズ等によって構成されている。これにより、測定光入射部 300 及び測定光出射部 400 を備える FTIR を得ることができる。

20

[作用及び効果]

【0159】

光モジュール 1H によれば、上述した光モジュール 1A と同様の理由により、可動ミラー 11 のミラー面 11a の大型化を図りつつも、可動ミラー 11 の可動性能の低下及びモジュール全体の大型化を抑制することができる。

[第 8 実施形態の変形例]

【0160】

図 19 の (a) に示されるように、気密空間 S は、パッケージ 24 及びビームスプリッタユニット 3 によって形成されていてもよい。図 19 の (a) に示される光モジュール 1H では、パッケージ 24 の天壁 243 に、光路 P1 が通る開口 243b、及び光路 P2 が通る開口 243c が形成されている。各開口 243b, 243c は、Z 軸方向において天壁 243 を貫通している。ビームスプリッタユニット 3 は、各開口 243b, 243c を塞いだ状態で、天壁 243 によって支持されている。具体的には、ビームスプリッタユニット 3 は、天壁 243 の表面 243a に光学樹脂 4 によって固定されている。このような構成によれば、光路 P1 が通る開口 243b、及び光路 P2 が通る開口 243c が形成された天壁 243 を含む簡易なパッケージ 24 によって、気密空間 S の形成及びビームスプリッタユニット 3 の支持の両方を実現することができる。なお、図 19 の (a) に示される光モジュール 1H では、天壁 243 は、測定光 L0 に対して光透過性を有していなくてもよい。また、各開口 243b, 243c 内に光学樹脂 4 が入り込まなければ、光学樹脂 4 に代えて、測定光 L0 に対して光透過性を有しない樹脂が用いられてもよい。また、パッケージ 24 の天壁 243 に、複数の光路 P1, P2 が通る 1 つの開口が形成されていてもよい。

30

40

【0161】

また、図 19 の (b) に示されるように、気密空間 S を形成するパッケージ 24 とは別に、ビームスプリッタユニット 3 を支持する支持構造 27 が設けられていてもよい。図 19 の (b) に示される光モジュール 1H では、ビームスプリッタユニット 3 は、天壁 243 から離間した状態で、支持構造 27 によって支持されている。具体的には、ビームスプリッタユニット 3 は、支持構造 27 の壁部 271 に形成された凹部 271a 内にビームスプリッタユニット 3 の一部が配置された状態で、凹部 271a の内面に光学樹脂 4 によ

50

て固定されている。壁部 271 は、Z 軸方向において天壁 243 と対向しており、凹部 271 a は、Z 軸方向において天壁 243 とは反対側に開口している。凹部 271 a の底面には、複数の光路 P1, P2 が通る 1 つの開口 271 b が形成されている。このような構成によれば、ビームスプリッタユニット 3 を支持する支持構造 27 がパッケージ 24 とは別に設けられているため、ビームスプリッタユニット 3 のレイアウトの自由度を向上させることができる。なお、開口 271 b 内に光学樹脂 4 が入り込まなければ、光学樹脂 4 に代えて、測定光 L0 に対して光透過性を有しない樹脂が用いられてもよい。

[ 変形例 ]

【 0162 】

以上、本開示の第 1 ~ 第 8 実施形態について説明したが、本開示は、上述した各実施形態に限定されない。例えば、各構成の材料及び形状は、上述した材料及び形状に限らず、様々な材料及び形状を採用することができる。一例として、支持体 22 は、光路 P1 の光路長（光路 P1 が通る各媒質の屈折率を考慮した光路長）と光路 P2 の光路長（光路 P2 が通る各媒質の屈折率を考慮した光路長）との差が小さくなるように、光路 P1 と光路 P2 との間の光路差を補正するものであれば、その材料は限定されない。支持体 22 の材料は、ガラスの他に、シリコン、カルコゲナイド等であってもよい。

10

【 0163 】

また、光モジュール 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 1G は、測定光入射部 300 及び測定光出射部 400 を備えていてもよい。逆に、光モジュール 1H は、測定光入射部 300 及び測定光出射部 400 を備えていなくてもよい。

