

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2021-509483

(P2021-509483A)

(43) 公表日 令和3年3月25日(2021.3.25)

(51) Int.Cl.		F I			テーマコード (参考)	
GO2F	1/015	(2006.01)	GO2F	1/015	505	2H137
GO2B	6/42	(2006.01)	GO2B	6/42		2K102
GO2B	6/32	(2006.01)	GO2B	6/32		

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2020-534625 (P2020-534625)	(71) 出願人	000002130 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(86) (22) 出願日	平成30年12月26日 (2018.12.26)	(74) 代理人	100088155 弁理士 長谷川 芳樹
(85) 翻訳文提出日	令和2年6月19日 (2020.6.19)	(74) 代理人	100113435 弁理士 黒木 義樹
(86) 国際出願番号	PCT/JP2018/047950	(74) 代理人	100136722 弁理士 ▲高▼木 邦夫
(87) 国際公開番号	W02019/131804	(74) 代理人	100174399 弁理士 寺澤 正太郎
(87) 国際公開日	令和1年7月4日 (2019.7.4)	(74) 代理人	100182006 弁理士 湯本 謙司
(31) 優先権主張番号	特願2017-249023 (P2017-249023)		
(32) 優先日	平成29年12月26日 (2017.12.26)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)		

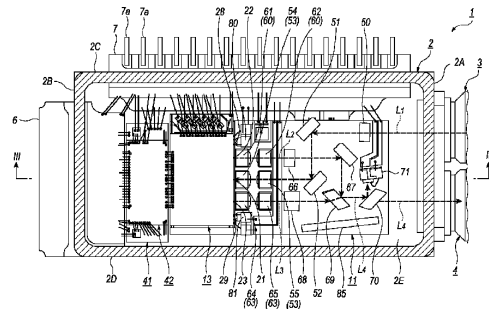
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光モジュール及び光モジュールの組立方法

(57) 【要約】

半導体変調器、入力レンズ系、第1及び第2の出力レンズ系、並びに2つのモニタPDを備える光モジュールが開示されている。半導体変調器は、その一方の側に、入力ポート、第1及び第2の出力ポート、並びに2つのモニタポートを有する。入力ポート、並びに、第1及び第2の出力ポートは、それぞれ、入力レンズ系、並びに第1及び第2のレンズ系に対向している。2つのモニタポートは、それぞれ2つのモニタPDに対向している。第1及び第2の出力ポートは、一方の側の入力ポートに対して対称的に配置される。2つのモニタポートは、第1及び第2の出力ポートのそれぞれの外側に、入力ポートに対して対称に配置される。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

光モジュールであって、

長方形の平面形状を有し、連続光を受光する入力ポート、第 1 及び第 2 の出力ポート、並びに 2 つのモニタポートを有し、前記連続光を分波光に分波して前記分波光を位相変調し、前記第 1 の出力ポートから第 1 の出力光を生成するために光の一部を合波すると共に、前記第 2 の出力ポートから第 2 の出力光を生成するために光の残部を合波し、前記モニタポートのそれぞれが前記第 1 及び第 2 の出力光のそれぞれをモニタする半導体変調器と、

前記入力ポートに対向する入力レンズ系、並びに、前記第 1 及び第 2 の出力ポートのそれぞれに対向する第 1 及び第 2 の出力レンズ系と、を備え、

前記半導体変調器は、前記長方形の 1 つの側面を備え、

前記第 1 及び第 2 の出力ポートは、前記側面において前記入力ポートに対して互いに対称となるように配置され、

前記 2 つのモニタポートのそれぞれは、前記第 1 及び第 2 の出力ポートの外側において、前記側面で前記入力ポートに対して互いに対称となるように配置されている、
光モジュール。

【請求項 2】

前記入力レンズ系、並びに、前記第 1 及び第 2 の出力レンズ系、のそれぞれは、後段レンズと前段レンズとを備える、

請求項 1 に記載の光モジュール。

【請求項 3】

前記半導体変調器の前記モニタポートにそれぞれ対向する 2 つのモニタ PD を更に備える、

請求項 1 に記載の光モジュール。

【請求項 4】

前記半導体変調器及び前記 2 つのモニタ PD を収容する側壁を有する筐体と、前記半導体変調器の側面に対向する側壁の 1 つの外側に設けられた入力アセンブリ及び出力アセンブリと、を更に備え、

前記出力アセンブリの光軸は前記半導体変調器の前記第 2 の出力ポートの光軸に合わせられる、

請求項 1 に記載の光モジュール。

【請求項 5】

入力アセンブリは連続光を出力し、出力アセンブリは前記第 2 の出力光が合波された前記第 1 の出力光を出力し、

前記光モジュールは、前記入力アセンブリに前記半導体変調器の前記入力ポートを介して光結合する光結合系と、前記出力アセンブリに前記半導体変調器の前記第 1 及び第 2 の出力ポートが光学的に結合される別の光結合系と、を更に備え、

前記光結合系は、入力レンズ系と、前記半導体変調器の前記入力ポートの光軸と共に前記入力アセンブリの光軸を変換する 2 つのミラーと、を有し、

前記別の光結合系は、前記第 1 及び第 2 の出力ポートの一方からの光の偏波方向を 90° 回転させる偏波回転器と、前記第 1 及び第 2 の出力ポートの他方からの出力光に前記偏波回転器からの出力光を合波する偏波光合成器 (PBC) と、を有する、

請求項 1 に記載の光モジュール。

【請求項 6】

前記入力ポート、並びに、前記第 1 及び第 2 の出力ポートの光軸に交差する方向に沿って光が進むことを防止する反射防止板を更に備える、

請求項 5 に記載の光モジュール。

【請求項 7】

前記半導体変調器を駆動するドライバを更に備え、

10

20

30

40

50

前記筐体は、前記筐体の長手方向に沿って前記ドライバ及び前記半導体変調器を、間に何も介在しないように並べて搭載する、
請求項 4 に記載の光モジュール。

【請求項 8】

前記筐体は、前記入力アセンブリ及び前記出力アセンブリが設けられる側壁の反対側の側壁にフィードスルーを更に備え、前記ドライバは、前記フィードスルーの前に、間に何も介在しないように搭載される、
請求項 7 に記載の光モジュール。

【請求項 9】

少なくとも前記半導体変調器を搭載する TEC (Thermo-Electric Cooler) を更に備える、
請求項 7 に記載の光モジュール。

10

【請求項 10】

前記ドライバは、前記筐体内において前記 TEC とは独立して搭載される、
請求項 9 に記載の光モジュール。

【請求項 11】

前記入力レンズ系、並びに、前記第 1 及び第 2 の出力レンズ系は、前記半導体変調器の前記入力ポート、並びに、前記第 1 及び第 2 の出力ポートのそれぞれに対向する 3 つのレンズを備えるアレイレンズの中で一体的に形成される、
請求項 1 に記載の光モジュール。

20

【請求項 12】

入力ポート、並びに、第 1 及び第 2 の出力ポートが 1 つの側面に設けられた半導体変調器と、内部に前記半導体変調器を収容する筐体と、前記筐体の 1 つの側壁において前記半導体変調器の 1 つの側面に対向するように設けられる入力及び出力アセンブリと、を備えた光モジュールの組立方法であって、

前記半導体変調器の前記入力ポートと共に入力レンズ系を配置して、入力アセンブリと共に前記入力ポートを光学的に結合する工程と、

前記半導体変調器の前記第 1 及び第 2 の出力ポートと共に前記第 1 及び第 2 の出力レンズ系を配置し、前記出力アセンブリと共に前記第 1 及び第 2 の出力ポートを光学的に結合する工程と、

30

を備える光モジュールの組立方法。

【請求項 13】

前記半導体変調器は、前記半導体変調器の前記 1 つの側面における前記第 1 及び第 2 の出力ポートの外側に配置されたモニタポートを更に備え、

前記入力レンズ系を配置する工程の前に、前記半導体変調器の前記モニタポートに対向するモニタ PD を配置する工程を更に備え、

前記入力レンズ系を配置する工程は、前記入力レンズ系を介して前記入力ポートに試験光を出力する工程を有し、

前記モニタ PD のいずれかに対向する前記モニタポートの 1 つを介して前記モニタ PD の 1 つによって前記試験光の強度を検出し、

40

前記モニタ PD によって検出された光の強度が最大となる前記入力レンズの位置を決定する、

請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

前記入力レンズ系を配置する工程の前に、前記入力レンズ系を介在させずに前記半導体変調器の前記入力ポートに前記試験光を出力する模擬ファイバを配置する工程を更に備える、

請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】

前記第 1 及び第 2 の出力レンズ系を配置する工程は、

50

前記入力レンズ系を介して前記入力ポートに試験光を入力する工程と、

第2の出力光の強度が最小となるように前記半導体変調器に供給されたバイアスの基で第1のレンズ系を移動させることによって前記第1のレンズ系を通る前記試験光の強度の最大値を決定する工程と、

第1の出力光の強度が最小となるように前記半導体変調器に供給されたバイアスの基で第2のレンズ系を移動させることによって前記第2のレンズ系を通る前記試験光の強度の最大値を決定する工程と、

2つの前記出力レンズ系の一方によって検出された強度の最大値がより大きい一方の前記出力レンズ系を、より大きい前記強度が他方の前記出力レンズ系を介して検出されたより小さい強度に合うように配置する工程と、

を備える請求項12に記載の方法。

【請求項16】

前記出力レンズ系の一方を配置する工程の後に、強度の最大値が小さい他方の前記レンズ系を固定する工程をさらに備える、
請求項15に記載の方法。

【請求項17】

前記固定する工程の後に、強度の最大値がより大きい一方の前記レンズ系を固定する工程を更に備える、
請求項16に記載の方法。

【請求項18】

一方の前記出力レンズ系を配置する工程では、一方の前記出力レンズ系を介して検出された出力光の強度を、検出された出力光の強度の最大値が小さい他方の前記レンズ系の強度に近づけて実質同一にする、

請求項15に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、2017年12月26日の日本出願第2017-249023号に基づく優先権を主張し、前記日本出願に記載された全ての記載内容を援用するものである。本発明は、光モジュール及び光モジュールの組立方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特開2017-026988号公報には、偏波多重4値位相変調(DP-QPSK: Dual Polarization Quadrature Phase-Shift Keying)方式の光モジュールが記載されている。この光モジュールは、入力光を複数に分岐して分岐された入力光のそれぞれに位相変調を行い、位相変調された2つの信号光を出力する2つの変調器チップを有する。この変調器チップでは、その一方側に光入力ポートが設けられており、その他方側に2つの出力ポートが設けられている。

