

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年9月20日(20.09.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/168929 A1

(51) 国際特許分類:

G02B 26/06 (2006.01) G01J 3/45 (2006.01)
B81B 3/00 (2006.01) G01N 21/35 (2014.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/009975

(22) 国際出願日: 2018年3月14日(14.03.2018)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

特願 2017-048561 2017年3月14日(14.03.2017) JP
特願 2017-133086 2017年7月6日(06.07.2017) JP

(71) 出願人: 浜松 ホ ト ニ ク ス 株 式 会 社 (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) [JP/JP];

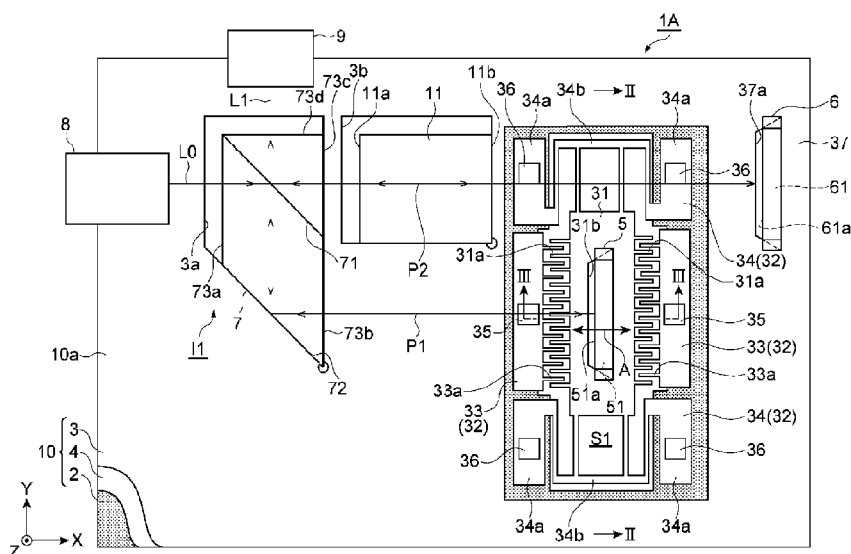
〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 Shizuoka (JP).

(72) 発明者: 鈴木 智 史 (SUZUKI Tomofumi);
〒4358558 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 Shizuoka (JP). 港谷 恭輔(KOTANI Kyosuke); 〒4358558 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 Shizuoka (JP). 杉本 達哉(SUGIMOTO Tatsuya); 〒4358558 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 Shizuoka (JP).

(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiaki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目 1 番 1 号丸の内 M Y P L A Z A

(54) Title: OPTICAL MODULE

(54) 発明の名称: 光モジュール



(57) **Abstract:** This optical module is provided with: a base which has a main surface, and which is provided with a mounting region, and a drive region that moves the mounting region along a first direction parallel to the main surface; a movable mirror which has a mirror surface in a positional relation intersecting the main surface and which is mounted on the mounting region; a first fixed mirror which has a mirror surface in a positional relation intersecting the main surface and which has a position fixed with respect to the base; and a beam splitter unit which, together with the movable mirror



(明治安田生命ビル) 9階 創英国際特
許法律事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

and the first fixed mirror, configures a first interference optical system for measurement light. The mirror surface of the movable mirror and the mirror surface of the first fixed mirror face the same direction in the first direction.

(57) 要約: 光モジュールは、主面を有し、実装領域、及び、主面に平行な第1方向に沿って実装領域を移動させる駆動領域が設けられたベースと、主面と交差する位置関係にあるミラー面を有し、実装領域に実装された可動ミラーと、主面と交差する位置関係にあるミラー面を有し、ベースに対する位置が固定された第1固定ミラーと、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干渉光学系を構成するビームスプリッタユニットと、を備える。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いる。

明 細 書

発明の名称：光モジュール

技術分野

[0001] 本開示は、光モジュールに関する。

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] 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 μ 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。

[0005] そこで、別体で形成された可動ミラーを、例えばSOI基板によって構成されたベースに実装する技術が考えられる。このような技術においては、可動ミラーのミラー面の角度ずれが所定範囲内に収まっているか否かを計測する必要があることが分かった。

[0006] 本開示は、可動ミラーのミラー面の大型化を図りつつも、可動ミラーのミラー面の角度ずれが所定範囲内に収まっているか否かを容易に計測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

[0007] 本開示の一側面の光モジュールは、主面を有し、実装領域、及び、主面に平行な第1方向に沿って実装領域を移動させる駆動領域が設けられたベースと、主面と交差する位置関係にあるミラー面を有し、実装領域に実装された可動ミラーと、主面と交差する位置関係にあるミラー面を有し、ベースに対する位置が固定された第1固定ミラーと、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干渉光学系を構成するビームスプリッタユニットと、を備え、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いる。

[0008] この光モジュールでは、ベースの主面と交差する位置関係にあるミラー面を有する可動ミラーがベースの実装領域に実装されている。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。しかも、この光モジュールでは、実装領域に実装された可動ミラーのミラー面、及びベースに対する位置が固定された第1固定ミラーのミラー面が、ベースの主面に平行な第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固定ミラーのミラー面を基準とすることで、可動ミラーのミラー面の角度ずれが所定範囲内に収まっているか否かを容易に計測することができる。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、可動ミラーのミラー面の角度ずれが所定範囲内に収まっているか否かを容易に計測することができる。

[0009] 本開示の一側面の光モジュールでは、実装領域には、開口が形成されており、可動ミラーは、ミラー面を有するミラー部と、ミラー部に連結された弾性部と、弾性部の弾性変形に応じて弾性力が付与される支持部と、を有し、支持部は、弾性部の弾性力が付与された状態で開口に挿入されており、可動ミラーは、開口の内面から支持部に付与される弾性力の反力によって、実装領域に固定されていてもよい。これによれば、実装領域に可動ミラーを容易且つ高精度に実装することができる。その一方で、例えば、支持部と開口の

内面との間にパーティクルが挟まること等に起因して可動ミラーのミラー面に角度ずれが生じることが懸念されるため、上述したように、可動ミラーのミラー面の角度ずれが所定範囲内に収まっているか否かを容易に計測し得る構成は、特に有効である。

[0010] 本開示の一側面の光モジュールでは、第1固定ミラーは、主面に平行且つ第1方向に垂直な第2方向において、可動ミラーに対して一方の側に位置しており、駆動領域の少なくとも一部は、主面に垂直な第3方向から見た場合に、第1方向における第1固定ミラーの一方の側又は他方の側に位置していてもよい。これによれば、ベースの主面に平行な面内における省スペース化を図り、光モジュール全体の大型化を抑制することができる。

[0011] 本開示の一側面の光モジュールでは、ビームスプリッタユニットは、測定光の一部を反射し且つ測定光の残部を透過させるハーフミラー面と、ハーフミラー面によって反射された測定光の一部を反射する全反射ミラー面と、を含み、ハーフミラー面と全反射ミラー面とは、互いに平行であってもよい。これによれば、ベースの主面に垂直な軸線回りにおけるビームスプリッタユニットの取付角度にずれが生じたとしても、ビームスプリッタユニットへの測定光の入射角度が一定であれば、ビームスプリッタユニットからの測定光の出射角度が一定になる。しかも、この光モジュールでは、可動ミラーのミラー面の大型化が可能であるため、ビームスプリッタユニットからの測定光の出射位置にずれが生じたとしても、当該ずれを実質的に無視することができる。よって、ビームスプリッタユニットのアライメント精度を緩和することができる。

[0012] 本開示の一側面の光モジュールでは、第1固定ミラーは、ベースに実装されていてもよい。これによれば、可動ミラー及び第1固定ミラーの位置合わせの容易化を図ることができる。

[0013] 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、ベースに実装されていてもよい。これによれば、可動ミラー及びビームスプリッタユニットの位置合わせの容易化を図ることができる。

- [0014] 本開示の一側面の光モジュールは、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、及び、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光路の少なくとも1つの光路上に配置され、第1光路と第2光路との間の光路差を補正する光透過部材を更に備えてもよい。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。
- [0015] 本開示の一側面の光モジュールでは、光透過部材は、ベースに実装されていてもよい。これによれば、可動ミラー及び光透過部材の位置合わせの容易化を図ることができる。
- [0016] 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。
- [0017] 本開示の一側面の光モジュールは、主面と交差する位置関係にあるミラー面を有し、ベースに対する位置が固定された第2固定ミラーを更に備え、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、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計測することができる。しかも、第2固定ミラーのミラー面も、可動ミラーのミラー面と同様に、ベースの主面に平行な第1方向における一方の側に向いている。これにより、第2固定ミラーのミラー面を基準とすることで、可動ミラーのミラー面の角度ずれが所定範囲内に収まっているか否かを容易に計測することができる。
- [0018] 本開示の一側面の光モジュールでは、第1固定ミラー及び第2固定ミラーは、主面に平行且つ第1方向に垂直な第2方向において、可動ミラーに対して両側にそれぞれ位置しており、駆動領域の少なくとも一部は、主面に垂直な第3方向から見た場合に、第1方向における第1固定ミラーの一方の側又は他方の側、及び、第1方向における第2固定ミラーの一方の側又は他方の

側に位置していてもよい。これによれば、ベースの主面に平行な面内における省スペース化を図り、光モジュール全体の大型化を抑制することができる。

[0019] 本開示の一側面の光モジュールは、レーザ光が進行せず且つ測定光が進行する光路上に配置され、レーザ光の中心波長を含む波長範囲の光をカットするフィルタを更に備えてもよい。これによれば、レーザ光の干渉光の検出において測定光がノイズとなるのを防止することができる。

[0020] 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リアルタイムで検出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。

[0021] 本開示の一側面の光モジュールでは、ベースは、主面を有し、実装領域及び駆動領域が設けられたデバイス層と、デバイス層を支持する支持層と、支持層とデバイス層との間に設けられた中間層と、を有し、支持層は、SOI基板の第1シリコン層であり、デバイス層は、SOI基板の第2シリコン層であり、中間層は、SOI基板の絶縁層であってもよい。これによれば、デバイス層に実装された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

[0022] 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、可動ミラーのミラー面の角度ずれが所定範囲内に収まっているか否かを容易に計測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

[0023] [図1]図1は、第1実施形態の光モジュールの平面図である。

[図2]図2は、図1のII-II線に沿っての断面図である。

[図3]図3は、図1のIII-III線に沿っての断面図である。

[図4]図4は、第1実施形態の変形例を示す模式図である。

[図5]図5は、第2実施形態の光モジュールの平面図である。

[図6]図6は、図5の光モジュールにおいて光検出器に入射する光のスペクトルを示す図である。

[図7]図7は、第2実施形態の変形例を示す模式図である。

[図8]図8は、第2実施形態の変形例を示す模式図である。

[図9]図9は、第2実施形態の変形例を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0024] 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]

[0025] 図1に示されるように、光モジュール1Aは、ベース10を備えている。ベース10は、支持層2と、支持層2上に設けられたデバイス層3と、支持層2とデバイス層3との間に設けられた中間層4と、を有している。支持層2は、中間層4を介してデバイス層3を支持している。ベース10は、主面10aを有している。主面10aは、デバイス層3における支持層2とは反対側の表面である。支持層2、デバイス層3及び中間層4は、SOI基板によって構成されている。具体的には、支持層2は、SOI基板の第1シリコン層である。デバイス層3は、SOI基板の第2シリコン層である。中間層4は、SOI基板の絶縁層である。支持層2、デバイス層3及び中間層4は、それらの積層方向（主面10aに垂直な方向、第3方向）であるZ軸方向（Z軸に平行な方向）から見た場合に、例えば、一辺が10mm程度の矩形状を呈している。支持層2及びデバイス層3のそれぞれの厚さは、例えば数百 μ m程度である。中間層4の厚さは、例えば数 μ m程度である。なお、図1では、デバイス層3の1つの角部及び中間層4の1つの角部が切り欠かれた状態で、デバイス層3及び中間層4が示されている。