20

【 0164 】

また、光学デバイス 10 の駆動部 13 は、ベース 12 の主面 12 a に垂直な方向に沿って可動ミラー 11 を移動させることができるものであれば、上述した構成に限定されない。一例として、第 1 弾性支持部 14 と第 2 弾性支持部 15 とは、可動ミラー 11 の中心を通り且つ X 軸方向に垂直な平面に関して、互いに対称の構造を有していてもよい。また、第 1 弾性支持部 14 と第 2 弾性支持部 15 とは、可動ミラー 11 の中心を通り且つ Y 軸方向に垂直な平面に関して、互いに対称の構造を有していてもよい。また、駆動部 13 は、可動ミラー 11 を弾性的に支持する 3 つ以上の弾性支持部を有していてもよい。更に、アクチュエータ部 16 は、静電アクチュエータとして構成されたものに限定されず、例えば、圧電式アクチュエータ、電磁式アクチュエータ等として構成されたものであってもよい。

30

【 0165 】

また、光モジュール 1E, 1F, 1G では、レーザ光 L10 が進行せず且つ測定光 L0 が進行する光路上に、レーザ光 L10 の中心波長を含む波長範囲の光をカットするフィルタが配置されていてもよい。一例として、図 12 に示される光モジュール 1E では、光学面 33 a の前段に、上述したフィルタを配置すればよい。その場合、レーザ光 L10 の干渉光であるレーザ光 L11 の検出において測定光 L0 がノイズとなるのを防止することができる。

【 0166 】

図 4 ~ 図 6 及び図 12 ~ 図 19 に示される光学デバイス 10 における駆動部 13 は、図 1 ~ 図 3 に示される光学デバイス 10 における駆動部 13 と同様の構成を有しており、図 7 ~ 図 11 に示される光学デバイス 10 における駆動部 13 は、図 1 ~ 図 3 に示される光学デバイス 10 における駆動部 13 と異なり、図 20 に示される構成を有している。図 20 に示される光学デバイス 10 では、一対の第 1 レバー 141 のそれぞれにおける可動ミラー 11 とは反対側の端部 141 b がトーションバー 144 を介してベース 12 に接続されており、一対の第 3 レバー 151 のそれぞれにおける可動ミラー 11 とは反対側の端部 151 b がトーションバー 154 を介してベース 12 に接続されている。つまり、図 20 に示される光学デバイス 10 には、一対の第 2 レバー 142 及び一対の第 4 レバー 152 が設けられていない。このように、図 20 に示される光学デバイス 10 では、第 1 弾性支持部 14 及び第 2 弾性支持部 15 の構造の単純化が図られている。