【0003】

特開2009-229592号公報には、2つの光変調器が同一基板上に形成された光デバイスが記載されている。この光変調器では、基板の両端面からそれぞれ入力する光が変調され、変調された光が該両端面からそれぞれ出力される。

【0004】

光通信の分野では、光モジュールの筐体内に複雑な機能を実装すると共に、光モジュールの筐体の小型化が要求されている。このような光モジュールとして、特開2017-026988号公報に記載されたDP-QPSK方式の光モジュールがある。この方式は、QPSK方式によりそれぞれ変調された2つの光の偏波を互いに直交させることにより、合計4ビットの情報を伝送する方式である。この光モジュールでは、光入力ポート及び2つの出力ポートが変調器チップの両側にそれぞれ設けられている。

【0005】

10

20

30

40

50

しかしながら、このような変調器チップでは、レンズ等の各光学部品を両側にそれぞれ配置することとなるので、それらの光学部品の実装領域が大きくなりやすい。従って、このような光モジュールでは、小型化が困難である。また、このような配置では、各光学部品を効率的に配置することが難しくなる。このように、構成が複雑で、かつ配置が難しい。

【発明の概要】

【0006】

本発明の一側面は、光モジュールに関する。光モジュールは、半導体変調器と、入力レンズ系と、第1及び第2の出力レンズ系と、2つのモニタPD(Photo Diode)とを備える。半導体変調器の平面形状は長方形とされている。半導体変調器は、入力ポートと、第1及び第2の出力ポートと、2つのモニタポートとを備える。半導体変調器は、入力ポートにおいて連続光を受けて、当該連続光を分岐光に分岐する。半導体変調器は、分岐光を位相変調し、複数の分岐光の一部を合波して第1の出力ポートから第1の出力光を出力する。半導体変調器は、複数の分岐光の残部を合波して第2の出力ポートから第2の出力光を出力する。入力レンズ系と、第1及び第2の出力レンズ系のそれぞれは、半導体変調器側に配置された後段レンズと、半導体変調器からより離れた位置に配置された前段レンズとを備える。入力レンズ系は、入力ポートに対向する。第1及び第2の出力レンズ系は第1及び第2の出力ポートのそれぞれに対向する。2つのモニタPDのそれぞれは、半導体変調器のモニタポートに対向する。本発明の光モジュールでは、半導体変調器が、一側面における入力ポートに対して対称となるように第1及び第2の出力ポートが配置される長方形の一つの側面を有し、2つのモニタポートが第1及び第2の出力ポートのそれぞれの外側に配置されており、当該一つの側面における入力ポートに対して互いに対称となるように配置されているという特徴を有する。

【0007】

本発明の別の側面は、光モジュールの組立方法に関する。光モジュールは、半導体変調器と、筐体と、入力及び出力アセンブリとを備える。半導体変調器は、その一つの側面に、入力ポートと、第1及び第2の出力ポートとを備える。筐体は、内部に半導体変調器を収容する。入力及び出力アセンブリは、半導体変調器の側面に対向する筐体の側壁に設けられる。この方法は、(1)入力アセンブリに光学的に結合するように半導体変調器の入力ポートに入力レンズ系を配置すること、及び(2)出力アセンブリに第1及び第2の出力ポートが光学的に結合するように半導体変調器の第1及び第2の出力ポートに第1及び第2の出力レンズ系を配置すること、を含む。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】図1は、本発明の第1実施形態の光モジュールを示す斜視図である。

【図2】図2は、図1の光モジュールの平面図である。

【図3】図3は、図2のIII-III線に沿った光モジュールの断面図である。

【図4】図4は、図1に示される光モジュール内に搭載された半導体変調器の平面図である。

【図5】図5は、図4に示された電極及び電気配線を除いた図4の半導体変調器を示す平面図である。

【図6】図6は、図1に示される光モジュールの組立方法を示すフローチャートである。

【図7】図7は、光モジュールの製造工程を示す図である。

【図8】図8は、図7に示される工程の次の工程を示す図である。

【図9】図9は、図8に示される工程の次の工程を示す図である。

【図10】図10は、図9に示される工程の次の工程を示す図である。

【図11】図11は、図10に示される工程の次の工程を示す図である。

【図12】図12は、図11に示される工程の次の工程を示す図である。

【図13】図13は、本発明の第2実施形態に係る別の光モジュールを示す斜視図である。

10

20

30

40

50

【図14】図14は、レンズアレイの配置中に半導体変調器における、配列されたレンズ、入力ポート、第1及び第2の出力ポートの位置関係を模式的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

次に、本発明に係る光モジュール、及び光モジュールの組立方法の実施形態を、以下に図面を参照しつつ説明する。なお、本発明はこれらの例示に限定されるものではなく、特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味及び範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。以下の説明では、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0010】

図1は、本発明に係る光モジュール1の内部を示す斜視図である。図2は、光モジュール1の平面図である。図3は、図2のIII-III線に沿った光モジュール1の断面図である。なお、図1では、入力アセンブリ3及び出力アセンブリ4の一部が断面として示されており、側壁2Dの一部が省略されている。本実施形態の光モジュール1は、DP-QPSK方式の光通信において用いられる光モジュールである。光モジュール1は、略直方体状の筐体2と、筐体2の短手方向に延びる側壁2Aとを備え、側壁2Aに入力アセンブリ3及び出力アセンブリ4が取り付けられている。

【0011】

筐体2は、例えばコパール製である。筐体2は、4つの側壁2A、2B、2C、及び2D、並びに底面2Eを有する。側壁2A、2Bは、筐体2の幅方向に延びており、互いに対向している。側壁2C、2Dは、互いに対向すると共に、筐体2の長手方向に延びている。底面2Eは、4つの側壁2A、2B、2C、及び2Dの周辺に設けられる。側壁2Aは、入力アセンブリ3及び出力アセンブリ4を取り付けるための2つの窓部5を備える。また、前側の側壁2Aに対向する側壁2Bには、フィードスルー6が設けられている。フィードスルー6は、高周波信号を伝送する伝送線路を有する。伝送線路は、FPC基板を介して高周波信号を受け、該高周波信号を筐体2内に伝送する。このFPC基板に代えてリードピンが設けられてもよい。

【0012】

また、側壁2Cには、フィードスルー7(図2を参照)が設けられている。フィードスルー7は、複数のリードピン7aを有する。具体的には、複数のリードピン7aは、フィードスルー7の表面及び表面とは反対側の裏面の両方に設けられた二段構造を有する。このように複数のリードピン7aが二段構造を有することによりリードピンの数を増やすことができる。本実施形態の光モジュール1では、機能が複雑であり、フィードスルー7の両面に設けられたリードピン7aを増やすのは避けられないためである。複数のリードピン7aは、光モジュール1を搭載する外部の回路基板に接続される。複数のリードピン7aには、光モジュール1内において生成された電気信号を光モジュール1の外部に取り出すリードピン、筐体2の内部の電子回路にバイアスを供給するリードピン、及び接地リードピン等が含まれる。本実施形態の光モジュール1では、1つの側壁2Cにフィードスルー7が設けられているが、側壁2Dに別のフィードスルーが設けられていてもよい。

【0013】

入力アセンブリ3及び出力アセンブリ4は、筐体2の短手方向に沿って並置されている。入力アセンブリ3には、図1に示されるように、偏波保持ファイバ(Polarization Maintaining Fiber: PMF)8が接続されている。入力アセンブリ3は、PMF8を保持するピグテイル部品、及び、窓部5と対向して配置されるレンズ3aを含む。レンズ3aは、連続光 L_1 をコリメート光に変換して筐体2内に導く。レンズ3aの焦点距離は例えば2.0mmである。ピグテイル部品及びレンズ3aは、例えば金属部品によって互いに接合固定される。

【0014】

出力アセンブリ4には、シングルモードファイバ(Single Mode Fiber: SMF)9が接続されている。出力アセンブリ4は、SMF9を保持するピグテイル部品、及び、窓部

10

20

30

40

50

5と対向して配置されるレンズ4aを含む。レンズ4aは、筐体2内においてDP-QPSK方式により変調された出力光 L_4 を、SMF9に集光する。レンズ4aの焦点距離は例えば2.0mmである。ピグテイル部品及びレンズ4aは、金属部品によって互いに接合固定される。なお、筐体2には、側壁2A~2D上で該筐体2を塞ぐ蓋(不図示)が、筐体2の内部を封止する。底面2E、側壁2A~2D及び当該蓋で画成された筐体2の内部空間が内部の光部品及び電気部品を気密封止する。

【0015】

本実施形態の光モジュール1は、TEC(Thermoelectric Cooler)10、ベース11、キャリア12、及び半導体変調器13を筐体2内に備える。TEC10は、底面2E上に搭載されている。ベース11は、TEC10上に搭載されている。半導体変調器13は、ベース11上に搭載されている。半導体変調器13の温度は、TEC10により一定に保持されている。

10

【0016】

図4は、半導体変調器13を示す平面図である。図5は、図4に示された半導体変調器13から電極及び電気配線を除いた半導体変調器13を示す平面図である。半導体変調器13は、GaAs系半導体もしくはInP系半導体によって構成されるマッハツェンダー型の半導体変調器である。半導体変調器13は、変調器チップ20と、入力ポート21と、第1の出力ポート22と、第2の出力ポート23と、分岐部24と、第1の合波部25と、第2の合波部26と、複数(例えば8本)のアーム導波路27a~27hと、第1のモニタポート28と、第2のモニタポート29とを有する。

20

【0017】

変調器チップ20は、絶縁性又は半絶縁性のInP基板である。変調器チップ20の平面形状は四角形状であり、一例では長方形形状もしくは正方形形状である。変調器チップ20は、その長手方向の端部に位置する辺20a, 20bと、その短手方向の端部に位置する辺20c, 20dとを有する。辺20a, 20bの長さは例えば4mm~9mmであり、辺20c, 20dの長さは例えば3mm~12mmである。

【0018】

入力ポート21は、入力アセンブリ3からの連続光 L_1 を入力し、辺20a、具体的には、辺20aの中央に位置する。すなわち、辺20cの一端から入力ポート21までの距離と、辺20dの一端から入力ポート21までの距離とは互いに等しい。入力ポート21は、辺20aに直交する光軸を有する。すなわち、入力ポート21から延びる光導波路は、辺20aに対して直交する光軸を有する。