[0026] デバイス層3には、実装領域31及び駆動領域32が設けられている。駆

動領域 3 2 は、一对のアクチュエータ領域 3 3 と、一对の弾性支持領域 3 4 と、を含んでいる。実装領域 3 1 及び駆動領域 3 2（すなわち、実装領域 3 1 並びに一对のアクチュエータ領域 3 3 及び一对の弾性支持領域 3 4）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 3 の一部に一体的に形成されている。

[0027] 一对のアクチュエータ領域 3 3 は、主面 1 0 a に平行な X 軸方向（Z 軸に直交する X 軸に平行な方向、第 1 方向）において実装領域 3 1 の両側に配置されている。つまり、実装領域 3 1 は、X 軸方向において一对のアクチュエータ領域 3 3 に挟まれている。各アクチュエータ領域 3 3 は、中間層 4 を介して支持層 2 に固定されている。各アクチュエータ領域 3 3 における実装領域 3 1 側の側面には、第 1 櫛歯部 3 3 a が設けられている。各第 1 櫛歯部 3 3 a は、その直下の中間層 4 が除去されることで、支持層 2 に対して浮いた状態となっている。各アクチュエータ領域 3 3 には、第 1 電極 3 5 が設けられている。

[0028] 一对の弾性支持領域 3 4 は、主面 1 0 a に平行且つ X 軸方向に垂直な Y 軸方向（Z 軸及び X 軸に直交する Y 軸に平行な方向、第 2 方向）において実装領域 3 1 の両側に配置されている。つまり、実装領域 3 1 は、Y 軸方向において一对の弾性支持領域 3 4 に挟まれている。各弾性支持領域 3 4 の両端部 3 4 a は、中間層 4 を介して支持層 2 に固定されている。各弾性支持領域 3 4 の弾性変形部 3 4 b（両端部 3 4 a の間の部分）は、複数の板バネが連結された構造を有している。各弾性支持領域 3 4 の弾性変形部 3 4 b は、その直下の中間層 4 が除去されることで、支持層 2 に対して浮いた状態となっている。各弾性支持領域 3 4 において両端部 3 4 a のそれぞれには、第 2 電極 3 6 が設けられている。

[0029] 実装領域 3 1 には、各弾性支持領域 3 4 の弾性変形部 3 4 b が接続されている。実装領域 3 1 は、その直下の中間層 4 が除去されることで、支持層 2 に対して浮いた状態となっている。つまり、実装領域 3 1 は、一对の弾性支持領域 3 4 によって支持されている。実装領域 3 1 における各アクチュエー

タ領域 33 側の側面には、第 2 櫛歯部 31a が設けられている。各第 2 櫛歯部 31a は、その直下の中間層 4 が除去されることで、支持層 2 に対して浮いた状態となっている。互いに対向する第 1 櫛歯部 33a 及び第 2 櫛歯部 31a においては、第 1 櫛歯部 33a の各櫛歯が第 2 櫛歯部 31a の各櫛歯間に位置している。

[0030] 一对の弾性支持領域 34 は、X 軸に平行な方向 A から見た場合に両側から実装領域 31 を挟んでおり、実装領域 31 が方向 A に沿って移動すると、実装領域 31 が初期位置に戻るよう実装領域 31 に弾性力を作用させる。したがって、第 1 電極 35 と第 2 電極 36 との間に電圧が印加されて、互いに対向する第 1 櫛歯部 33a 及び第 2 櫛歯部 31a 間に静電引力が作用すると、当該静電引力と一对の弾性支持領域 34 による弾性力とがつり合う位置まで、方向 A に沿って実装領域 31 が移動させられる。このように、駆動領域 32 は、静電アクチュエータとして機能し、X 軸方向に沿って実装領域 31 を移動させる。

[0031] 光モジュール 1A は、可動ミラー 5 と、固定ミラー（第 1 固定ミラー）6 と、ビームスプリッタユニット 7 と、測定光入射部 8 と、測定光出射部 9 と、光透過部材 11 と、を更に備えている。可動ミラー 5、固定ミラー 6 及びビームスプリッタユニット 7 は、測定光 L0 について干渉光学系（第 1 干渉光学系）11 を構成するように、デバイス層 3 上に配置されている。干渉光学系 11 は、ここでは、マイケルソン干渉光学系である。

[0032] 可動ミラー 5 は、デバイス層 3 の実装領域 31 に実装されている。可動ミラー 5 は、ミラー部 51 を有している。ミラー部 51 は、主面 10a と交差する位置関係にあるミラー面 51a を有している。ミラー面 51a は、デバイス層 3 に対して支持層 2 とは反対側に位置している。ミラー面 51a は、例えば X 軸方向に垂直な面（すなわち、方向 A に垂直な面）であり、X 軸方向における一方の側（ビームスプリッタユニット 7 側）に向いている。

[0033] 固定ミラー 6 は、デバイス層 3 の実装領域 37 に実装されている。つまり、固定ミラー 6 は、ベース 10 に実装されている。固定ミラー 6 は、ベース

10に対する位置（ベース10のうち実装領域31及び駆動領域32を除く領域に対する位置）が固定されている。固定ミラー6は、Y軸方向において可動ミラー5に対して一方の側に位置している。つまり、固定ミラー6は、可動ミラー5に対して、Y軸方向における一方の側にずれている。駆動領域32の少なくとも一部は、Z軸方向から見た場合に、X軸方向における固定ミラー6の一方の側に位置している。つまり、駆動領域32の少なくとも一部は、Z軸方向から見た場合に、X軸方向において固定ミラー6と並んでいる。具体的には、駆動領域32のうち一方の弾性支持領域34が、Z軸方向から見た場合に、X軸方向における固定ミラー6の一方の側に位置している。

[0034] 固定ミラー6は、ミラー部61を有している。ミラー部61は、主面10aと交差する位置関係にあるミラー面61aを有している。ミラー面61aは、デバイス層3に対して支持層2とは反対側に位置している。ミラー面61aは、例えばX軸方向に垂直な面（すなわち、方向Aに垂直な面）であり、X軸方向における一方の側（ビームスプリッタユニット7側）に向いている。

[0035] ビームスプリッタユニット7は、X軸方向における可動ミラー5及び固定ミラー6の一方の側に位置している。ビームスプリッタユニット7は、デバイス層3に形成された矩形状の開口3aにおける1つの隅部に、ビームスプリッタユニット7における底面側の1つの角部が位置させられた状態で、ベース10において位置決めされている。より具体的には、ビームスプリッタユニット7は、開口3aにおいて当該1つの隅部に至る両側面のそれぞれに、ビームスプリッタユニット7において当該1つの角部を構成する両側面のそれぞれが接触させられることで、ベース10において位置決めされている。ビームスプリッタユニット7は、位置決めされた状態で接着等によって支持層2に固定されることで、支持層2に実装されている。つまり、ビームスプリッタユニット7は、ベース10に実装されている。なお、開口3aにおける当該1つの隅部には逃げが設けられているため、ビームスプリッタユニ

ット7における当該1つの角部が開口3aにおける当該1つの隅部に接触することはない。

[0036] ビームスプリッタユニット7は、ハーフミラー面71、全反射ミラー面72及び複数の光学面73a, 73b, 73c, 73dを有している。ハーフミラー面71、全反射ミラー面72及び複数の光学面73a, 73b, 73c, 73dは、デバイス層3に対して支持層2とは反対側に位置している。ビームスプリッタユニット7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71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72は、例えば金属膜によって形成されている。

[0037] 光学面73a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固定ミラー6のミラー面61aと重なっている。光学面73aは、X軸方向に沿って入射した測定光L0を透過させる。

[0038] ハーフミラー面71は、例えば光学面73aに対して45°傾斜した面であり、X軸方向から見た場合に固定ミラー6のミラー面61aと重なっている。ハーフミラー面71は、X軸方向に沿って光学面73aに入射した測定光L0の一部をY軸方向に沿って反射し且つ当該測定光L0の残部をX軸方向に沿って固定ミラー6側に透過させる。

[0039] 全反射ミラー面72は、ハーフミラー面71に平行な面であり、X軸方向から見た場合に可動ミラー5のミラー面51aと重なっており且つY軸方向から見た場合にハーフミラー面71と重なっている。全反射ミラー面72は、ハーフミラー面71によって反射された測定光L0の一部をX軸方向に沿って可動ミラー5側に反射する。

[0040] 光学面73bは、光学面73aに平行な面であり、X軸方向から見た場合に可動ミラー5のミラー面51aと重なっている。光学面73bは、全反射ミラー面72によって反射された測定光L0の一部をX軸方向に沿って可動ミラー5側に透過させる。

[0041] 光学面73cは、光学面73aに平行な面であり、X軸方向から見た場合に固定ミラー6のミラー面61aと重なっている。光学面73cは、ハーフ

ミラー面 7 1 を透過した測定光 L 0 の残部を X 軸方向に沿って固定ミラー 6 側に透過させる。

[0042] 光学面 7 3 d は、例えば Y 軸方向に垂直な面であり、Y 軸方向から見た場合にハーフミラー面 7 1 及び全反射ミラー面 7 2 と重なっている。光学面 7 3 d は、測定光 L 1 を Y 軸方向に沿って透過させる。測定光 L 1 は、可動ミラー 5 のミラー面 5 1 a 及び全反射ミラー面 7 2 で順次に反射されてハーフミラー面 7 1 を透過した測定光 L 0 の一部と、固定ミラー 6 のミラー面 6 1 a 及びハーフミラー面 7 1 で順次に反射された測定光 L 0 の残部との干渉光である。

[0043] 測定光入射部 8 は、外部から干渉光学系 1 1 に測定光 L 0 を入射させるように配置されている。測定光入射部 8 は、X 軸方向におけるビームスプリッタユニット 7 の一方の側において、デバイス層 3 に実装されている。測定光入射部 8 は、X 軸方向においてビームスプリッタユニット 7 の光学面 7 3 a と向かい合っている。測定光入射部 8 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。

[0044] 測定光出射部 9 は、干渉光学系 1 1 から外部に測定光 L 1（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 9 は、Y 軸方向におけるビームスプリッタユニット 7 の一方の側において、デバイス層 3 に実装されている。測定光出射部 9 は、Y 軸方向においてビームスプリッタユニット 7 の光学面 7 3 d と向かい合っている。測定光出射部 9 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。

[0045] 光透過部材 1 1 は、ビームスプリッタユニット 7 と固定ミラー 6 との間に配置されている。光透過部材 1 1 は、デバイス層 3 に形成された矩形状の開口 3 b における 1 つの隅部に、光透過部材 1 1 における底面側の 1 つの角部が位置させられた状態で、ベース 1 0 において位置決めされている。より具体的には、光透過部材 1 1 は、開口 3 b において当該 1 つの隅部に至る両側面のそれぞれに、光透過部材 1 1 において当該 1 つの角部を構成する両側面のそれぞれが接触させられることで、ベース 1 0 において位置決めされてい