40

50

【0167】

上述した一の実施形態又は変形例における各構成は、他の実施形態又は変形例における各構成に任意に適用することができる。

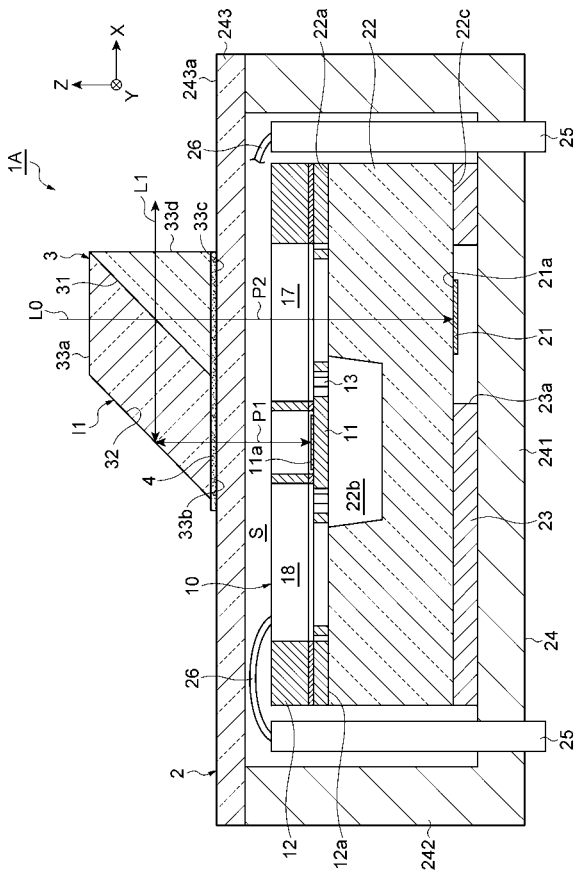
【符号の説明】

【0168】

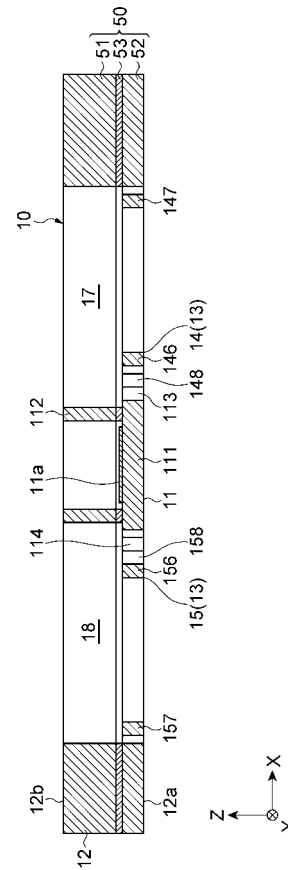
1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 1G, 1H...光モジュール、2...ミラーユニット、3...ビームスプリッタユニット、5...光源、6...光検出器、11...可動ミラー、11a...ミラー面、12...ベース、12a...主面、13...駆動部、21...固定ミラー(第1固定ミラー)、21a...ミラー面、22...支持体、22c...表面、24...パッケージ、27...支持構造、29...支持壁(壁)、29d, 29e...開口、50...SOI基板、111...本体部(可動部)、112...壁部(可動部)、113, 114...ブラケット(可動部)、200...固定ミラー(第2固定ミラー)、200a...ミラー面、243...天壁(壁)、243b, 243c...開口、I1...干渉光学系(第1干渉光学系)、I2...干渉光学系(第2干渉光学系)、L0, L1...測定光、L10, L11...レーザ光、P1...光路(第1光路)、P2...光路(第2光路)、P4...光路、S...気密空間。