30

【0019】

第1及び第2の出力ポート22, 23は、出力光 L_2, L_3 を外部へ出力する光ポートであって、変調器チップ20の辺20aに設けられている。第1及び第2の出力ポート22, 23は、入力ポート21に対して互に対称な位置に設けられている。すなわち、第1の出力ポート22は、辺20d側に設けられている。入力ポート21から第1の出力ポート22までの距離は、入力ポート21から第2の出力ポート23までの距離と等しい。第2の出力ポート23は、入力ポート21に対して辺20c側に設けられる。第1の出力ポート22の光軸、及び第2の出力ポート23の光軸は、辺20aに対して直交している。すなわち、第1の出力ポート22及び第2の出力ポート23のそれぞれから延びる光導波路は、辺20aに対して直交する光軸を有する。入力ポート21から第1の出力ポート22までの距離は、入力ポート21から第2の出力ポート23までの距離に等しい。また、辺20dに対する第1の出力ポート22の距離は、辺20cに対する第2の出力ポートまでの距離と等しい。

40

【0020】

分岐部24は、入力ポート21から入力された連続光 L_1 を8本のアーム導波路27a~27hに分岐する。第1の合波部25は、4本のアーム導波路27e~27hを伝搬した信号光(一部)を合波して第1の出力ポート22に第1の出力光 L_2 として提供する。第2の合波部26は、別の4本のアーム導波路27a~27dを伝搬した信号光(残部)

50

を合波して第 2 の出力ポート 2 3 に第 2 の出力光 L_3 として提供する。

【 0 0 2 1 】

第 1 のモニタポート 2 8 は、第 1 の合波部 2 5 から出力される光強度をモニタする為の光ポートである。第 2 のモニタポート 2 9 は、第 2 の合波部 2 6 から出力される光強度をモニタする為の光ポートである。第 1 及び第 2 のモニタポート 2 8 , 2 9 は、変調器チップ 2 0 の辺 2 0 a において、入力ポート 2 1 に対して互いに対称な位置に設けられている。第 1 及び第 2 の出力ポート 2 2 , 2 3、並びに入力ポート 2 1 は、第 1 のモニタポート 2 8 と第 2 のモニタポート 2 9 との間（内側）に配置されている。

【 0 0 2 2 】

具体的には、第 1 のモニタポート 2 8 は、第 1 の出力ポート 2 2 と辺 2 0 d との間に配置されている。また、第 2 のモニタポート 2 9 は、第 2 の出力ポート 2 3 と辺 2 0 c との間に配置されている。第 1 のモニタポート 2 8 から入力ポート 2 1 までの距離と第 2 のモニタポート 2 9 から入力ポート 2 1 までの距離とは、実質的に互いに等しい。入力ポート 2 1 は辺 2 0 a の中央に設けられているので、第 1 のモニタポート 2 8 から辺 2 0 d までの距離と、第 2 のモニタポート 2 9 から辺 2 0 c までの距離とは互いに等しい。

【 0 0 2 3 】

図 4 に示されるように、半導体変調器 1 3 は、8 個の変調電極 3 1 a ~ 3 1 h と、4 個の親位相調整電極 3 2 a ~ 3 2 d と、8 個の子位相調整電極（不図示）とを有する。変調電極 3 1 a ~ 3 1 h は、アーム導波路 2 7 a ~ 2 7 h 上にそれぞれ設けられ、変調された電圧信号をアーム導波路 2 7 a ~ 2 7 h に与えて、アーム導波路 2 7 a ~ 2 7 h の屈折率を変化させる。これにより、アーム導波路 2 7 a ~ 2 7 h を伝搬する光の位相が変調される。

【 0 0 2 4 】

変調電極 3 1 a ~ 3 1 h それぞれの一端は、配線パターンを介して、信号入力用の RF パッド 3 3 a ~ 3 3 h それぞれと電氣的に接続されている。信号入力用の RF パッド 3 3 a ~ 3 3 h は、ドライバ 4 2（図 1 ~ 図 3 を参照）を介してフィードスルー 6 の伝送線路と接続されている。また、変調電極 3 1 a ~ 3 1 h それぞれの他端は、配線パターンを介して、信号終端用の信号パッド 3 4 a ~ 3 4 h それぞれと電氣的に接続されている。4 個の親位相調整電極 3 2 a ~ 3 2 d は、変調器チップ 2 0 上の各光導波路上に設けられ、直流電圧である位相調整電圧を各光導波路に個別に与えて、各光導波路の屈折率を調整する。

【 0 0 2 5 】

親位相調整電極 3 2 a ~ 3 2 d それぞれは、配線パターンを介して、バイアスパッド 3 5 a ~ 3 5 d それぞれと電氣的に接続されている。前述した子位相調整電極（不図示）は、アーム導波路 2 7 a ~ 2 7 h 上にそれぞれ設けられ、直流電圧である位相調整電圧をアーム導波路 2 7 a ~ 2 7 h に個別に与えて、アーム導波路 2 7 a ~ 2 7 h の屈折率を調整する。子位相調整電極は、配線パターンを介して、調整信号入力用のバイアスパッド 3 6 a ~ 3 6 h それぞれと接続されている。

【 0 0 2 6 】

図 4 及び図 5 に示される半導体変調器 1 3 では、信号パッド 3 4 a ~ 3 4 h、及び、バイアスパッド 3 5 a ~ 3 5 d , 3 6 a ~ 3 6 h が、辺 2 0 c , 2 0 d のそれぞれに分かれて設けられている。しかしながら、半導体変調器 1 3 は、辺 2 0 c , 2 0 d のいずれか一方のみに信号パッド 3 4 a ~ 3 4 h、バイアスパッド 3 5 a ~ 3 5 d , 3 6 a ~ 3 6 h を配置してもよい。バイアスパッド 3 5 a ~ 3 5 d , 3 6 a ~ 3 6 h は、フィードスルー 7 の複数のリードピン 7 a のいずれかと電氣的に接続される。

【 0 0 2 7 】

再び、図 1、図 2、及び図 3 を参照する。光モジュール 1 は、ヒートシンク 4 0、回路基板 4 1、及びドライバ 4 2 を筐体 2 内に備える。ヒートシンク 4 0 は、フィードスルー 6 及び T E C 1 0 の間において筐体 2 の底面の長手方向に配置される。ヒートシンク 4 0 は、例えば窒化アルミ（A l N）等の熱伝導性のよい材料によって構成されており、回路

10

20

30

40

50

基板 4 1 上に搭載される。回路基板 4 1 は、多層配線基板の一種であり、フィードスルー 7 の複数のリードピン 7 a に電氣的に接続されている。ドライバ 4 2 は、回路基板 4 1 上に搭載されている。ドライバ 4 2 は、ボンディングワイヤを介して回路基板 4 1 (回路基板 4 1 上の回路) に電氣的に接続されている。また、ドライバ 4 2 は、ボンディングワイヤを介して、フィードスルー 6 の伝送線路、及び半導体変調器 1 3 に接続されている。ドライバ 4 2 は、フィードスルー 6 の伝送線路からの駆動信号を、半導体変調器 1 3 に提供するために好適な強度を有する信号に変換する。

【 0 0 2 8 】

光モジュール 1 は、入力アセンブリ 3 と、半導体変調器 1 3 の入力ポート 2 1 とを光結合するための光学部品として、図 1、図 2、及び図 3 に示されるように、偏光子 5 0、ミラー 5 1、ミラー 5 2、及び入力レンズ系 5 3 を更に備える。これらの光学部品 5 0 ~ 5 3 は、接着剤によりベース 1 1 上に搭載されている。偏光子 5 0 は、入力アセンブリ 3 の光軸上に配置されている。偏光子 5 0 は、入力アセンブリ 3 から入力された連続光 L_1 の偏波方向を整える。PMF 8 において維持されていた連続光 L_1 の偏波方向が光モジュール 1 の組み立て時にずれたとしても、すなわち、PMF 8 の偏光角度が所定角度からずれたとしても、偏光子 5 0 は、偏波方向が 0° 若しくは 90° の偏波成分のみを連続光 L_1 として抽出できる。ミラー 5 1 は、偏光子 5 0 を介して入力アセンブリ 3 と光結合する。ミラー 5 1 は、偏光子 5 0 を通過した連続光 L_1 を受け、ミラー 5 2 に向けて反射する。ミラー 5 1 における連続光 L_1 の入射光軸と反射光軸とは、略直角を成す。

10

【 0 0 2 9 】

ミラー 5 2 は、ミラー 5 1 及び入力ポート 2 1 と光結合する光反射面を有する。ミラー 5 2 は、ミラー 5 1 に対して、側壁 2 D 側に配置されており、入力ポート 2 1 の光軸上に位置する。ミラー 5 2 は、ミラー 5 1 により反射された連続光 L_1 を受け、入力ポート 2 1 に向けて反射する。連続光 L_1 の入射光軸と反射光軸とは、略直角を成す。言い換えれば、連続光 L_1 の反射光軸は、入力アセンブリ 3 の光軸と略平行となる。すなわち、ミラー 5 1 及びミラー 5 2 の組は、入力ポート 2 1 の光軸に合うように入力アセンブリ 3 の光軸を調整する。

20

【 0 0 3 0 】

入力レンズ系 5 3 は、ミラー 5 2 と入力ポート 2 1 との間の光路上 (すなわち、入力ポート 2 1 の光軸上) に配置されており、入力ポート 2 1 と対向している。入力レンズ系 5 3 は、ミラー 5 2 を反射した連続光 L_1 を入力ポート 2 1 に集光する。入力レンズ系 5 3 は、後段レンズ 5 4 及び前段レンズ 5 5 を含んでいる。後段レンズ 5 4 は、入力ポート 2 1 と対向して配置されている。前段レンズ 5 5 と入力ポート 2 1 の間に後段レンズ 5 4 が介在している。後段レンズ 5 4 の焦点距離は、例えば 0.51 mm である。

30

【 0 0 3 1 】

前述したように、前段レンズ 5 5 は、後段レンズ 5 4 とミラー 5 2 との間に配置されている。前段レンズ 5 5 の焦点距離は、例えば 2.1 mm である。本実施形態の光モジュール 1 では、PMF 8 から出力された連続光 L_1 は、入力ポート 2 1 に至るまでに 3 つのレンズ (入力アセンブリ 3、前段レンズ 5 5、及び後段レンズ 5 4) を通過する。具体的には、PMF 8 から出力された連続光 L_1 は、入力アセンブリ 3 のレンズ 3 a によってコリメート光に変更されたのち、後段レンズ 5 4 及び前段レンズ 5 5 によって入力ポート 2 1 に集光される。この 3 つのレンズのうち前段レンズ 5 5 は必須ではない。すなわち、連続光 L_1 は、2 つのレンズ (すなわちレンズ 3 a 及び後段レンズ 5 4) によって入力ポート 2 1 に集光されてもよい。