る。光透過部材 11 は、位置決めされた状態で接着等によって支持層 2 に固定されることで、支持層 2 に実装されている。つまり、光透過部材 11 は、ベース 10 に実装されている。なお、開口 3b における当該 1 つの隅部には逃げが設けられているため、光透過部材 11 における当該 1 つの角部が開口 3b における当該 1 つの隅部に接触することはない。

[0046] 光透過部材 11 は、一对の光学面 11a, 11b を含んでいる。一对の光学面 11a, 11b は、デバイス層 3 に対して支持層 2 とは反対側に位置している。一对の光学面 11a, 11b のそれぞれは、例えば X 軸方向に垂直な面である。一对の光学面 11a, 11b は、互いに平行である。光透過部材 11 は、ビームスプリッタユニット 7 と可動ミラー 5 との間の光路（第 1 光路）P1 と、ビームスプリッタユニット 7 と固定ミラー 6 との間の光路（第 2 光路）P2 との間の光路差を補正する。

[0047] 具体的には、光路 P1 は、ハーフミラー面 71 から、全反射ミラー面 72 及び光学面 73b を順次に介して、基準位置に位置する可動ミラー 5 のミラー面 51a 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 71 から、光学面 73c を介して、固定ミラー 6 のミラー面 61a 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。光透過部材 11 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）との差が例えば 0 となるように、光路 P1 と光路 P2 との間の光路差を補正する。なお、光透過部材 11 は、ビームスプリッタユニット 7 を構成する各光学ブロックに用いられる光透過性材料（例えば、ガラス）と同一の光透過性材料によって形成されている。

[0048] 以上のように構成された光モジュール 1A では、測定光入射部 8 を介して外部から干渉光学系 11 に測定光 L0 が入射すると、測定光 L0 の一部は、ビームスプリッタユニット 7 のハーフミラー面 71 及び全反射ミラー面 72 で順次に反射されて、可動ミラー 5 のミラー面 51a 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 5 のミラー面 51a で反射されて

、同一の光路（すなわち、光路P1）上を進行し、ビームスプリッタユニット7のハーフミラー面71を透過する。

[0049] 一方、測定光L0の残部は、ビームスプリッタユニット7のハーフミラー面71を透過して、固定ミラー6のミラー面61a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6のミラー面61aで反射されて、同一光路（すなわち、光路P2）上を進行し、ビームスプリッタユニット7のハーフミラー面71で反射される。

[0050] ビームスプリッタユニット7のハーフミラー面71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7のハーフミラー面71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、測定光出射部9を介して干渉光学系11から外部に出射する。光モジュール1Aによれば、方向Aに沿って可動ミラー5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。

[可動ミラー及びその周辺構造]

[0051] 図2及び図3に示されるように、可動ミラー5は、ミラー部51と、弾性部52と、連結部53と、一对の脚部（支持部）54と、一对の係止部（支持部）55と、を有している。以下のように構成される可動ミラー5は、MEMS技術（パターニング及びエッチング）によって一体的に形成されている。

[0052] ミラー部51は、ミラー面51aを主面として有する板状（例えば、円板状）に形成されている。弾性部52は、X軸方向（ミラー面51aに垂直な方向）から見た場合にミラー部51から離間しつつミラー部51を囲む環状（例えば、円環状）に形成されている。連結部53は、X軸方向から見た場合にミラー部51の中心に対してY軸方向における一方の側において、ミラー部51と弾性部52とを互いに連結している。

[0053] 一对の脚部54は、X軸方向から見た場合にミラー部51の中心に対してY軸方向における両側において、弾性部52における外側の表面に連結されている。つまり、ミラー部51及び弾性部52は、Y軸方向において一对の

脚部 5 4 に挟まれている。各脚部 5 4 は、ミラー部 5 1 及び弾性部 5 2 よりも実装領域 3 1 側に延在している。一对の係止部 5 5 は、各脚部 5 4 における実装領域 3 1 側の端部にそれぞれ設けられている。各係止部 5 5 は、X 軸方向から見た場合に内側（互いに近づく側）に例えば V 字状に屈曲するように形成されている。

[0054] 以上のように構成された可動ミラー 5 は、実装領域 3 1 に形成された開口 3 1 b に一对の係止部 5 5 が配置されることで、実装領域 3 1 に実装されている。開口 3 1 b は、Z 軸方向において実装領域 3 1 の両側に開口している。各係止部 5 5 の一部は、実装領域 3 1 における中間層 4 側の表面から突出している。つまり、可動ミラー 5 は、実装領域 3 1 を貫通している。

[0055] 実装領域 3 1 の開口 3 1 b に配置された一对の係止部 5 5 には、弾性部 5 2 の弾性変形に応じて外側（互いに遠ざかる側）に弾性力が作用している。つまり、一对の係止部 5 5 は、弾性部 5 2 の弾性力が付与された状態で開口 3 1 b に挿入されている。当該弾性力は、可動ミラー 5 が実装領域 3 1 に実装される際に圧縮された環状の弾性部 5 2 が初期状態に復元しようとして生じているものである。可動ミラー 5 は、開口 3 1 b の内面から一对の係止部 5 5 に付与される弾性力の反力によって、実装領域 3 1 に固定されている。

[0056] なお、図 1 に示されるように、開口 3 1 b は、Z 軸方向から見た場合にビームスプリッタユニット 7 とは反対側に末広りの台形状に形成されている。このような形状を呈する開口 3 1 b に、内側に屈曲する形状を呈する一对の係止部 5 5 が係合することで、可動ミラー 5 は、X 軸方向、Y 軸方向及び Z 軸方向のそれぞれにおいて自動的に位置決めされる（セルフアライメントされる）。

[0057] 図 2 及び図 3 に示されるように、中間層 4 には、開口 4 1 が形成されている。開口 4 1 は、Z 軸方向において中間層 4 の両側に開口している。支持層 2 には、開口 2 1 が形成されている。開口 2 1 は、Z 軸方向において支持層 2 の両側に開口している。光モジュール 1 A では、中間層 4 の開口 4 1 内の領域及び支持層 2 の開口 2 1 内の領域によって、一続きの空間 S 1 が構成さ

れている。つまり、空間 S 1 は、中間層 4 の開口 4 1 内の領域及び支持層 2 の開口 2 1 内の領域を含んでいる。

[0058] 空間 S 1 は、支持層 2 とデバイス層 3 との間に形成されており、少なくとも実装領域 3 1 及び駆動領域 3 2 に対応している。具体的には、中間層 4 の開口 4 1 内の領域及び支持層 2 の開口 2 1 内の領域は、Z 軸方向から見た場合に実装領域 3 1 が移動する範囲を含んでいる。中間層 4 の開口 4 1 内の領域は、実装領域 3 1 及び駆動領域 3 2 のうち支持層 2 から離間させるべき部分（すなわち、支持層 2 に対して浮いた状態とすべき部分であって、例えば、実装領域 3 1 の全体、各弾性支持領域 3 4 の弾性変形部 3 4 b、第 1 櫛歯部 3 3 a 及び第 2 櫛歯部 3 1 a）を支持層 2 から離間させるための隙間を形成している。つまり、少なくとも実装領域 3 1 及び駆動領域 3 2 に対応する空間 S 1 とは、実装領域 3 1 の全体と、駆動領域 3 2 の少なくとも一部と、が支持層 2 から離間するように、支持層 2 とデバイス層 3 との間に形成された空間を意味する。

[0059] 空間 S 1 には、可動ミラー 5 が有する各係止部 5 5 の一部が位置している。具体的には、各係止部 5 5 の一部は、中間層 4 の開口 4 1 内の領域を介して、支持層 2 の開口 2 1 内の領域に位置している。各係止部 5 5 の一部は、デバイス層 3 における中間層 4 側の表面から空間 S 1 内に、例えば $100\mu\text{m}$ 程度突出している。上述したように、中間層 4 の開口 4 1 内の領域及び支持層 2 の開口 2 1 内の領域は、Z 軸方向から見た場合に実装領域 3 1 が移動する範囲を含んでいるため、実装領域 3 1 が方向 A に沿って往復動した際に、可動ミラー 5 の各係止部 5 5 のうち空間 S 1 に位置する一部が、中間層 4 及び支持層 2 と接触することはない。

[固定ミラー及びその周辺構造]

[0060] 固定ミラー 6 は、可動ミラー 5 と同様の構成を有している。図 1 に示されるように、固定ミラー 6 は、実装領域 3 7 に形成された開口 3 7 a に一對の係止部が配置されることで、実装領域 3 7 に実装されている。

[作用及び効果]

[0061] 光モジュール1 Aでは、ベース1 0の主面1 0 aと交差する位置関係にあるミラー面5 1 aを有する可動ミラー5がベース1 0の実装領域3 1に実装されている。これにより、可動ミラー5のミラー面5 1 aの大型化を図ることができる。しかも、光モジュール1 Aでは、実装領域3 1に実装された可動ミラー5のミラー面5 1 a、及びベース1 0に対する位置が固定された固定ミラー6のミラー面6 1 aが、ベース1 0の主面1 0 aに平行なX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5のミラー面5 1 a及び固定ミラー6のミラー面6 1 aが互いに直交する位置関係にある場合に比べ、固定ミラー6のミラー面6 1 aを基準とすることで、可動ミラー5のミラー面5 1 aの角度ずれが所定範囲内に収まっているか否かを容易に計測することができる。以上により、光モジュール1 Aによれば、可動ミラー5のミラー面5 1 aの大型化を図りつつも、可動ミラー5のミラー面5 1 aの角度ずれが所定範囲内に収まっているか否かを容易に計測することができる。

[0062] また、光モジュール1 Aでは、可動ミラー5が、実装領域3 1の開口3 1 bの内面から係止部5 5に付与される弾性力の反力によって、実装領域3 1に固定されている。これにより、例えばセルフアライメントを利用して、実装領域3 1に可動ミラー5を容易且つ高精度に実装することができる。その一方で、例えば、係止部5 5と開口3 1 bの内面との間にパーティクルが挟まること等に起因して可動ミラー5のミラー面5 1 aに角度ずれが生じることが懸念されるため、上述したように、可動ミラー5のミラー面5 1 aの角度ずれが所定範囲内に収まっているか否かを容易に計測し得る構成は、特に有効である。

[0063] また、光モジュール1 Aでは、固定ミラー6が、Y軸方向において、可動ミラー5に対して一方の側に位置しており、駆動領域3 2の少なくとも一部が、Z軸方向から見た場合に、X軸方向における固定ミラー6の一方の側に位置している。これにより、ベース1 0の主面1 0 aに平行な面内における省スペース化を図り、光モジュール1 A全体の大型化を抑制することができる。

る。

[0064] また、光モジュール 1 A では、ビームスプリッタユニット 7 において、測定光 L 0 の一部を反射し且つ測定光 L 0 の残部を透過させるハーフミラー面 7 1 と、ハーフミラー面 7 1 によって反射された測定光 L 0 の一部を反射する全反射ミラー面 7 2 とが、互いに平行である。これにより、ベース 1 0 の主面 1 0 a に垂直な軸線回りにおけるビームスプリッタユニット 7 の取付角度にずれが生じたとしても、ビームスプリッタユニット 7 (具体的には、光学面 7 3 a) への測定光 L 0 の入射角度が一定であれば、ビームスプリッタユニット 7 (具体的には、光学面 7 3 b) からの測定光 L 0 の出射角度が一定になる。しかも、光モジュール 1 A では、可動ミラー 5 のミラー面 5 1 a の大型化が可能であるため、ビームスプリッタユニット 7 からの測定光 L 0 の出射位置にずれが生じたとしても、当該ずれを実質的に無視することができる。よって、ビームスプリッタユニット 7 のアライメント精度を緩和することができる。