10

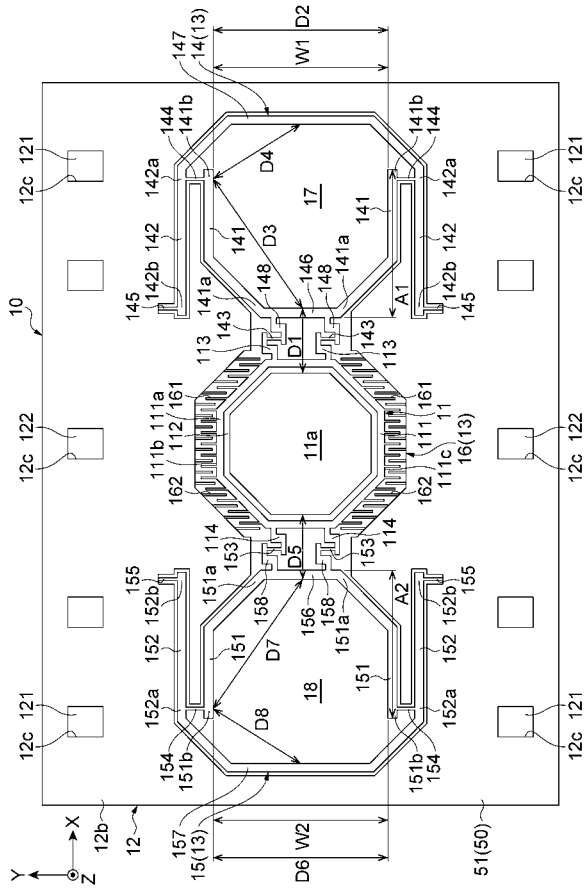
【図1】



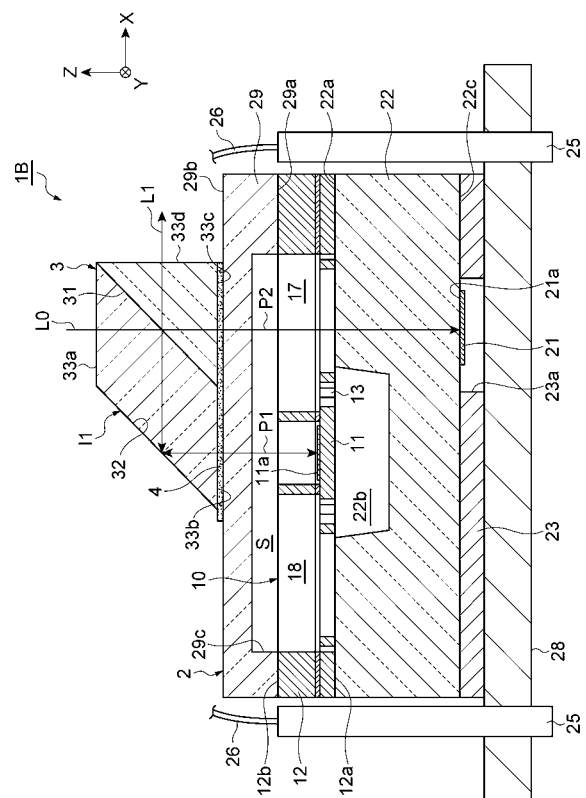
【図2】



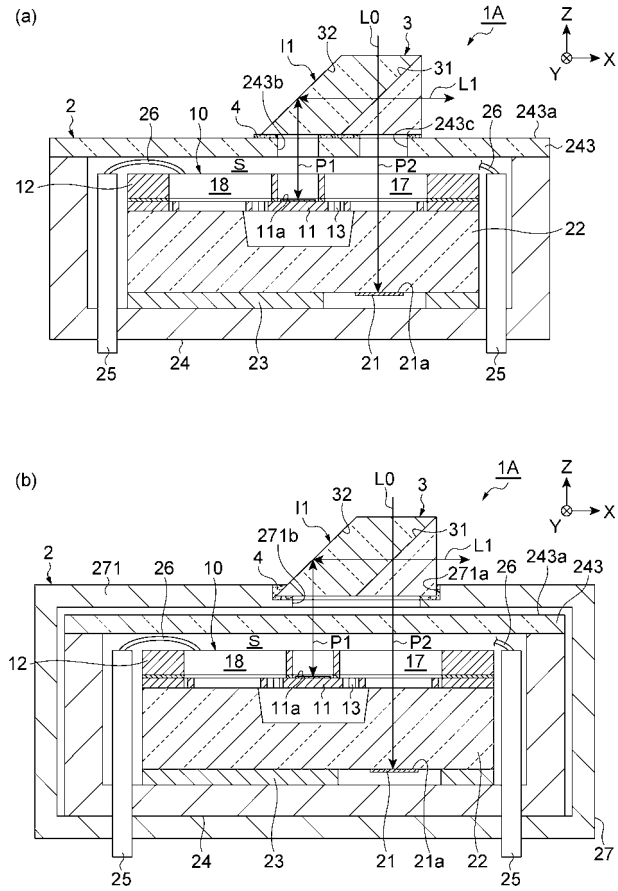
【図 3】



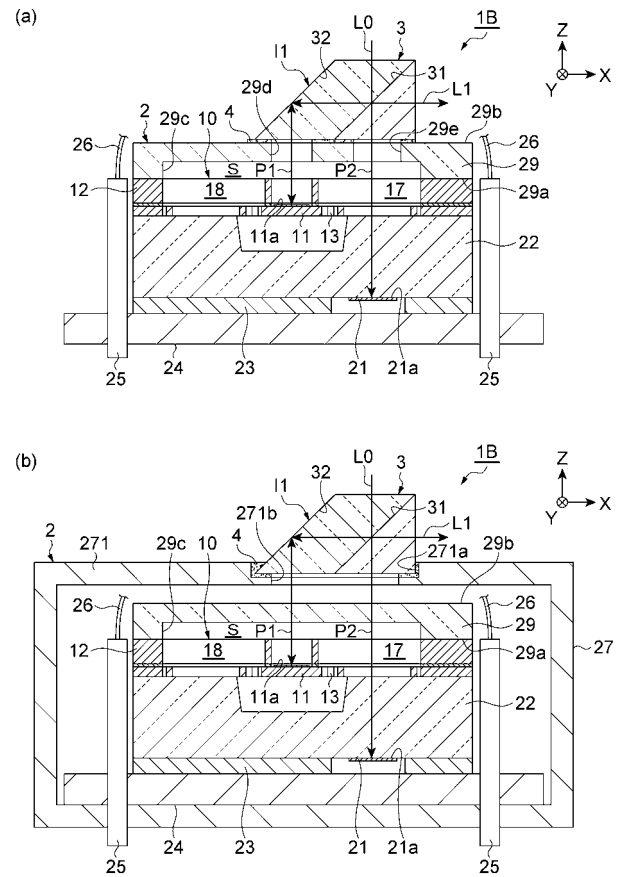
【図 5】



【図 4】



【図 6】

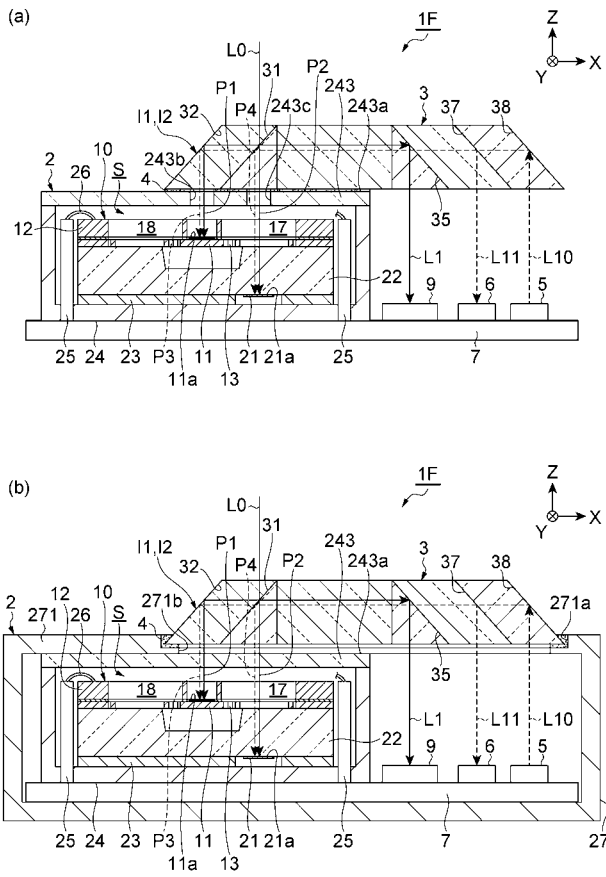