40

【 0 0 3 2 】

また、光モジュール 1 は、出力アセンブリ 4 と、半導体変調器 1 3 の第 1 及び第 2 の出力ポート 2 2、2 3 とを光結合する為の光学部品として、第 1 の出力レンズ系 6 0、第 2 の出力レンズ系 6 3、半波長板 ($\lambda/2$ 板) 6 6 (λ は出力光 L_1 の波長)、ミラー 6 7、スキュー調整素子 6 8、偏波合成部としての PBC 6 9、並びに光分波器 (Beam Splitter: BS) 7 0 を備える。これらの光学部品は、半導体変調器 1 3 が配置された後に、

50

接着剤によりベース 11 上に固定される。

【0033】

第1及び第2の出力レンズ系60, 63は、入力レンズ系53の両側のそれぞれに配置されている。具体的には、第1の出力レンズ系60は、側壁2Cと入力レンズ系53との間において第1の出力ポート22に対向するように、第1の出力ポート22の光軸上に配置される。第1の出力レンズ系60は、半導体変調器13側に配置された後段レンズ61と、半導体変調器13から遠くに配置された前段レンズ62とを含んでいる。第1の出力レンズ系60は、第1の出力ポート22から出力される出力光 L_2 をコリメート光に変換する。後段レンズ61は第1の出力ポート22に対向しており、後段レンズ61の焦点距離は、例えば、0.51mmである。前段レンズ62は、後段レンズ61を介して第1の出力ポート22と対向して配置されている。前段レンズ62は、後段レンズ61と / 2板66との間に位置している。前段レンズ62の焦点距離は、例えば2.1mmである。

10

【0034】

第2の出力レンズ系63は、側壁2Dと入力レンズ系53との間に配置されており、第2の出力ポート23に対向している。第2の出力レンズ系63は、第2の出力ポート23の光軸上に配置されている。第2の出力レンズ系63は、半導体変調器13の第2の出力ポート23から出力される出力光 L_3 をコリメート光に変換する。第2の出力レンズ系63は、半導体変調器13側に配置された後段レンズ64と、半導体変調器13から離れた位置に配置された前段レンズ65とを含んでいる。

20

【0035】

後段レンズ63は第2の出力ポート23と対向して配置されており、後段レンズ63の焦点距離は、例えば、0.51mmである。前段レンズ65は、後段レンズ64を介して第2の出力ポート23に光結合している。前段レンズ65は、スキュー調整素子68と第2の出力ポート23の間に配置されている。なお、前段レンズ65の焦点距離は、例えば2.1mmであってもよい。

【0036】

本実施形態に係る光モジュール1では、第1の出力ポート22から出力された出力光 L_2 が、3つのレンズ(すなわち、出力アセンブリ4の内部における後段レンズ61、前段レンズ52、及びレンズ42a)を通過する。具体的には、第1の出力ポート22から出力された出力光 L_2 は、後段レンズ61及び前段レンズ62によってコリメート光に変更され、出力光 L_3 と合波されたのち、出力アセンブリ4のレンズ4aによってSMF9に集光される。この3つのレンズのうち前段レンズ62は必須ではない。すなわち、第1の出力ポート22から出力された第1の出力光 L_2 は、後段レンズ61及びレンズ4aによってSMF9に集光されてもよい。

30

【0037】

また、第2の出力ポート23から出力された出力光 L_3 についても、出力アセンブリ4の内部において、3つのレンズ、すなわち、後段レンズ64、前段レンズ65、及びレンズ4aを通過する。第2の出力ポート23から出力された出力光 L_3 は、第2の出力レンズ系63の後段レンズ64及び前段レンズ65によってコリメート光に変更され、出力アセンブリ4の内部のレンズ4aによってSMF9に集光される。この3つのレンズのうち前段レンズ65は必須ではない。出力光 L_3 は、後段レンズ64及びレンズ4aを含む2つのレンズによってSMF9に集光されてもよい。

40

【0038】

半波長板66は、 / 2板とも称される。半波長板66は、前段レンズ62の光軸上に配置されており、第2の出力ポート23から出力される出力光 L_3 の偏波方向が第1の出力ポート22から出力される出力光 L_2 の偏波方向と直交するように出力光 L_3 の偏波方向を90°回転する。なお、図2に示される形態では、 / 2板66は、前段レンズ62の光軸上に配置されているが、 / 2板66は、第2の出力レンズ系63の前段レンズ65の光軸上に配置されてもよい。すなわち、 / 2板66は、前段レンズ62の光軸上、及び前段レンズ65の光軸上のうち少なくとも一方の光軸上に配置されてもよい。この場

50

合、 $\lambda/2$ 板66は、出力光 L_2 及び出力光 L_3 のうち一方の信号光の偏波方向と、他方の信号光の偏波方向とが互いに直交するように、出力光 L_2 及び出力光 L_3 のいずれかの偏波方向を回転する。

【0039】

ミラー67は、 $\lambda/2$ 板66を介して第1の出力レンズ系60の前段レンズ62と光結合する。ミラー67は、 $\lambda/2$ 板66を通過した出力光 L_2 を受け、出力光 L_2 をPBC69に向けて反射する。ミラー67における出力光 L_2 の入射光軸と反射光軸とは直角を成す。スキュー調整素子68は、例えばSi製のブロック材であり、出力光 L_3 の光路長を等価的に長くすることにより、 $\lambda/2$ 板66を通過した出力光 L_2 に起因する出力光 L_2 の位相遅れを補償する。すなわち、スキュー調整素子68の光路長は、 $\lambda/2$ 板66の光路長と実質的に同一である。出力光 L_3 は、スキュー調整素子68を通過してPBC69に到達する。

10

【0040】

PBC69は、第1及び第2の出力ポート22, 23と光結合している。PBC69は、第2の出力レンズ系63の前段レンズ65の光軸上、すなわち第2の出力ポート23の光軸上に配置されている。PBC69の表面には、偏波選択フィルタが設けられており、ミラー67に対向するPBC69の裏面には、反射防止膜が設けられている。偏波選択フィルタは、或る面内の偏光については反射率が大きく且つ透過率が小さく、該面に垂直な別の面内の偏光については透過率が大きく且つ反射率が小さい光学特性を有するフィルタである。この面は、光の入射面の光軸及び法線によって形成される。また、偏波選択フィルタは、入射面に対して平行な偏光に対して反射特性を有しない実質的な透過性を示し、入射面に対して垂直な偏光に対して透過性を有しない実質的な反射特性を示す。

20

【0041】

第1の出力ポート22から出力された出力光 L_2 は、ミラー67にて反射されたのち、PBC69に到達する。出力光 L_2 は、PBC69から出力アセンブリ4に向けて反射される。その一方で、スキュー調整素子68を通過した出力光 L_3 は、PBC69に入射する。2つの出力光 L_2, L_3 は、半導体変調器13の第1及び第2の出力ポート22, 23において互いに同一な偏光成分を有するが、前者の出力光 L_2 は偏光方向を 90° 回転させる $\lambda/2$ 板66を通過した後にミラー67に入射するので、2つの出力光 L_2, L_3 は、PBC69において互いに垂直な偏光成分を有する。PBC69は、ミラー67により反射された出力光 L_2 に実質的な反射特性を有し、スキュー調整素子68を通過した出力光 L_3 を出力アセンブリ4に向けて透過する。よって、PBC69は、出力光 L_2 と出力光 L_3 を合波する。

30

【0042】

BS70は、PBC69と出力アセンブリ4との間に配置されている。BS70は、入射面及び出射面が互いに平行となる平行六面体形状を有する。BS70の入射面には光反射膜が設けられている。この光反射膜は、PBC69において2つの出力光 L_2, L_3 が合波して生成された出力光 L_4 の一部(例えば5%)を反射し、残部(例えば95%)を透過する。BS70により反射された光は、1つのリードピン7aに電氣的に接続されたモニタフォトダイオード(モニタPD)71に入力する。モニタPD71は、複数のリードピン7aのいずれかと電氣的に接続されている。モニタPD71は、BS70によって分岐された光の強度に対応した検知信号を出力する。出力光 L_4 の残部は、出力アセンブリ4に入力する。

40

【0043】

光モジュール1は、第1及び第2のモニタPD80, 81を筐体2内に備える。具体的には、第1及び第2のモニタPD80, 81は、ベース11上における出力レンズ系60, 63の後段レンズ61, 64の両側のそれぞれに設けられている。第1及び第2のモニタPD80, 81は、後段レンズ54, 61, 64を挟むように両側それぞれに配置されている。

【0044】

50

第1のモニタPD80は、後段レンズ61と側壁2Cとの間における第1のモニタポート28の光軸上に配置されている。第1のモニタPD80は、半導体変調器13の第1のモニタポート28と対向している。第1のモニタPD80は、第1のモニタポート28から出力されるモニタ用信号光を受光する。第1のモニタPD80は、受光したモニタ用信号光の強度に対応した検知信号を出力する。この検知信号は、ボンディングワイヤを介して第1のモニタPD80と接続された複数のリードピン7aのいずれかから出力される。

【0045】

第2のモニタPD81は、第2の出力レンズ系63の後段レンズ64と側壁2Dとの間における第2のモニタポート29の光軸上に配置されている。第2のモニタPD81は、第2のモニタポート29と対向している。第2のモニタPD81は、第2のモニタポート29から出力されるモニタ用信号光を受光する。第2のモニタPD81は、受光したモニタ用信号光の強度に対応した検知信号を出力する。第2のモニタPD81によって生成された検知信号は、ボンディングワイヤを介して第2のモニタPD81と接続された複数のリードピン7aのいずれかから出力される。

10

【0046】

本実施形態に係る光モジュール1は、反射防止板85を更に備える。反射防止板85は、ベース11上に配置されている。反射防止板85は、ミラー52、PBC69及びBS70の後方に配置されている。反射防止板85は、ミラー52及びPBC69と側壁2Dとの間に設けられている。入力アセンブリ3から出力された連続光 L_1 は、ミラー51によって反射されてミラー52に向かう。ミラー52に入射した連続光 L_1 の殆どがミラー52に到達するが、ミラー52に入射した連続光 L_1 の一部がミラー52を透過して反射防止板85に入射する。また、ミラー67からPBC69に向かう出力光 L_2 の一部は、PBC69を透過して反射防止板85に入射する。反射防止板85は、ミラー52及びPBC69から側壁2Dへの反射を防止する。