[0065] また、光モジュール 1 A では、固定ミラー 6 が、ベース 1 0 に実装されている。これにより、可動ミラー 5 及び固定ミラー 6 の位置合わせの容易化を図ることができる。

[0066] また、光モジュール 1 A では、ビームスプリッタユニット 7 が、ベース 1 0 に実装されている。これにより、可動ミラー 5 及びビームスプリッタユニット 7 の位置合わせの容易化を図ることができる。

[0067] また、光モジュール 1 A では、光透過部材 1 1 が、光路 P 1 上に配置されており、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、測定光 L 0 の干渉光 (測定光 L 1) を容易に且つ高精度で得ることができる。

[0068] また、光モジュール 1 A では、光透過部材 1 1 が、ベース 1 0 に実装されている。これにより、可動ミラー 5 及び光透過部材 1 1 の位置合わせの容易化を図ることができる。

[0069] また、光モジュール 1 A では、測定光入射部 8 が、外部から干渉光学系 1 1 に測定光 L 0 を入射させるように配置されており、測定光出射部 9 が、干

渉光学系 11 から外部に測定光 L1 を出射させるように配置されている。これにより、測定光入射部 8 及び測定光出射部 9 を備える FTIR を得ることができる。

[0070] また、光モジュール 1A では、ベース 10 が、SOI 基板によって構成されている。これにより、デバイス層 3 に実装された可動ミラー 5 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。

[第 1 実施形態の変形例]

[0071] 図 4 の (a) に示されるように、固定ミラー 6 は、光透過部材 11 の光学面 11b に設けられていてもよい。また、図 4 の (b) に示されるように、可動ミラー 5 のミラー面 51a と固定ミラー 6 のミラー面 61a とは、同一平面上に位置していてもよい。この場合、ビームスプリッタユニット 7 と可動ミラー 5 との間に光透過部材 11 が配置され、ビームスプリッタユニット 7 と固定ミラー 6 との間に光透過部材 17 が配置されてもよい。

[0072] 光透過部材 17 は、光学面 17a, 17b 及び全反射ミラー面 17c, 17d を含んでいる。光学面 17a は、例えば X 軸方向に垂直な面である。光学面 17a は、X 軸方向に沿って入射した測定光 L0 の残部を透過させる。全反射ミラー面 17c は、例えば光学面 17a に対して 45° 傾斜した面である。全反射ミラー面 17c は、X 軸方向に沿って光学面 17a に入射した測定光 L0 の残部を Y 軸方向に沿って反射する。全反射ミラー面 17d は、全反射ミラー面 17c に平行な面である。全反射ミラー面 17d は、全反射ミラー面 17c によって反射された測定光 L0 の残部を X 軸方向に沿って固定ミラー 6 側に反射する。光学面 17b は、光学面 17a に平行な面である。光学面 17b は、X 軸方向に沿って入射した測定光 L0 の残部を透過させる。

[0073] 図 4 の (b) に示される構成では、光透過部材 11 及び光透過部材 17 が、ビームスプリッタユニット 7 と可動ミラー 5 との間の光路 P1 と、ビームスプリッタユニット 7 と固定ミラー 6 との間の光路 P2 との間の光路差を補正する。

[第2実施形態]

- [0074] 図5に示されるように、光モジュール1Bは、固定ミラー（第2固定ミラー）12と、光源13と、光検出器14と、フィルタ15と、を更に備える点で、上述した光モジュール1Aと主に相違している。光モジュール1Bでは、可動ミラー5、固定ミラー6及びビームスプリッタユニット7が、測定光L0について干渉光学系（第1干渉光学系）11を構成するように、デバイス層3上に配置されている。また、光モジュール1Bでは、可動ミラー5、固定ミラー12及びビームスプリッタユニット7が、レーザ光L10について干渉光学系（第2干渉光学系）12を構成するように、デバイス層3上に配置されている。各干渉光学系11、12は、ここでは、マイケルソン干渉光学系である。
- [0075] 固定ミラー12は、デバイス層3の実装領域38に実装されている。つまり、固定ミラー12は、ベース10に実装されている。固定ミラー12は、ベース10に対する位置（ベース10のうち実装領域31及び駆動領域32を除く領域に対する位置）が固定されている。固定ミラー12は、Y軸方向において可動ミラー5に対して他方の側（固定ミラー6がずれる一方の側とは反対側）に位置している。つまり、固定ミラー12は、可動ミラー5に対して、Y軸方向における他方の側にずれている。
- [0076] 光モジュール1Bでは、固定ミラー6、12が、Y軸方向において、可動ミラー5に対して両側に位置している。駆動領域32の少なくとも一部は、Z軸方向から見た場合に、X軸方向における固定ミラー6の一方の側、及び、X軸方向における固定ミラー12の一方の側に位置している。つまり、駆動領域32の少なくとも一部は、Z軸方向から見た場合に、X軸方向において各固定ミラー6、12と並んでいる。具体的には、駆動領域32のうち一方の弾性支持領域34が、Z軸方向から見た場合に、X軸方向における固定ミラー6の一方の側に位置している。また、駆動領域32のうち他方の弾性支持領域34が、Z軸方向から見た場合に、X軸方向における固定ミラー12の一方の側に位置している。

[0077] 固定ミラー 12 は、ミラー部 121 を有している。ミラー部 121 は、主面 10a と交差する位置関係にあるミラー面 121a を有している。ミラー面 121a は、デバイス層 3 に対して支持層 2 とは反対側に位置している。ミラー面 121a は、例えば X 軸方向に垂直な面（すなわち、方向 A に垂直な面）であり、X 軸方向における一方の側（ビームスプリッタユニット 7 側）に向いている。固定ミラー 12 は、可動ミラー 5 と同様の構成を有しており、実装領域 38 に形成された開口 38a に一對の係止部が配置されることで、実装領域 38 に実装されている。

[0078] ビームスプリッタユニット 7 は、複数のハーフミラー面 71a, 71b、全反射ミラー面 72、ダイクロイックミラー面 74 及び複数の光学面 75a, 75b, 75c, 75d, 75e, 75f を有している。複数のハーフミラー面 71a, 71b、全反射ミラー面 72、ダイクロイックミラー面 74 及び複数の光学面 75a, 75b, 75c, 75d, 75e, 75f は、デバイス層 3 に対して支持層 2 とは反対側に位置している。ビームスプリッタユニット 7 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。各ハーフミラー面 71a, 71b 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 72 は、例えば金属膜によって形成されている。ダイクロイックミラー面 74 は、例えば誘電体多層膜によって形成されている。

[0079] 光学面 75a 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固定ミラー 6 のミラー面 61a と重なっている。光学面 75a は、X 軸方向に沿って入射した測定光 L0 を透過させる。

[0080] ハーフミラー面 71a は、例えば光学面 75a に対して 45° 傾斜した面であり、X 軸方向から見た場合に固定ミラー 6 のミラー面 61a と重なっている。ハーフミラー面 71a は、X 軸方向に沿って光学面 75a に入射した測定光 L0 の一部を Y 軸方向に沿って反射し且つ当該測定光 L0 の残部を X 軸方向に沿って固定ミラー 6 側に透過させる。

[0081] 光学面 75b 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可動ミラー 5 のミラー面 51a と重なっている。光学面 75b は、X 軸

方向に沿って入射したレーザ光L 1 0を透過させる。

[0082] ハーフミラー面7 1 bは、ハーフミラー面7 1 aに平行な面であり、X軸方向から見た場合に可動ミラー5のミラー面5 1 aと重なっており且つY軸方向から見た場合にハーフミラー面7 1 aと重なっている。ハーフミラー面7 1 bは、X軸方向に沿って光学面7 5 bに入射したレーザ光L 1 0の一部をY軸方向に沿って反射し且つ当該レーザ光L 1 0の残部をX軸方向に沿って可動ミラー5側に透過させる。ハーフミラー面7 1 bは、ハーフミラー面7 1 aによって反射された測定光L 0の一部をX軸方向に沿って可動ミラー5側に反射する。

[0083] 全反射ミラー面7 2は、ハーフミラー面7 1 a, 7 1 bに平行な面であり、X軸方向から見た場合に固定ミラー1 2のミラー面1 2 1 aと重なっており且つY軸方向から見た場合にハーフミラー面7 1 a, 7 1 bと重なっている。全反射ミラー面7 2は、ハーフミラー面7 1 bによって反射されたレーザ光L 1 0の一部をX軸方向に沿って固定ミラー1 2側に反射する。

[0084] 光学面7 5 cは、光学面7 5 a, 7 5 bに平行な面であり、X軸方向から見た場合に可動ミラー5のミラー面5 1 aと重なっている。光学面7 5 cは、ハーフミラー面7 1 bによって反射された測定光L 0の一部、及びハーフミラー面7 1 bを透過したレーザ光L 1 0の残部をX軸方向に沿って可動ミラー5側に透過させる。

[0085] 光学面7 5 dは、光学面7 5 a, 7 5 bに平行な面であり、X軸方向から見た場合に固定ミラー1 2のミラー面1 2 1 aと重なっている。光学面7 5 dは、全反射ミラー面7 2によって反射されたレーザ光L 1 0の一部をX軸方向に沿って固定ミラー1 2側に透過させる。

[0086] 光学面7 5 eは、光学面7 5 a, 7 5 bに平行な面であり、X軸方向から見た場合に固定ミラー6のミラー面6 1 aと重なっている。光学面7 5 eは、ハーフミラー面7 1 aを透過した測定光L 0の残部をX軸方向に沿って固定ミラー6側に透過させる。

[0087] ダイクロイックミラー面7 4は、ハーフミラー面7 1 a, 7 1 b及び全反

射ミラー面 7 2 に平行な面であり、Y 軸方向から見た場合にハーフミラー面 7 1 a, 7 1 b 及び全反射ミラー面 7 2 と重なっている。ダイクロイックミラー面 7 4 は、測定光 L 1 を Y 軸方向に沿って透過させ且つレーザ光 L 1 1 を X 軸方向に沿って反射する。測定光 L 1 は、可動ミラー 5 のミラー面 5 1 a 及びハーフミラー面 7 1 b で順次に反射されてハーフミラー面 7 1 a を透過した測定光 L 0 の一部と、固定ミラー 6 のミラー面 6 1 a 及びハーフミラー面 7 1 a で順次に反射された測定光 L 0 の残部との干渉光である。レーザ光 L 1 1 は、固定ミラー 1 2 のミラー面 1 2 1 a 及び全反射ミラー面 7 2 で順次に反射されてハーフミラー面 7 1 b 及びハーフミラー面 7 1 a を順次に透過したレーザ光 L 1 0 の一部と、可動ミラー 5 のミラー面 5 1 a 及びハーフミラー面 7 1 b で順次に反射されてハーフミラー面 7 1 a を透過したレーザ光 L 1 0 の残部との干渉光である。

[0088] 光学面 7 5 f は、光学面 7 5 c, 7 5 d, 7 5 e に平行な面であり、X 軸方向から見た場合にダイクロイックミラー面 7 4 と重なっている。光学面 7 5 f は、ダイクロイックミラー面 7 4 によって反射されたレーザ光 L 1 1 を X 軸方向に沿って透過させる。