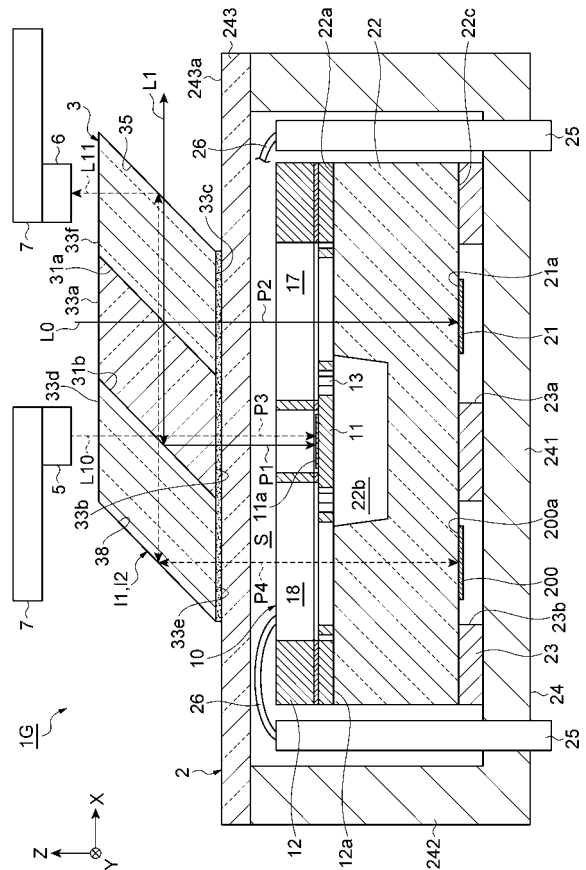




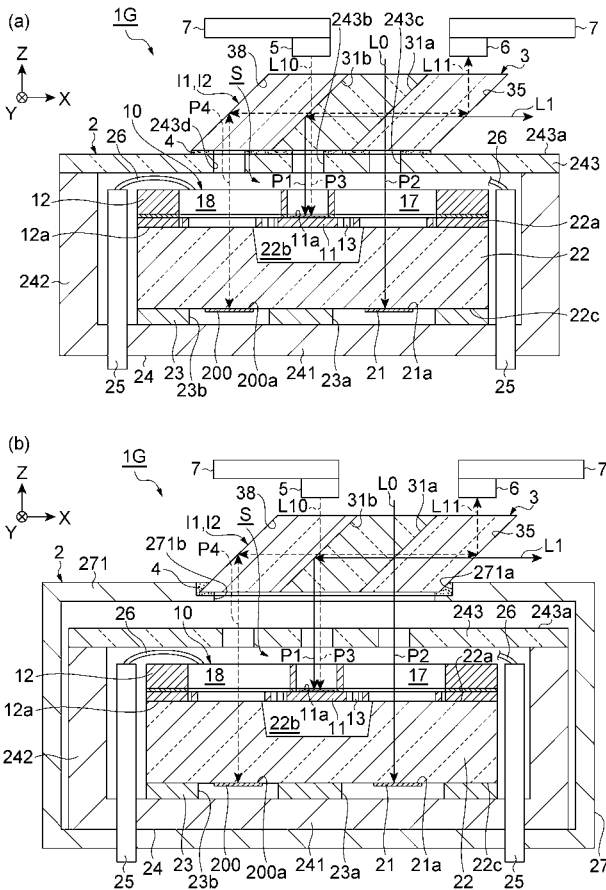
【 図 1 5 】



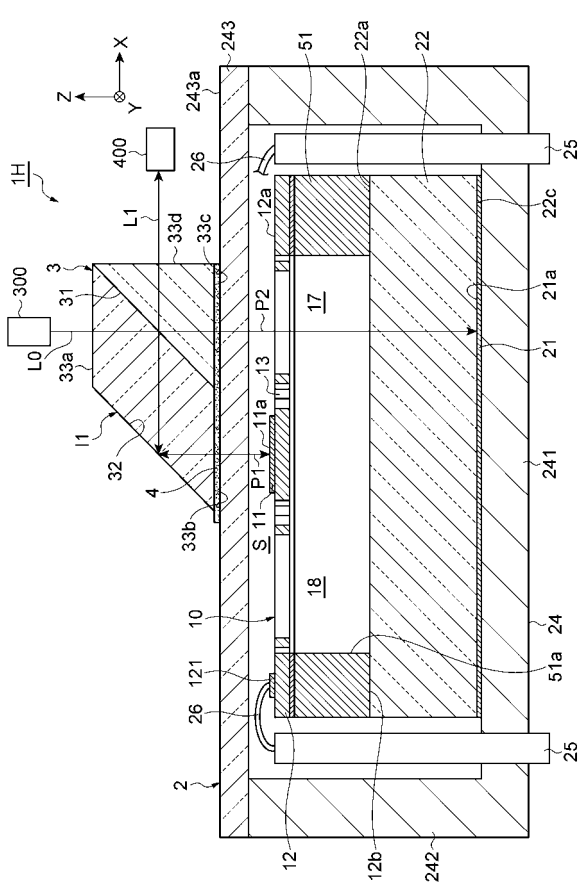
【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



【 図 1 8 】





---

フロントページの続き

(72)発明者 杉本 達哉

静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内

Fターム(参考) 2H141 MA27 MB24 MC07 MD02 MD04 ME09 ME23 ME24 ME25 MF28  
MG10 MZ03 MZ16 MZ26 MZ30  
3C081 AA11 AA13 BA07 BA22 BA28 BA30 BA32 BA44 BA46 BA47  
BA53 BA54 BA55 DA03 DA04 DA06 DA24 EA07 EA08 EA26