20

【0047】

以上に述べたように、光モジュール1では、入力アセンブリ3を通った連続光 L_1 は、半導体変調器13によってアーム導波路27a~27hに分岐されたのち位相変調される。半導体変調器13の下流側に設けられた光回路は、出力光 L_2 の一部の偏波方向を90°回転させ、PBC69によって出力光 L_2 の一部を出力光 L_3 の残部に合波する。PBC69は、出力アセンブリ4に向けて合成された出力光 L_4 を出力する。これにより、光モジュール1は、同時に4ビットの情報を伝送することができる。

30

【0048】

(第2実施形態)

次に、光モジュール1の組立方法について図6~図12を参照しながら説明する。図6は、光モジュール1の組立方法のフローチャートである。図7~図12は、光モジュール1の組立の各工程を示す平面図である。

【0049】

最初に、半導体変調器13を含む種々の光学部品を筐体2内に配置する(工程 P_1)。そして、入力レンズ系53の後段レンズ54の調芯及び配置を行う(工程 P_2)。具体的には、図7に示されるように、模擬ファイバ90を用意する。模擬ファイバ90は、図7~図11において模式的に示されている。模擬ファイバ90は、入力アセンブリ3に代わるものである。模擬ファイバ90からは、入力レンズ系53の光学調芯に用いられる試験光 TL_1 (連続光 L_1 と同じ波長の連続光)が出力される。模擬ファイバ90から出力される試験光 TL_1 は、レンズ(不図示)によってコリメート光に変更されたものが出射される。

40

【0050】

この模擬ファイバ90の調芯を行う。図7に示されるように、模擬ファイバ90から試験光 TL_1 を筐体2内に導入し、各光学部品(具体的には、偏光子50、ミラー51, 52)を経て入力ポート21に入力した試験光 TL_1 の強度を、第1及び第2のモニタPD80, 81の少なくとも一方を用いて検出する。そして、模擬ファイバ90を筐体2の側

50

壁 2 A 上でスライドしてモニタ P D 8 0 , 8 1 のいずれかによって検出された強度が最大となる模擬ファイバ 9 0 の位置を探索する。入力ポート 2 1 の有効面積は極めて小さいが、試験光 T L ₁ はコリメート光であるため、最大光結合を与える模擬ファイバ 9 0 の位置を決定することができる。

【 0 0 5 1 】

試験光 T L ₁ の強度は、第 1 及び第 2 のモニタ P D 8 0 , 8 1 の両方によって検出されることが望ましい。その理由は、試験光 T L ₁ をレンズを介さずに入力ポート 2 1 に直接光結合させる場合、光結合効率が極めて低くなる。第 1 及び第 2 のモニタ P D 8 0 , 8 1 の両方を用いれば、第 1 及び第 2 のモニタ P D 8 0 , 8 1 が検出した光強度の合算値をとることにより、試験光 T L ₁ の強度をモニタすることが容易となる。

10

【 0 0 5 2 】

その後、図 8 に示されるように、後段レンズ 5 4 を、ベース 1 1 上に搭載し、入力ポート 2 1 と対向して配置する。そして、模擬ファイバ 9 0 から試験光 T L ₁ を筐体 2 内に入力する。この試験光 T L ₁ を用いて後段レンズ 5 4 の調芯及び配置を行う。具体的には、後段レンズ 5 4 を通過して入力ポート 2 1 に入力した試験光 T L ₁ を、第 1 及び第 2 のモニタ P D 8 0 , 8 1 により検出する。後段レンズ 5 4 の位置を僅かに変化させながら、第 1 及び第 2 のモニタ P D 8 0 , 8 1 での受光強度が最大となる後段レンズ 5 4 の位置を決定する。その後、後段レンズ 5 4 を、半導体変調器 1 3 側に僅かにオフセットさせた後に、例えば UV 樹脂といった接着剤を用いて、後段レンズ 5 4 をベース 1 1 に接着固定する。

20

【 0 0 5 3 】

続いて、入力レンズ系 5 3 の前段レンズ 5 5 を筐体 2 内に配置し、前段レンズ 5 5 の調芯、及びベース 1 1 への固定を行う（工程 P₃）。具体的には、前段レンズ 5 5 を、ベース 1 1 上に搭載し、後段レンズ 5 4 を介して入力ポート 2 1 と対向して配置する。そして、模擬ファイバ 9 0 から試験光 T L ₁ を入力ポート 2 1 に入力する。この試験光 T L ₁ は、前段レンズ 5 5 及び後段レンズ 5 4 を通過して入力ポート 2 1 に入力する。この試験光 T L ₁ の強度を、第 1 及び第 2 のモニタ P D 8 0 , 8 1 により検出する。その後、前段レンズ 5 5 の位置を僅かに変化させながら、第 1 及び第 2 のモニタ P D 8 0 , 8 1 での試験光 T L ₁ の受光強度が最大となる前段レンズ 5 5 の位置を決定する。そして、例えば UV 樹脂といった接着剤を用いて、前段レンズ 5 5 をベース 1 1 に接着固定する。

30

【 0 0 5 4 】

続いて、第 1 の出力レンズ系 6 0 及び第 2 の出力レンズ系 6 3 の調芯及び固定を行う。その準備として、半導体変調器 1 3 を調整する。具体的には、第 1 及び第 2 の出力ポート 2 2 , 2 3 からそれぞれ出力される試験光 T L ₂ , T L ₃ の強度が最大となるように、半導体変調器 1 3 の各光導波路の位相状態を調整する。これは、半導体変調器 1 3 へのバイアス電圧を調整することによって実現される。出力光 L₂ , L₃ の強度が最大となるバイアス電圧の値については、予め決定しておく。このバイアス電圧の値は、後述する工程 P₆ において決定することができる。その決定の方法については後述する。

【 0 0 5 5 】

その後、図 9 に示されるように、第 1 の出力レンズ系 6 0 の後段レンズ 6 1、及び第 2 の出力レンズ系 6 3 の後段レンズ 6 4 を筐体 2 内に配置し、後段レンズ 6 1 , 6 4 の調芯及び配置を行う（工程 P₄）。まず、後段レンズ 6 1 , 6 4 をベース 1 1 上に搭載する。そして、後段レンズ 6 1 を第 1 の出力ポート 2 2 と対向して配置し、後段レンズ 6 4 を第 2 の出力ポート 2 3 と対向して配置する。

40

【 0 0 5 6 】

次に、光モジュール 1 の外部においてカメラ 9 1 を用意する。カメラ 9 1 を、出力アセンブリ 4 が本来取り付けられる側壁 2 A に対向させる。このとき、カメラ 9 1 を側壁 2 A に対して十分遠方に配置させる。そして、模擬ファイバ 9 0 から試験光 T L ₁ を入力ポート 2 1 に入力する。試験光 T L ₁ が入力ポート 2 1 に入力すると、第 1 の出力ポート 2 2 から試験光 T L ₂ が出力され、第 2 の出力ポート 2 3 から試験光 T L ₃（図 1 0 ~ 図 1 2

50

参照)が出力される。

【0057】

第2の出力レンズ系63の後段レンズ64を配置するときには、第2の出力ポート23のみから試験光TL₃が出力されるように、すなわち実質的に試験光TL₂が第1の出力ポート22から出力されないように、バイアス電圧を調整する。そして、この第2の出力ポート23からの試験光TL₃のパターン(光形状)をカメラ91にて観察しながら、試験光TL₃がコリメート光となるように、後段レンズ64の位置を決定する。また、第1の出力レンズ系60の後段レンズ61を配置するときには、第1の出力ポート22のみから試験光TL₂が出力されるように、半導体変調器13にバイアスを供給する。そして、この試験光TL₂のパターンをカメラ91にて観察しながら、試験光TL₂がコリメート光となるように、後段レンズ61の位置を決定する。最後に、半導体変調器13から離れるように光軸に沿って後段レンズ61, 64を試験光TL₂, TL₃の強度が最大となる位置から僅かにオフセットする。僅かに後段レンズ61, 64をオフセットした後に、接着剤を紫外線で硬化して後段レンズ61, 64をベース11に固定する。

10

【0058】

その後、図10に示されるように、第1の出力レンズ系60の前段レンズ62、及び第2の出力レンズ系63の前段レンズ65を筐体2内に配置する(工程P₅)。具体的には、前段レンズ62, 65を、第1及び第2の出力ポート22, 23に後段レンズ61, 64を介して対向するように半導体変調器13に並べてベース11に固定する。すなわち、後段レンズ61, 64の手順と同様、模擬ファイバ90から試験光TL₁を半導体変調器13の入力ポート21に入力して、第1及び第2の出力ポート22, 23から出力される試験光TL₂, TL₃をカメラ91によって観察する。そして、試験光TL₂, TL₃がコリメート光となる位置で前段レンズ62, 65の位置を決定する。

20

【0059】

その後、図11に示されるように、模擬ファイバ92を用意する。なお、図11において、模擬ファイバ92は模式的に示されている。模擬ファイバ92は、出力アセンブリ4に代わるものである。模擬ファイバ92に入力する試験光は、レンズにより集光される。この模擬ファイバ92が前段レンズ62, 65と光結合するように、模擬ファイバ92を調芯する。具体的には、模擬ファイバ90から試験光TL₁を半導体変調器13に入力すると、半導体変調器13が第1及び第2の出力ポート22, 23からそれぞれ試験光TL₂, TL₃を出力する。半導体変調器13へのバイアス電圧を調整することによって、第1の出力ポート22から試験光TL₂が出力される状態、又は第2の出力ポート23から試験光TL₃が出力される状態を選択することができる。

30

【0060】

試験光TL₂の強度の最大値と、試験光TL₃の強度の最大値とを比較する(工程P₆)。試験光TL₂(又は試験光TL₃)の強度の最大値とは、模擬ファイバ92を介して検出される光強度の最大値である。この工程では、まず、半導体変調器へのバイアス電圧を調整して、試験光TL₂又は試験光TL₃のいずれかが第1の出力ポート22又は第2の出力ポート23から出力される状態にする。試験光TL₂が第1の出力ポート22から出力される状態にする場合には、試験光TL₂は、後段レンズ61及び前段レンズ62を通過したのち、模擬ファイバ92に入力する。模擬ファイバ92によって検出される試験光TL₂の強度が最大となるように前段レンズ62の位置を決定する。その一方で、第2の出力ポート23から試験光TL₃が出力される状態にする場合には、試験光TL₃は、後段レンズ64及び前段レンズ65を通過したのち、模擬ファイバ92に入力する。そして、模擬ファイバ92によって検出される試験光TL₃の強度が最大となるように前段レンズ65の位置を決定する。