[0089] 測定光入射部 8 は、外部から干渉光学系 1 1 に測定光 L 0 を入射させるように配置されている。測定光入射部 8 は、X 軸方向におけるビームスプリッタユニット 7 の一方の側において、デバイス層 3 に実装されている。測定光入射部 8 は、X 軸方向においてビームスプリッタユニット 7 の光学面 7 5 a と向かい合っている。測定光入射部 8 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。

[0090] 測定光出射部 9 は、干渉光学系 1 1 から外部に測定光 L 1 を出射させるように配置されている。測定光出射部 9 は、Y 軸方向におけるビームスプリッタユニット 7 の一方の側において、デバイス層 3 に実装されている。測定光出射部 9 は、Y 軸方向においてビームスプリッタユニット 7 のダイクロイックミラー面 7 4 と向かい合っている。測定光出射部 9 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。

- [0091] 光源 1 3 は、干渉光学系 1 2 に入射させるレーザ光 L 1 0 を発生する。光源 1 3 は、例えばレーザダイオードである。光源 1 3 は、X 軸方向におけるビームスプリッタユニット 7 の一方の側において、デバイス層 3 に実装されている。光源 1 3 は、X 軸方向においてビームスプリッタユニット 7 の光学面 7 5 b と向かい合っている。
- [0092] 光検出器 1 4 は、干渉光学系 1 2 から出射されたレーザ光 L 1 1 を検出する。光検出器 1 4 は、例えばフォトダイオードである。光検出器 1 4 は、X 軸方向におけるビームスプリッタユニット 7 の一方の側において、デバイス層 3 に実装されている。光検出器 1 4 は、X 軸方向においてビームスプリッタユニット 7 の光学面 7 5 f と向かい合っている。
- [0093] フィルタ 1 5 は、レーザ光 L 1 0 が進行せず且つ測定光 L 0 が進行する光路上に配置されている。具体的には、フィルタ 1 5 は、測定光入射部 8 とビームスプリッタユニット 7 との間に配置されている。フィルタ 1 5 は、レーザ光 L 1 0 の中心波長を含む波長範囲の光をカットする。
- [0094] 以上のように構成された光モジュール 1 B では、測定光入射部 8 及びフィルタ 1 5 を介して外部から干渉光学系 1 1 に測定光 L 0 が入射すると、測定光 L 0 の一部は、ビームスプリッタユニット 7 のハーフミラー面 7 1 a 及びハーフミラー面 7 1 b で順次に反射されて、可動ミラー 5 のミラー面 5 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 5 のミラー面 5 1 a で反射されて、同一の光路（すなわち、光路 P 1）上を進行し、ビームスプリッタユニット 7 のハーフミラー面 7 1 a を透過する。
- [0095] 一方、測定光 L 0 の残部は、ビームスプリッタユニット 7 のハーフミラー面 7 1 a を透過して、固定ミラー 6 のミラー面 6 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 6 のミラー面 6 1 a で反射されて、同一光路（すなわち、光路 P 2）上を進行し、ビームスプリッタユニット 7 のハーフミラー面 7 1 a で反射される。
- [0096] ビームスプリッタユニット 7 のハーフミラー面 7 1 a 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 7 のハーフミラー面 7 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、ビームスプリッタユニット7のダイクロイックミラー面7 4を透過して、測定光出射部9を介して干渉光学系1 1から外部に出射する。

[0097] また、光モジュール1 Bでは、光源1 3から干渉光学系1 2にレーザ光L 1 0が入射すると、レーザ光L 1 0の一部は、ビームスプリッタユニット7のハーフミラー面7 1 b及び全反射ミラー面7 2で順次に反射されて、固定ミラー1 2のミラー面1 2 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、固定ミラー1 2のミラー面1 2 1 aで反射されて、同一の光路（すなわち、ビームスプリッタユニット7と固定ミラー1 2との間の光路P 3（第3光路））上を進行し、ビームスプリッタユニット7のハーフミラー面7 1 bを透過する。

[0098] 一方、レーザ光L 1 0の残部は、ビームスプリッタユニット7のハーフミラー面7 1 bを透過して、可動ミラー5のミラー面5 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、可動ミラー5のミラー面5 1 aで反射されて、同一光路（すなわち、光路P 1）上を進行し、ビームスプリッタユニット7のハーフミラー面7 1 bで反射される。

[0099] ビームスプリッタユニット7のハーフミラー面7 1 bを透過したレーザ光L 1 0の一部と、ビームスプリッタユニット7のハーフミラー面7 1 b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、ビームスプリッタユニット7のハーフミラー面7 1 aを透過した後、ビームスプリッタユニット7のダイクロイックミラー面7 4で反射されて、干渉光学系1 2から出射され、光検出器1 4で検出される。光モジュール1 Bによれば、レーザ光L 1 1を検出することで可動ミラー5の位置をリアルタイムで検出することができるので、より高精度のFTIRを提供することができる。

[0100] 光モジュール1 Bでは、測定光入射部8とビームスプリッタユニット7との間に配置されたフィルタ1 5によって、測定光L 0から、レーザ光L 1 0の中心波長を含む波長範囲の光（例えば、1 μ m以下の波長範囲の測定光L

0) がカットされる。これにより、図6に示されるように、光検出器14に入射する光において、レーザ光L11と測定光L1とが混在することが防止される。

[作用及び効果]

[0101] 光モジュール1B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5のミラー面51aの大型化を図りつつも、可動ミラー5のミラー面51aの角度ずれが所定範囲内に収まっているか否かを容易に計測することができる。

[0102] また、光モジュール1Bでは、固定ミラー6、12が、Y軸方向において、可動ミラー5に対して両側にそれぞれ位置しており、駆動領域32の少なくとも一部が、Z軸方向から見た場合に、X軸方向における固定ミラー6の一方の側、及び、X軸方向における固定ミラー12の一方の側に位置している。これにより、ベース10の主面10aに平行な面内における省スペース化を図り、光モジュール1B全体の大型化を抑制することができる。

[0103] また、光モジュール1Bでは、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15が、レーザ光L10が進行せず且つ測定光L10が進行する光路上に配置されている。これにより、レーザ光L10の干渉光（レーザ光L11）の検出において測定光L1がノイズとなるのを防止することができる。

[0104] また、光モジュール1Bは、干渉光学系12に入射させるレーザ光L10を発生する光源13と、干渉光学系12から出射されたレーザ光L11を検出する光検出器14と、を備えている。これにより、レーザ光L11を検出することで可動ミラー5の位置をリアルタイムで検出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。

[第2実施形態の変形例]

[0105] 図7の(a)及び(b)に示されるように、光源13及び光検出器14は、ベース10とは別に設けられた回路基板16上に実装されていてもよい。また、図7の(a)に示されるように、固定ミラー6は、光透過部材11の

光学面 1 1 b に設けられていてもよい。また、図 7 の (b) に示されるように、固定ミラー 6, 1 2 は、Y 軸方向において、可動ミラー 5 に対して一方の側に位置していてもよい。この場合、ビームスプリッタユニット 7 は、次のように構成されてもよい。

[0106] 図 7 の (b) に示されるビームスプリッタユニット 7 では、光学面 7 5 a 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固定ミラー 6 のミラー面 6 1 a と重なっている。光学面 7 5 a は、X 軸方向に沿って入射した測定光 L 0 を透過させる。

[0107] ハーフミラー面 7 1 a は、例えば光学面 7 5 a に対して 45° 傾斜した面であり、X 軸方向から見た場合に固定ミラー 6 のミラー面 6 1 a と重なっている。ハーフミラー面 7 1 a は、X 軸方向に沿って光学面 7 5 a に入射した測定光 L 0 の一部を Y 軸方向に沿って反射し且つ当該測定光 L 0 の残部を X 軸方向に沿って固定ミラー 6 側に透過させる。

[0108] 光学面 7 5 b 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固定ミラー 1 2 のミラー面 1 2 1 a と重なっている。光学面 7 5 b は、X 軸方向に沿って入射したレーザ光 L 1 0 を透過させる。

[0109] ハーフミラー面 7 1 b は、ハーフミラー面 7 1 a に平行な面であり、X 軸方向から見た場合に固定ミラー 1 2 のミラー面 1 2 1 a と重なっており且つ Y 軸方向から見た場合にハーフミラー面 7 1 a と重なっている。ハーフミラー面 7 1 b は、X 軸方向に沿って光学面 7 5 b に入射したレーザ光 L 1 0 の一部を Y 軸方向に沿って反射し且つ当該レーザ光 L 1 0 の残部を X 軸方向に沿って固定ミラー 1 2 側に透過させる。ハーフミラー面 7 1 a は、ハーフミラー面 7 1 b によって反射されたレーザ光 L 1 0 の一部を Y 軸方向に沿って透過させる。

[0110] 全反射ミラー面 7 2 は、ハーフミラー面 7 1 a, 7 1 b に平行な面であり、X 軸方向から見た場合に可動ミラー 5 のミラー面 5 1 a と重なっており且つ Y 軸方向から見た場合にハーフミラー面 7 1 a, 7 1 b と重なっている。全反射ミラー面 7 2 は、ハーフミラー面 7 1 a によって反射された測定光 L

0の一部、及びハーフミラー面71bによって反射されたレーザ光L10の一部をX軸方向に沿って可動ミラー5側に反射する。

[0111] 光学面75cは、光学面75a、75bに平行な面であり、X軸方向から見た場合に固定ミラー6のミラー面61aと重なっている。光学面75cは、ハーフミラー面71aを透過した測定光L0の残部をX軸方向に沿って固定ミラー6側に透過させる。

[0112] 光学面75dは、光学面75a、75bに平行な面であり、X軸方向から見た場合に可動ミラー5のミラー面51aと重なっている。光学面75dは、全反射ミラー面72によって反射された測定光L0の一部及びレーザ光L10の一部をX軸方向に沿って可動ミラー5側に透過させる。

[0113] 光学面75eは、光学面75a、75bに平行な面であり、X軸方向から見た場合に固定ミラー12のミラー面121aと重なっている。光学面75eは、ハーフミラー面71aを透過したレーザ光L10の残部をX軸方向に沿って固定ミラー12側に透過させる。

[0114] ダイクロイックミラー面74は、ハーフミラー面71a、71b及び全反射ミラー面72に平行な面であり、Y軸方向から見た場合にハーフミラー面71a、71b及び全反射ミラー面72と重なっている。ダイクロイックミラー面74は、測定光L1をY軸方向に沿って透過させ且つレーザ光L11をX軸方向に沿って反射する。測定光L1は、可動ミラー5のミラー面51a及び全反射ミラー面72で順次に反射されてハーフミラー面71a、71bを順次に透過した測定光L0の一部と、固定ミラー6のミラー面61a及びハーフミラー面71aで順次に反射されてハーフミラー面71bを透過した測定光L0の残部との干渉光である。レーザ光L11は、可動ミラー5のミラー面51a及び全反射ミラー面72で順次に反射されてハーフミラー面71a、71bを順次に透過したレーザ光L10の一部と、固定ミラー12のミラー面121a及びハーフミラー面71bで順次に反射されたレーザ光L10の残部との干渉光である。