40

【0061】

工程P₆においては、試験光TL₂, TL₃の出力強度が最大となるように、試験光TL₂, TL₃の強度が最大となる条件(バイアス電圧の値)は、次のようにして決定することができる。まず、試験光TL₂の出力強度が最大となるバイアス電圧の条件を決定す

50

る。次に、試験光 TL₃ の出力強度が最大となるバイアス電圧の条件を決定する。このとき、試験光 TL₂ , TL₃ の強度がそれぞれ最小（消光）となるバイアス電圧の条件についても、決定しておく。その理由は、最大強度を示す出力レンズ系 60 , 63 に含まれる前段レンズ 62 , 65 のいずれか一方が他方の次に固定されると、前段レンズ 62 , 65 の他方からの試験光 TL₂ , TL₃ の位置精度が低下する可能性があり、当該他方からの試験光 TL₂ , TL₃ のいずれかを最小化させる必要が生じうる。

【0062】

試験光 TL₂ の強度の最大値は、試験光 TL₃ の強度の最大値とは異なる。その理由としては、半導体変調器 13 内の光導波路によって光損失量が異なること、及び、第 1 及び第 2 の出力ポート 22 , 23 から模擬ファイバ 92 に至るまでに通過する光学部品（例えばミラー 67 及び PBC 69）が試験光 TL₂ と試験光 TL₃ とでは互いに異なることが挙げられる。

10

【0063】

そこで、前段レンズ 62 , 65 のうち、模擬ファイバ 92 における強度の最大値がより大きい方の固定を先に行う（工程 P₇）。その後、前段レンズ 62 , 65 のうち、模擬ファイバ 92 における強度の最大値がより小さい方の固定を行う。模擬ファイバ 92 によって検出される試験光 TL₂ 又は試験光 TL₃ の強度の最大値が小さい方に近づくように、又は他方の前段レンズ 62 , 65 のより小さい強度の最大値と実質同一になるように、強度の最大値がより大きい一方の前段レンズ 62 , 65 が光軸に沿って調芯される（工程 P₈）。紫外線硬化樹脂等の接着剤を用いて前段レンズ 62 , 65 をそれらの調芯の後ベ

20

【0064】

その後、側壁 2A ~ 2D に蓋を取り付けて、模擬ファイバ 90 及び模擬ファイバ 92 を入力アセンブリ 3 及び出力アセンブリ 4 にそれぞれ置き換える。YAG 調芯溶接機を用いて、筐体 2 に対し入力アセンブリ 3 及び出力アセンブリ 4 それぞれの調芯及び溶接を行う。具体的には、入力アセンブリ 3 から連続光 L₁ を導入し、出力光 L₂ , L₃ を出力させる。そして、筐体 2 と、入力アセンブリ 3 及び出力アセンブリ 4 との 3 体調芯を行う。具体的には、入力アセンブリ 3 及び出力アセンブリ 4 を側壁 2A 上でスライドしながら、出力光 L₂ , L₃ の一方の光強度が最大となる入力アセンブリ 3 及び出力アセンブリ 4 の位置を決定する（工程 P₁₀）。入力アセンブリ 3 及び出力アセンブリ 4 の位置は、模擬ファイバ 90 及び模擬ファイバ 92 の位置と等しくなる。なお、入力アセンブリ 3 及び出力アセンブリ 4 の配置の間、出力光 L₂ , L₃ の一方の強度が最大となるように、半導体変調器 13 へのバイアス電圧を調整しておく。入力アセンブリ 3 及び出力アセンブリ 4 の配置後、入力アセンブリ 3 及び出力アセンブリ 4 を、例えば YAG 溶接により側壁 2A に固定する。入力アセンブリ 3 については、その光軸周りの回転角を所定の角度に設定して固定する。

30

【0065】

以上に説明した、光モジュール 1、及び光モジュール 1 の製造方法によって得られる効果を説明する。本実施形態の半導体変調器 13 では、入力ポート 21 と、第 1 及び第 2 の出力ポート 22 , 23 とが変調器チップ 20 の同一の辺 20a に設けられており、入力アセンブリ 3 及び出力アセンブリ 4 と共に、入力ポート 21 及び第 2 の出力ポート 23 が筐体 2 内で変調器チップ 20 の一方側に配置されているので、コンパクト化を実現できる。加えて、第 1 及び第 2 の出力ポート 22 , 23 が入力ポート 21 に対して互いに対称な位置に設けられているので、各光学部品のレイアウト設計の自由度を向上させることができる。また、第 1 の出力ポート 22 と、第 2 の出力ポート 23 との間の距離を大きくとることで、筐体 2 内の各光学部品の配置間隔を大きく確保できる。これにより、変調器チップ 20 に対して一方側（辺 20a 側）に入力ポート 21 及び出力ポート 22 , 23 付きの半導体変調器 13 を集約することができるので、各光学部品の調芯をまとめて効率的に行うことができる。これにより、光モジュール 1 の各光学部品の調芯の工程、及び製造を簡易化することができる。また、半導体変調器 13 では、辺 20a 側を各光学部品の実装領域

40

50

とし、辺 20 d 側を複数のリードピン 7 a への配線領域とし、辺 20 b 側を複数のドライバ 4 2 への領域とすることで、各領域を効率的に使用することができ、光モジュール 1 A の製造工程を簡易化することができる。

【0066】

光モジュール 1 では、第 1 の出力ポート 2 2 から出力された出力光 L_2 が SMF 9 に至るまでに 3 つのレンズ（すなわち、後段レンズ 6 1、前段レンズ 6 2、及びレンズ 4 a）を通過し、第 2 の出力ポート 2 3 から出力された出力光 L_3 が SMF 9 に至るまでに、3 つのレンズ（後段レンズ 6 4、前段レンズ 6 5、及びレンズ 4 a）を通過している。後段レンズ 6 1、6 4 の倍率を 4 倍とし、前段レンズ 6 2、6 5、及びレンズ 3 a、4 a の倍率を 1 倍とすることで、第 1 及び第 2 の出力ポート 2 2、2 3 のモードフィールド径（MFD）に対して、SMF 9 をそれぞれ効率的に光結合させることが可能となる。また、高い倍率を有する為に厳しい位置精度が要求される後段レンズ 6 1、6 4 を先に実装した後に前段レンズ 6 2、6 5 を実装することで、第 1 及び第 2 の出力ポート 2 2、2 3 に SMF 9 を効率的に配置することが可能となる。

10

【0067】

後段レンズ 6 1、6 4 及びレンズ 3 a、すなわち、入力アセンブリの内部のレンズ 3 a を有する 2 つのレンズ系では、実施形態では、前段レンズとして動作し、前段レンズ 6 2 又は前段レンズ 6 5 は省略されうる。後段レンズ 6 1 又は後段レンズ 6 4 は、レンズの位置ずれによる光学的損失を抑えるために、通常は、誤差を $0.3 \mu\text{m}$ 未満とする正確な位置合わせが必要となる。しかしながら、後段レンズ 6 1、6 4 は、通常は、紫外線硬化樹脂によって固定され、当該樹脂は硬化に伴って収縮したり、熱処理によって膨張したりするので、位置精度の誤差を $1.0 \mu\text{m}$ 未満に維持する。これに対して、本実施形態のような 3 つのレンズ系は、2 つのレンズ系と比較して、レンズ間に挟まれた前段レンズの位置精度を緩和することができる。 $1.5 \mu\text{m}$ を超える位置精度が許容される場合がある。これにより、組み立て時のレンズの位置合わせが簡単になる。また、後段レンズ 6 1 又は後段レンズ 6 4 は、後段レンズ 6 1、6 4 から出力された光が発散光となる位置に配置されるため、前段レンズ 6 2 又は前段レンズ 6 5 を、前段レンズ 6 2、6 5 からの出力光をコリメート光に変換する後段レンズ 6 1、6 4 に近づけて配置することができる。これにより、筐体 2 の長手方向の寸法を短くすることができる。

20

【0068】

また、光モジュール 1 の配置では、第 1 及び第 2 のモニタポート 2 8、2 9 は、辺 20 a の入力ポート 2 1 に対して対称に配置されている。第 1 及び第 2 の出力ポート 2 2、2 3、並びに入力ポート 2 1 は、第 1 及び第 2 のモニタポート 2 8、2 9 の間に配置される。そして、第 1 及び第 2 のモニタ PD 8 0、8 1 は、第 1 及び第 2 のモニタポート 2 8、2 9 に面して配置される。この配置により、第 1 及び第 2 のモニタ PD 8 0、8 1 を第 1 及び第 2 の出力レンズ系 6 0、6 3 のそれぞれの側方に配置することができ、これにより、光モジュール 1 の筐体 2 をコンパクトにすることができる。

30

【0069】

SMF 9 は、出力ポート 2 3 の光軸上に配置することが可能であり、これにより、SMF 9 の光軸に対して出力ポート 2 3 から出力される第 2 の出力光 L_3 の光軸を再配置する追加のミラーを省略することができる。その結果、筐体内に搭載される部品点数を減らすことが可能である。

40

【0070】

また、光モジュール 1 は、筐体 2 の短手方向に沿って伝播する連続光 L_1 を入力ポート 2 1 に向けて反射するミラー 5 2 と、当該短手方向に沿って進行する第 1 の出力光 L_2 を反射し、出力光 L_2 を出力光 L_3 と共に多重化する PBS 6 9 と、ミラー 5 2 及び PBS 6 9 に対向するように配置された反射防止板 8 5 とを備えてもよい。反射防止板 8 5 は、筐体 2 の長手方向に沿って延びており、ミラー 5 2 及び PBS 6 9 を透過して筐体 2 の側壁 2 D における出力光 L_2 及び出力光 L_3 の反射を防止する。反射防止板 8 5 は、筐体 2 内で発生する迷光を抑制し、光モジュール 1 のパフォーマンスの低下を抑制する。連続光

50

L_1 及び第 1 の出力光 L_2 に対して共通の反射防止板 85 のみが設けられ、連続光 L_1 及び第 1 の出力光 L_2 のそれぞれに別々に設けられないため、光モジュール 1 では、構成要素の数の低減が可能となり、その結果、コストを減らすことが可能となる。

【0071】

また、工程 P_2 では、最初に模擬ファイバ 90 の位置合わせを行い、次に、模擬ファイバ 90 を介して出力される試験光 TL_1 によって後段レンズ 54 の位置合わせを行う。工程 P_5 では、模擬ファイバ 92 を出力ポート 22, 23 に光学的に結合する。前段レンズ 62, 65 は、出力ポート 22, 23 に位置合わせされ、最後に、模擬ファイバ 92 を前段レンズ 62, 65 に位置合わせする。この位置合わせの手順により、光モジュール 1 を組み立てる工程を単純かつ効率的にすることができる。

10

【0072】

また、上記実施形態と同様、光モジュール 1 を組み立てる工程は、工程 P_6 から工程 P_8 を含んでいてもよく、ここで、模擬ファイバ 92 に対する試験光 TL_2 の最大強度がより小さい一方の前段レンズ 62, 65 が先に固定され、その後、他方の前段レンズ 62, 65 が固定される。工程 P_8 では、一方の前段レンズ 62, 65 を、模擬ファイバ 92 に対する結合強度が、模擬ファイバ 92 における強度の最大値が小さい方により近く、又は実質的に同一になるように調芯して固定する。半導体変調器 13 の内部のそれぞれの導波路における光学損失の不均衡に応じて、出力ポート 22, 23 のそれぞれから出力される出力光 L_2, L_3 の出力強度は、不均衡となることがある。よって、工程 P_7, P_8 では、出力ポート 22, 23 のそれぞれから出力される出力光 L_2, L_3 の強度のバランスをとることができる。更に、出力光 L_2, L_3 の強度を最大値に近づけるように設定することができる。

20

【0073】

また、工程 P_8 では、出力ポート 22, 23 から出力される試験光 TL_2, TL_3 のそれぞれが最大となるように半導体変調器 13 の位相状態が調整されてもよい。半導体変調器 13 の位相状態が制御されていない場合、試験光 TL_2, TL_3 のそれぞれの強度は最大にならない。この状態により、出力ポート 22, 23 から出力される出力光 L_2, L_3 の強度が揃わないことがある。半導体変調器 13 の位相状態を調整することにより、出力光 L_2, L_3 の強度を安定させることができる。

30

【0074】

(第 2 実施形態)

図 13 は、本発明の第 2 実施形態に係る光モジュール 1A の斜視図である。光モジュール 1A は、半導体変調器 13 の入力ポート 21 と入力アセンブリ 3 及び出力ポート 22, 23 を光学的に結合する 3 つのレンズ系 53, 60, 63 が第 1 実施形態の光モジュール 1 とは異なる。出力アセンブリ 4 は、3 つのレンズ要素を統合するアレイレンズ 60A に置き換えられている。図 14 は、アレイレンズ 60A と半導体変調器 13 との位置関係、特に、入力ポート 21 と出力ポート 22, 23 とを備える側面 20a を示す正面図である。レンズ系 53, 60, 63 の 6 つのレンズは、1 つのアレイレンズ 60A に置き換えられる。この光モジュール 1A では、筐体 2 内に設置される構成要素の数をさらに減少させることが可能である。

40

【0075】

アレイレンズ 60A の組立工程、特に、半導体変調器 13 において、アレイレンズ 60A と各ポート 21, 22, 23 とを光学的に合わせる手順について説明する。アレイレンズ 60A は、入力ポート 21 と出力ポート 22, 23 の間のスパンに実質的に等しい隣接するレンズ要素へのスパンをそれぞれ有する光軸を有する 3 つのレンズ要素を提供する。また、アレイレンズ 60A は 3 つのレンズ要素を一体的に提供するので、半導体変調器 13 の 1 つのレンズ要素と 1 つのポートとの間の位置合わせ状態は、残りのレンズ要素の光学的位置合わせ中に位置ずれする可能性がある。

【0076】

従って、本実施形態に係るアレイレンズ 60A の配置工程では、外側に配置されたレン

50

ズ素子の調芯は行われるが、中央に配置された残りのレンズ素子の調芯は行われない。中央にあるレンズ素子は、外側にあるレンズ素子を合わせると自動的に位置決めされる。具体的には、外側に設けられたレンズ素子を介して試験光を出力ポート22に投入し、入力した試験光を半導体変調器13のアーム導波路の電極で検出する。当該アーム導波路の電極は、それぞれ変調信号によって変調された出力光 L_2 、 L_3 を生成するために設けられ、アレイレンズ60Aの組み立て工程では、上記の電極を使用して、出力ポート22、23から入る試験光の強度を検出する。出力ポートの光軸に平行な方向、及び当該光軸に垂直な平面内におけるアレイレンズ60Aの位置を調整することにより、本組立工程では、1つのアレイレンズ60Aの位置を決定して記憶する。その後、位置合わせとして、アレイレンズ60Aの中心と出力ポート23を挟んで対向配置された他のレンズ素子について同様の手順を実行する。そして、アレイレンズ60Aの位置を決定して記憶する。しかしながら、後者の位置合わせの間、前者のレンズ素子の位置は、おそらく、そして必然的に、位置合わせされた位置から外れうる。従って、この位置合わせの工程では、第1及び第2の位置合わせ工程のそれぞれで決定され、システムに記憶された位置の2つのセットから、アレイレンズ60Aの位置を計算することができる。中央のレンズ素子の位置は、計算された位置に自動的に決定される。

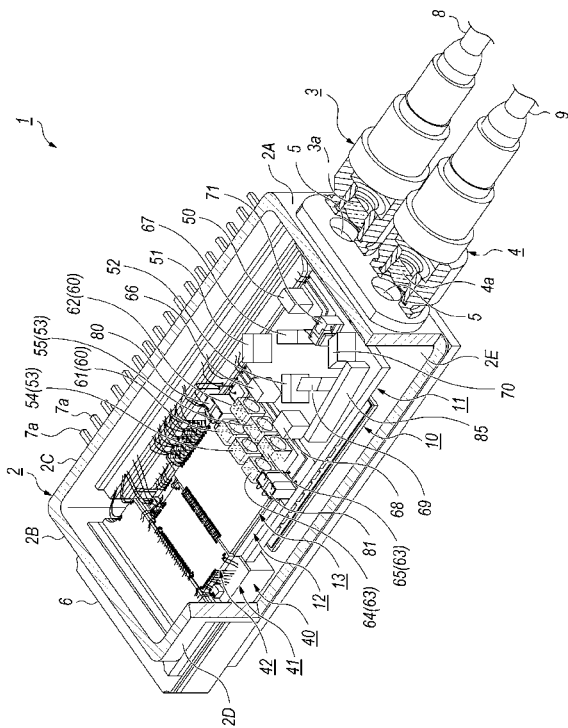
10

【0077】

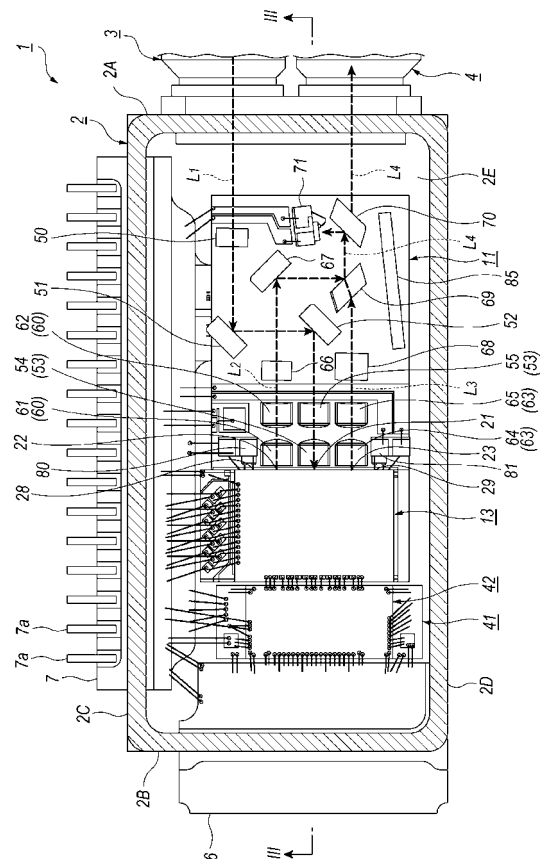
本発明に係る光モジュールの特定の実施形態、及び光モジュールの製造方法を例示の目的で本明細書で説明してきたが、多くの変形および変更が可能であることは当業者にとって明らかだろう。例えば、本実施形態では、SMFの光軸を第2の出力ポート23の光軸に合わせて配置しているが、前者の光軸を出力ポート23の光軸からずらしてもよい。本発明の真の精神及び範囲に含まれるような全ての修正および変更を包含する。