[0115] 光学面75fは、光学面75c、75d、75eに平行な面であり、X軸

方向から見た場合にダイクロイックミラー面 7 4 と重なっている。光学面 7 5 f は、ダイクロイックミラー面 7 4 によって反射されたレーザ光 L 1 1 を X 軸方向に沿って透過させる。

[0116] また、図 8 の (a) に示されるように、可動ミラー 5、固定ミラー 6 及びビームスプリッタユニット 7 が、測定光 L 0 について干渉光学系 1 1 を構成していると共に、レーザ光 L 1 0 について干渉光学系 1 2 を構成していてもよい。この場合、ビームスプリッタユニット 7 は、次のように構成されてもよい。

[0117] 図 8 の (a) に示されるビームスプリッタユニット 7 では、光学面 7 5 a 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固定ミラー 6 のミラー面 6 1 a と重なっている。光学面 7 5 a は、X 軸方向に沿って入射した測定光 L 0 を透過させる。

[0118] ハーフミラー面 7 1 a は、例えば光学面 7 5 a に対して 45° 傾斜した面であり、X 軸方向から見た場合に固定ミラー 6 のミラー面 6 1 a と重なっている。ハーフミラー面 7 1 a は、X 軸方向に沿って光学面 7 5 a に入射した測定光 L 0 の一部を Y 軸方向に沿って反射し且つ当該測定光 L 0 の残部を X 軸方向に沿って固定ミラー 6 側に透過させる。

[0119] 光学面 7 5 b は、例えば X 軸方向に垂直な面であり、Y 軸方向において光学面 7 5 a の一方の側に位置している。光学面 7 5 b は、X 軸方向に沿って入射したレーザ光 L 1 0 を透過させる。

[0120] ハーフミラー面 7 1 b は、ハーフミラー面 7 1 a に平行な面であり、X 軸方向から見た場合に光学面 7 5 b と重なっており且つ Y 軸方向から見た場合にハーフミラー面 7 1 a と重なっている。ハーフミラー面 7 1 b は、X 軸方向に沿って光学面 7 5 b に入射したレーザ光 L 1 0 を Y 軸方向に沿って反射する。ハーフミラー面 7 1 a は、ハーフミラー面 7 1 b によって反射されたレーザ光 L 1 0 の一部を Y 軸方向に沿って透過させ当該レーザ光 L 1 0 の残部を X 軸方向に沿って固定ミラー 6 側に反射する。

[0121] 全反射ミラー面 7 2 は、ハーフミラー面 7 1 a, 7 1 b に平行な面であり

、X軸方向から見た場合に可動ミラー5のミラー面51aと重なっており且つY軸方向から見た場合にハーフミラー面71a, 71bと重なっている。全反射ミラー面72は、ハーフミラー面71aによって反射された測定光L0の一部、及びハーフミラー面71aを透過したレーザ光L10の一部をX軸方向に沿って可動ミラー5側に反射する。

[0122] 光学面75cは、光学面75a, 75bに平行な面であり、X軸方向から見た場合に固定ミラー6のミラー面61aと重なっている。光学面75cは、ハーフミラー面71aを透過した測定光L0の残部、及びハーフミラー面71aによって反射されたレーザ光L10の残部をX軸方向に沿って固定ミラー6側に透過させる。

[0123] 光学面75dは、光学面75a, 75bに平行な面であり、X軸方向から見た場合に可動ミラー5のミラー面51aと重なっている。光学面75dは、全反射ミラー面72によって反射された測定光L0の一部及びレーザ光L10の一部をX軸方向に沿って可動ミラー5側に透過させる。

[0124] ハーフミラー面71cは、ハーフミラー面71a, 71b及び全反射ミラー面72に平行な面であり、Y軸方向においてハーフミラー面71aとハーフミラー面71bとの間に位置している。ハーフミラー面71cは、測定光L1をX軸方向に沿って反射し且つレーザ光L11をY軸方向に沿って透過させる。ハーフミラー面71bは、ハーフミラー面71cを透過したレーザ光L11をY軸方向に沿って透過させる。測定光L1は、可動ミラー5のミラー面51a及び全反射ミラー面72で順次に反射されてハーフミラー面71aを透過した測定光L0の一部と、固定ミラー6のミラー面61a及びハーフミラー面71aで順次に反射された測定光L0の残部との干渉光である。レーザ光L11は、可動ミラー5のミラー面51a及び全反射ミラー面72で順次に反射されてハーフミラー面71aを透過したレーザ光L10の一部と、固定ミラー6のミラー面61a及びハーフミラー面71aで順次に反射されたレーザ光L10の残部との干渉光である。

[0125] 光学面75fは、光学面75c, 75dに平行な面であり、X軸方向から

見た場合にハーフミラー面 7 1 c と重なっている。光学面 7 5 f は、ハーフミラー面 7 1 c によって反射された測定光 L 1 を X 軸方向に沿って透過させる。

[0126] また、図 8 の (b) に示されるように、図 1 に示されるビームスプリッタユニット 7 の構成において、測定光 L 0 についての全反射ミラー面 7 2 を、レーザ光 L 1 0 についてハーフミラー面として機能させることで、可動ミラー 5、固定ミラー 1 2 及びビームスプリッタユニット 7 によって、レーザ光 L 1 0 についての干渉光学系 1 2 を構成することが可能である。図 8 の (b) に示される構成では、ミラー面 1 2 1 a が Y 軸方向において全反射ミラー面 7 2 と向かい合うように固定ミラー 1 2 が配置され、光学面 7 3 d から出射された測定光 L 1 及びレーザ光 L 1 1 を分離するようにダイクロイックミラー 7 6 が配置されている。

[0127] また、図 9 の (a) に示されるように、図 4 の (a) に示されるビームスプリッタユニット 7 の構成に、光学ブロック 7 7 を更に適用することで、可動ミラー 5、固定ミラー 6 及びビームスプリッタユニット 7 によって、測定光 L 0 についての干渉光学系 1 1、及びレーザ光 L 1 0 についての干渉光学系 1 2 を構成することが可能である。同様に、図 9 の (b) に示されるように、図 4 の (b) に示されるビームスプリッタユニット 7 の構成に、光学ブロック 7 7 を更に適用することで、可動ミラー 5、固定ミラー 6 及びビームスプリッタユニット 7 によって、測定光 L 0 についての干渉光学系 1 1、及びレーザ光 L 1 0 についての干渉光学系 1 2 を構成することが可能である。

[0128] 図 9 の (a) 及び (b) に示される光学ブロック 7 7 は、複数の光学面 7 7 a, 7 7 b、ハーフミラー面 7 7 c, 7 7 d を含んでいる。光学面 7 7 a は、例えば X 軸方向に垂直な面であり、X 軸方向に沿って入射したレーザ光 L 1 0 を透過させる。ハーフミラー面 7 7 c は、例えば光学面 7 7 a に対して 45° 傾斜した面であり、X 軸方向から見た場合に光学面 7 7 a と重なっている。ハーフミラー面 7 7 c は、光学面 7 7 a を透過したレーザ光 L 1 0 を Y 軸方向に沿って反射する。ハーフミラー面 7 7 d は、ハーフミラー面 7

7 c に平行な面であり、X 軸方向から見た場合に光学面 7 3 a と重なっており且つ Y 軸方向から見た場合にハーフミラー面 7 7 c と重なっている。ハーフミラー面 7 7 d は、X 軸方向に沿って入射した測定光 L 0 を透過させ、且つハーフミラー面 7 7 c によって反射されたレーザ光 L 1 0 を X 軸方向に沿って光学面 7 3 a 側に反射する。光学面 7 7 b は、光学面 7 7 a に平行な面であり、X 軸方向から見た場合に光学面 7 3 a と重なっている。光学面 7 7 b は、ハーフミラー面 7 7 d を透過した測定光 L 0、及びハーフミラー面 7 7 d によって反射されたレーザ光 L 1 0 を X 軸方向に沿って光学面 7 3 a 側に透過させる。

[0129] 図 9 の (a) 及び (b) に示される構成では、測定光 L 1 は、図 4 の (a) 及び (b) に示される構成と同様に、光学面 7 3 d から出射される。レーザ光 L 1 1 は、光学面 7 3 a、7 7 b を順次に透過した後、ハーフミラー面 7 7 d によって反射され、ハーフミラー面 7 7 c から出射される。測定光 L 1 は、可動ミラー 5 のミラー面 5 1 a 及び全反射ミラー面 7 2 で順次に反射されてハーフミラー面 7 1 を透過した測定光 L 0 の一部と、固定ミラー 6 のミラー面 6 1 a 及びハーフミラー面 7 1 で順次に反射された測定光 L 0 の残部との干渉光である。レーザ光 L 1 1 は、可動ミラー 5 のミラー面 5 1 a、全反射ミラー面 7 2 及びハーフミラー面 7 1 で順次に反射されたレーザ光 L 1 0 の一部と、固定ミラー 6 のミラー面 6 1 a で反射されてハーフミラー面 7 1 を透過したレーザ光 L 1 0 の残部との干渉光である。

[変形例]

[0130] 以上、本開示の一実施形態について説明したが、本開示は、上記実施形態に限定されない。例えば、駆動領域 3 2 の少なくとも一部は、Z 軸方向から見た場合に、X 軸方向における固定ミラー 6 の一方の側ではなく、X 軸方向における固定ミラー 6 の他方の側に位置していてもよい。具体的には、固定ミラー 6 は、駆動領域 3 2 のうち一方の弾性支持領域 3 4 とビームスプリッタユニット 7 との間に配置されていてもよい。同様に、駆動領域 3 2 の少なくとも一部は、Z 軸方向から見た場合に、X 軸方向における固定ミラー 1 2

の一方の側ではなく、X軸方向における固定ミラー12の他方の側に位置していてもよい。具体的には、固定ミラー12は、駆動領域32のうち一方の弾性支持領域34とビームスプリッタユニット7との間に配置されていてもよい。

[0131] また、固定ミラー6、12、ビームスプリッタユニット7及び光透過部材11の少なくとも1つは、ベース10に実装されていなくてもよい。例えば、固定ミラー6、12、ビームスプリッタユニット7及び光透過部材11の少なくとも1つが、ベース10とは異なるベースに実装されていてもよい。

[0132] また、光透過部材11は、図4の(b)に示されるように、ビームスプリッタユニット7と可動ミラー5との間の光路P1上に配置されていてもよい。また、光透過部材11は、ビームスプリッタユニット7と可動ミラー5との間の光路P1、及び、ビームスプリッタユニット7と固定ミラー6との間の光路P2の両方の光路上に配置されていてもよい。つまり、光透過部材11は、ビームスプリッタユニット7と可動ミラー5との間の光路P1、及び、ビームスプリッタユニット7と固定ミラー6との間の光路P2の少なくとも1つの光路上に配置されていればよい。

[0133] また、フィルタ15は、レーザ光が進行せず且つ測定光が進行する光路上に配置されていれば、その位置は限定されない。フィルタ15は、例えば、ビームスプリッタユニット7と可動ミラー5との間、及び、ビームスプリッタユニット7と固定ミラー6との間のそれぞれに配置されていてもよい。

[0134] また、可動ミラー5のミラー面51a、固定ミラー6のミラー面61a及び固定ミラー12のミラー面121aは、ベース10の主面10aと交差する位置関係にあれば、デバイス層3に対して支持層2とは反対側に位置しているものに限定されない。例えば、可動ミラー5のミラー面51a、固定ミラー6のミラー面61a及び固定ミラー12のミラー面121aは、デバイス層3を直接的に貫通する等、ベース10の主面10aと直接的に交差していてもよい。

符号の説明

[0135] 1 A, 1 B…光モジュール、2…支持層、3…デバイス層、4…中間層、5…可動ミラー、6…固定ミラー（第1固定ミラー）、7…ビームスプリッタユニット、8…測定光入射部、9…測定光出射部、10…ベース、10 a…主面、11…光透過部材、12…固定ミラー（第2固定ミラー）、13…光源、14…光検出器、15…フィルタ、31…実装領域、31 b…開口、32…駆動領域、51…ミラー部、51 a…ミラー面、52…弾性部、54…脚部（支持部）、55…係止部（支持部）、61 a…ミラー面、71…ハーフミラー面、72…全反射ミラー面、121 a…ミラー面、L0, L1…測定光、L10, L11…レーザ光、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）、P1…光路（第1光路）、P2…光路（第2光路）。

請求の範囲

- [請求項1] 主面を有し、実装領域、及び、前記主面に平行な第1方向に沿って前記実装領域を移動させる駆動領域が設けられたベースと、
- 前記主面と交差する位置関係にあるミラー面を有し、前記実装領域に実装された可動ミラーと、
- 前記主面と交差する位置関係にあるミラー面を有し、前記ベースに対する位置が固定された第1固定ミラーと、
- 前記可動ミラー及び前記第1固定ミラーと共に測定光について第1干渉光学系を構成するビームスプリッタユニットと、を備え、
- 前記可動ミラーの前記ミラー面及び前記第1固定ミラーの前記ミラー面は、前記第1方向における一方の側に向いている、光モジュール。
- [請求項2] 前記実装領域には、開口が形成されており、
- 前記可動ミラーは、前記ミラー面を有するミラー部と、前記ミラー部に連結された弾性部と、前記弾性部の弾性変形に応じて弾性力が付与される支持部と、を有し、
- 前記支持部は、前記弾性部の弾性力が付与された状態で前記開口に挿入されており、
- 前記可動ミラーは、前記開口の内面から前記支持部に付与される前記弾性力の反力によって、前記実装領域に固定されている、請求項1に記載の光モジュール。
- [請求項3] 前記第1固定ミラーは、前記主面に平行且つ前記第1方向に垂直な第2方向において、前記可動ミラーに対して一方の側に位置しており、
- 前記駆動領域の少なくとも一部は、前記主面に垂直な第3方向から見た場合に、前記第1方向における前記第1固定ミラーの前記一方の側又は他方の側に位置している、請求項1又は2に記載の光モジュール。

- [請求項4] 前記ビームスプリッタユニットは、
前記測定光の一部を反射し且つ前記測定光の残部を透過させるハーフミラー面と、
前記ハーフミラー面によって反射された前記測定光の前記一部を反射する全反射ミラー面と、を含み、
前記ハーフミラー面と前記全反射ミラー面とは、互いに平行である、請求項1～3のいずれか一項に記載の光モジュール。
- [請求項5] 前記第1固定ミラーは、前記ベースに実装されている、請求項1～4のいずれか一項に記載の光モジュール。
- [請求項6] 前記ビームスプリッタユニットは、前記ベースに実装されている、請求項1～5のいずれか一項に記載の光モジュール。
- [請求項7] 前記ビームスプリッタユニットと前記可動ミラーとの間の第1光路、及び、前記ビームスプリッタユニットと前記第1固定ミラーとの間の第2光路の少なくとも1つの光路上に配置され、前記第1光路と前記第2光路との間の光路差を補正する光透過部材を更に備える、請求項1～6のいずれか一項に記載の光モジュール。
- [請求項8] 前記光透過部材は、前記ベースに実装されている、請求項7に記載の光モジュール。
- [請求項9] 外部から前記第1干渉光学系に前記測定光を入射させるように配置された測定光入射部と、
前記第1干渉光学系から外部に前記測定光を出射させるように配置された測定光出射部と、を更に備える、請求項1～8のいずれか一項に記載の光モジュール。
- [請求項10] 前記主面と交差する位置関係にあるミラー面を有し、前記ベースに対する位置が固定された第2固定ミラーを更に備え、
前記ビームスプリッタユニットは、前記可動ミラー及び前記第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、
前記第2固定ミラーの前記ミラー面は、前記第1方向における前記

一方の側に向いている、請求項 1 ～ 9 のいずれか一項に記載の光モジュール。

[請求項11] 前記第 1 固定ミラー及び前記第 2 固定ミラーは、前記主面に平行且つ前記第 1 方向に垂直な第 2 方向において、前記可動ミラーに対して両側にそれぞれ位置しており、

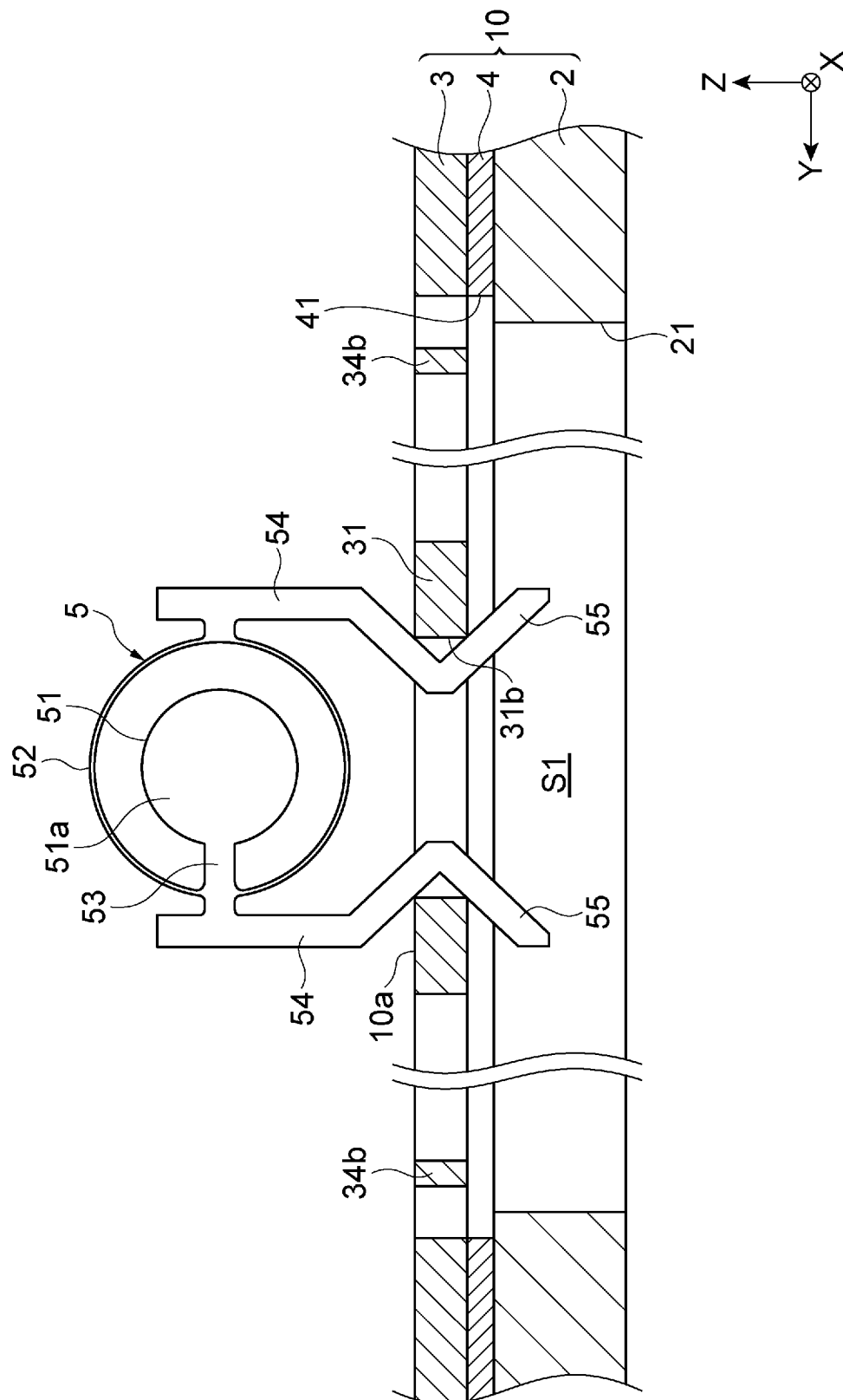
前記駆動領域の少なくとも一部は、前記主面に垂直な第 3 方向から見た場合に、前記第 1 方向における前記第 1 固定ミラーの前記一方の側又は他方の側、及び、前記第 1 方向における前記第 2 固定ミラーの前記一方の側又は他方の側に位置している、請求項 10 に記載の光モジュール。

[請求項12] 前記レーザ光が進行せず且つ前記測定光が進行する光路上に配置され、前記レーザ光の中心波長を含む波長範囲の光をカットするフィルタを更に備える、請求項 10 又は 11 に記載の光モジュール。

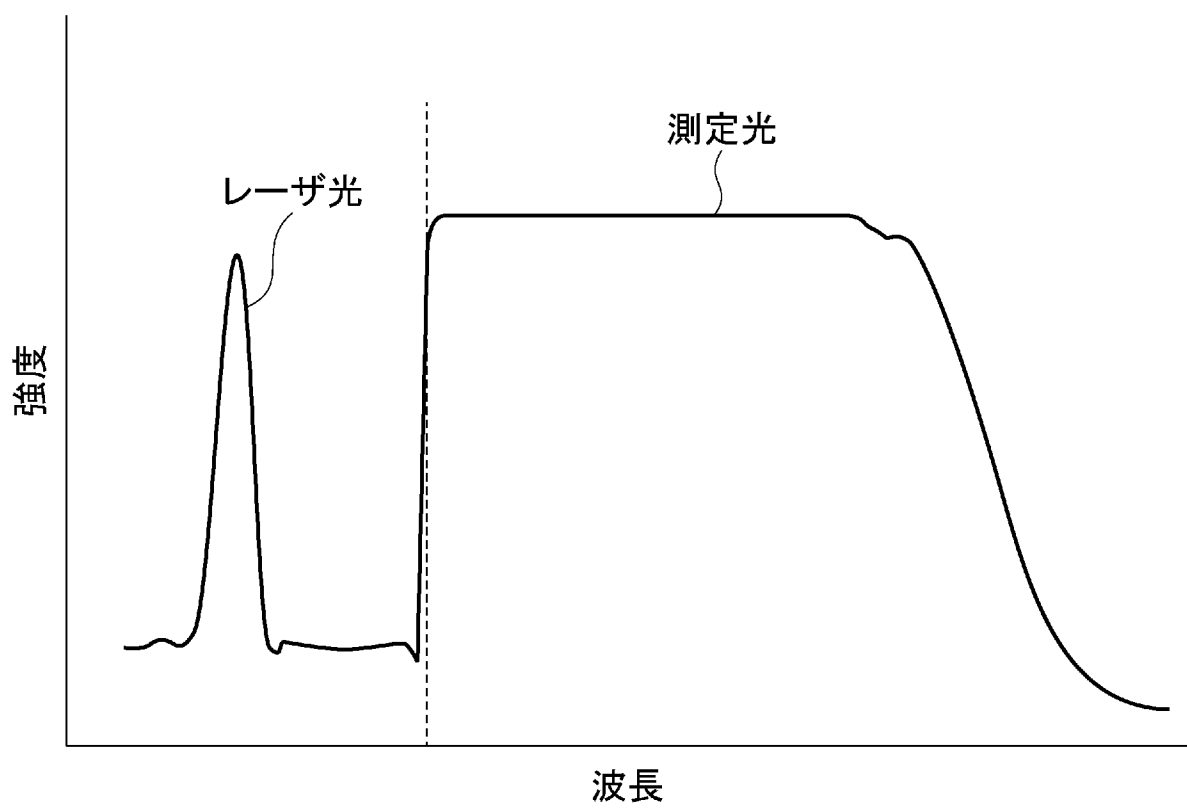
[請求項13] 前記第 2 干渉光学系に入射させる前記レーザ光を発生する光源と、前記第 2 干渉光学系から出射された前記レーザ光を検出する光検出器と、を更に備える請求項 10 ～ 12 のいずれか一項に記載の光モジュール。

[請求項14] 前記ベースは、
前記主面を有し、前記実装領域及び前記駆動領域が設けられたデバイス層と、
前記デバイス層を支持する支持層と、
前記支持層と前記デバイス層との間に設けられた中間層と、を有し、
前記支持層は、SOI 基板の第 1 シリコン層であり、
前記デバイス層は、前記 SOI 基板の第 2 シリコン層であり、
前記中間層は、前記 SOI 基板の絶縁層である、請求項 1 ～ 13 のいずれか一項に記載の光モジュール。

[図2]

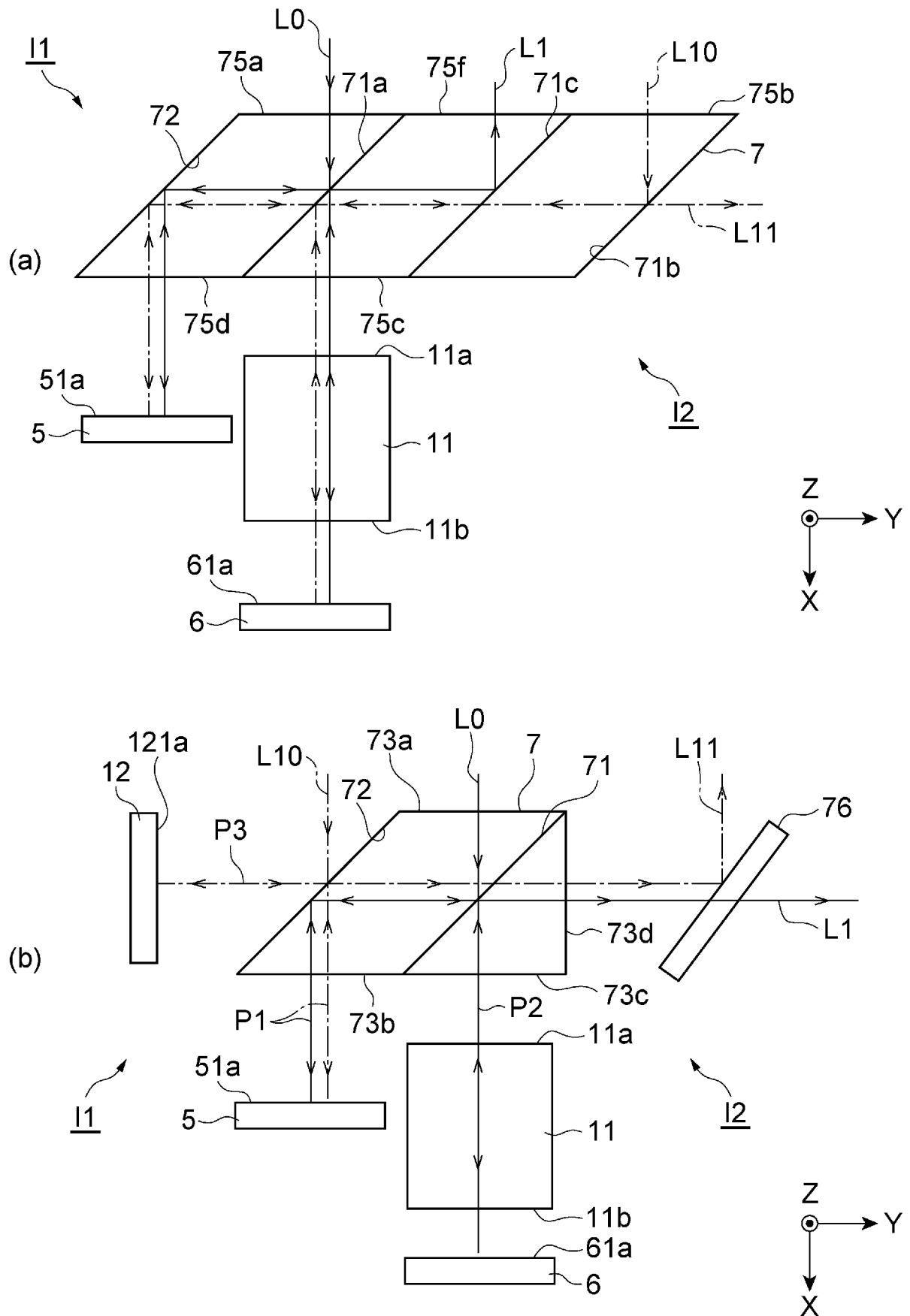


[図6]

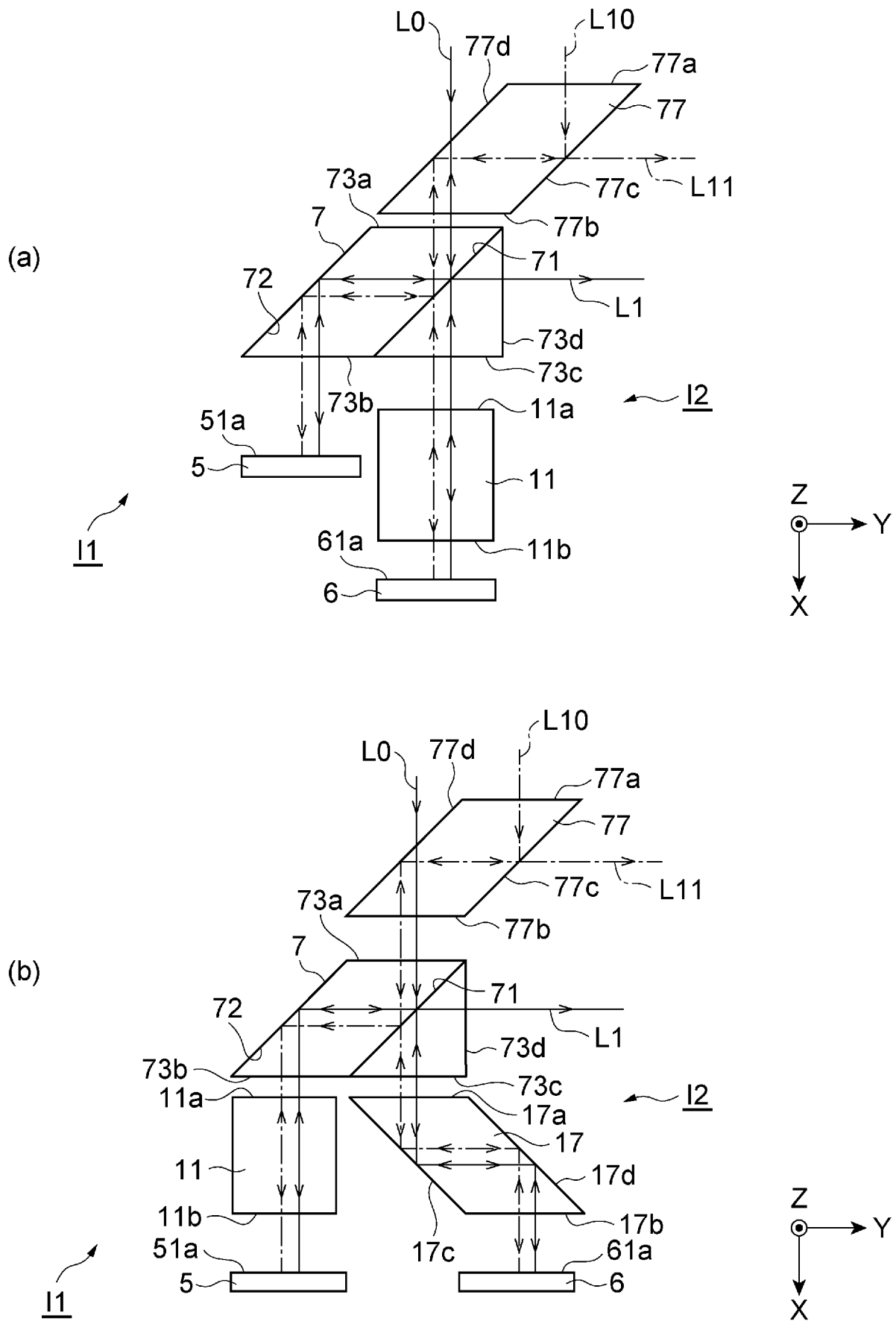


[illegible]

[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/009975

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G02B26/06(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i, G01J3/45(2006.01)i,
G01N21/35(2014.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. G02B26/06, B81B3/00, G01J3/45, G01N21/35

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-170029 A (HAMAMATSU PHOTONICS K. K.) 05 August 2010, entire text, all drawings & US 2010/0188728 A1 & EP 2211141 A2 & CN 101786592 A	1-14
A	JP 2005-43870 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 17 February 2005, entire text, all drawings & US 2005/0025415 A1	1-14
A	JP 2011-2698 A (NIKON CORP.) 06 January 2011, entire text, all drawings (Family: none)	1-14
A	JP 2003-159698 A (NIKON CORP.) 03 June 2003, entire text, all drawings & US 2004/0183395 A1 & WO 2003/024864 A1 & EP 1437325 A1 & CN 1555339 A & KR 10-2004-0035804 A & TW 200404174 A	1-14
A	US 2003/0049879 A1 (LIN, Chuang-Chia) 13 March 2003, entire text, all drawings & WO 2003/010878 A2 & AU 2002326454 A	1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.	☐ See patent family annex.
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 25 May 2018 (25.05.2018)	Date of mailing of the international search report 05 June 2018 (05.06.2018)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02B26/06(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i, G01J3/45(2006.01)i, G01N21/35(2014.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02B26/06, B81B3/00, G01J3/45, G01N21/35

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2010-170029 A（浜松ホトニクス株式会社）2010.08.05, 全文、全図 & US 2010/0188728 A1 & EP 2211141 A2 & CN 101786592 A	1-14
A	JP 2005-43870 A（住友電気工業株式会社）2005.02.17, 全文、全図 & US 2005/0025415 A1	1-14

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

25.05.2018

国際調査報告の発送日

05.06.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

佐藤 洋允

2 L

3 4 1 3

電話番号 03-3581-1101 内線 3295

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2011-2698 A (株式会社ニコン) 2011.01.06, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-14
A	JP 2003-159698 A (株式会社ニコン) 2003.06.03, 全文、全図 & US 2004/0183395 A1 & WO 2003/024864 A1 & EP 1437325 A1 & CN 1555339 A & KR 10-2004-0035804 A & TW 200404174 A	1-14
A	US 2003/0049879 A1 (LIN Chuang-Chia) 2003.03.13, 全文、全図 & WO 2003/010878 A2 & AU 2002326454 A	1-14