20

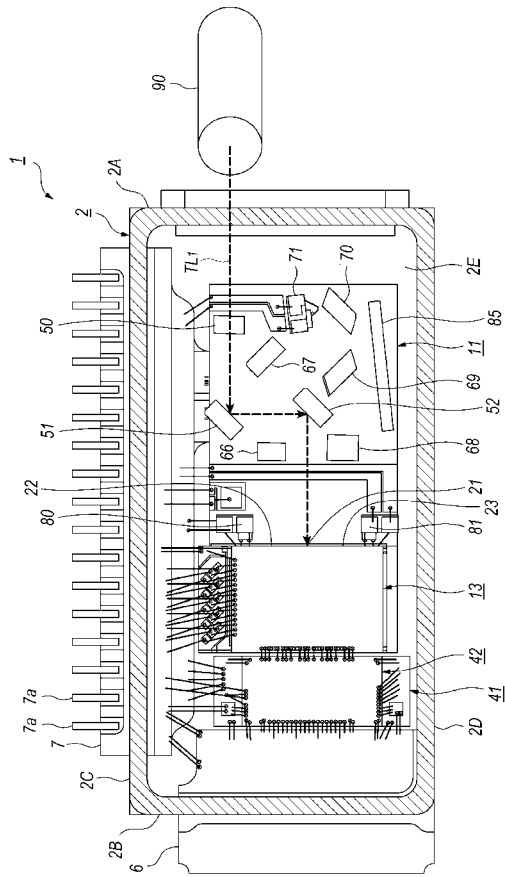
【図1】



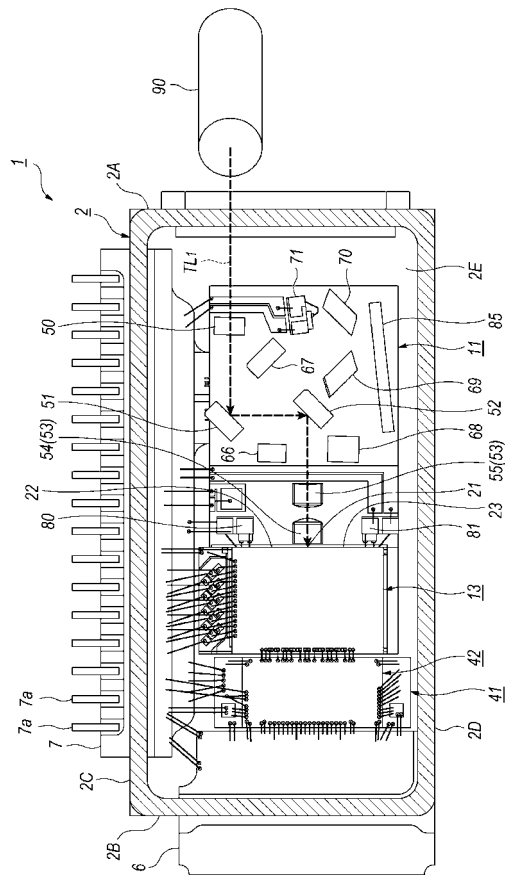
【図2】



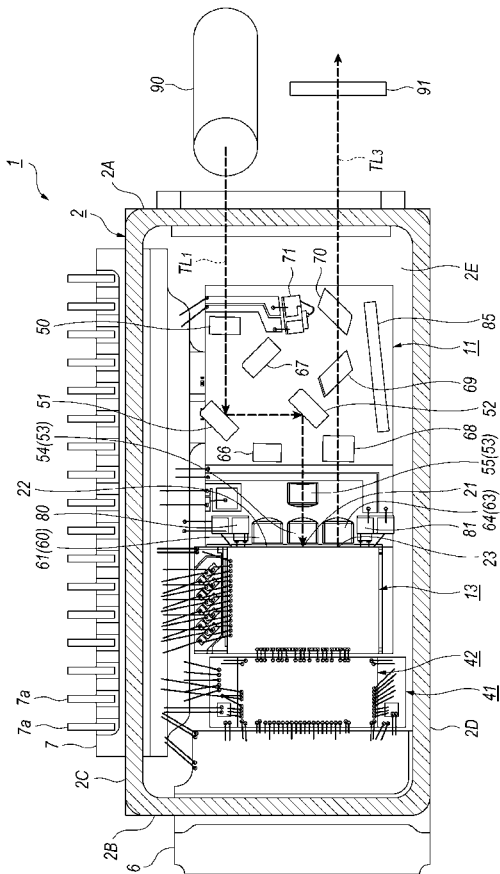
【 図 7 】



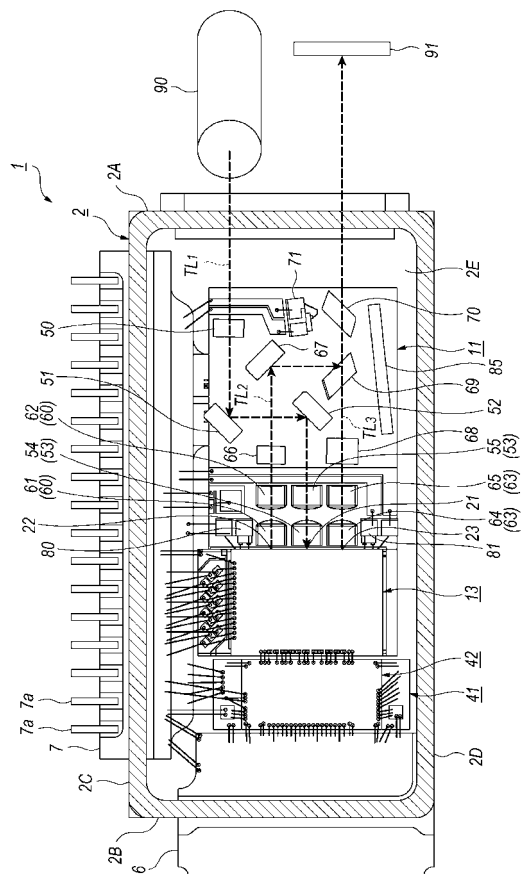
【 図 8 】



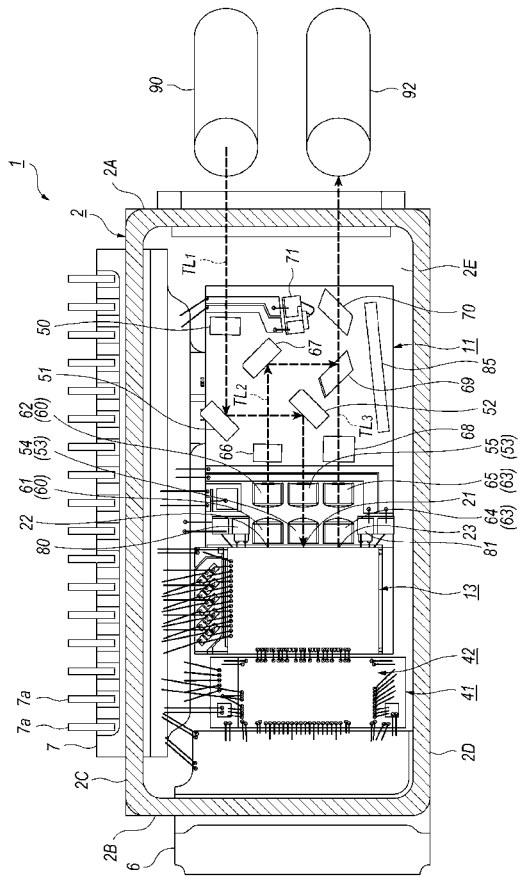
【 図 9 】



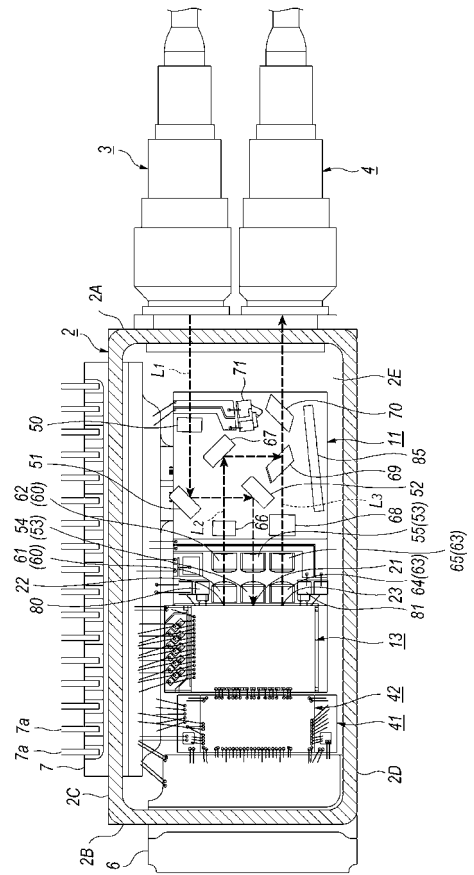
【 図 10 】



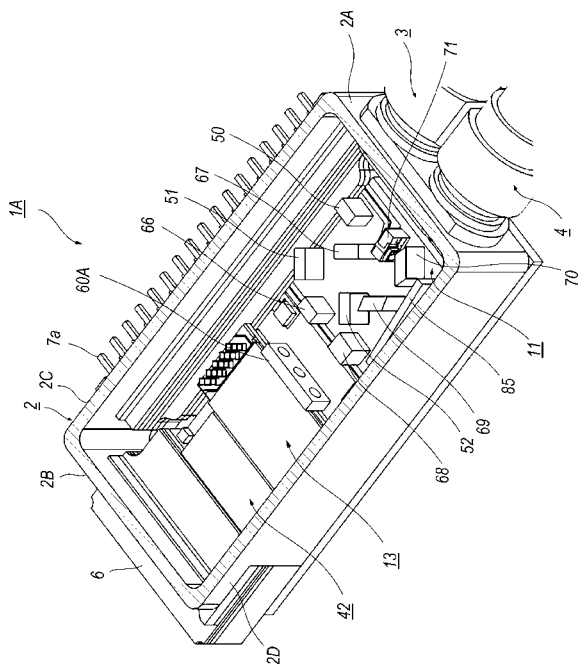
【図 1 1】



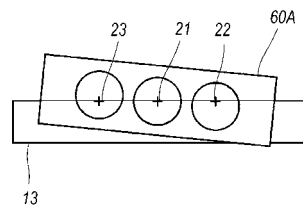
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/047950

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. See extra sheet 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. G02F1/015, G02B6/12-6/14, G02F1/00-1/125, G02F1/21-7/00, G02B6/26-6/27, G02B6/30-6/34, G02B6/42-6/43 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched <small>Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019 Registered utility model specifications of Japan 1996-2019 Published registered utility model applications of Japan 1994-2019</small> 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.
Y	US 2017/0184802 A1 (SAEKI et al.) 2017.06.29, paragraphs [0003], [0043]-[0185], Figs. 1-2, 5, 7-9, 12-14, 16-18, 22 & JP 2016-86130 A & JP 2016-100468 A & JP 2016-115721 A & JP 2017-167345 A	1-16
Y	US 2017/0019181 A1 (FLINTHAM et al.) 2017.01.19, paragraphs [0098]-[0107], Figs. 1-3 & JP 2017-513071 A & WO 2015/135821 A1 & CN 106464383 A	1-16
Y	US 2017/0242316 A1 (HORIGUCHI et al.) 2017.08.24, paragraphs [0028]-[0050], [0101]-[0121], Fig. 5 & JP 2017-151417 A	1-16
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 13.03.2019	Date of mailing of the international search report 26.03.2019	
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer OKUMURA, Masato Telephone No. +81-3-3581-1101 Ext. 3295	2L 4752

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No. PCT/JP2018/047950

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2017/085447 A1 (OCLARO TECHNOLOGY LIMITED) 2017.05.26, Page 4, Lines 15-25, Page 20, Lines 4-22, Fig.7 & JP 2018-534627 A & US 2018/0329269 A1 & CN 108474909 A	1-16
A	US 2014/0308047 A1 (MAK et al.) 2014.10.16, Fig. 1 (No Family)	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/047950

CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F1/015(2006.01) i, G02B6/12(2006.01) i, G02B6/30(2006.01) i,
G02B6/32(2006.01) i, G02F1/025(2006.01) i, H04B10/50(2013.01) i,
H04J14/06(2006.01) i

フロントページの続き

(81)指定国・地域 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, JP, 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

(72)発明者 佐伯 智哉

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内

(72)発明者 藤村 康

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内

(72)発明者 渡部 徹

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内

Fターム(参考) 2H137 AA05 AB05 BA02 BB12 BC12 CB06 CB26 CC03 CC10 HA13
2K102 AA21 BA03 BB01 BB04 BC04 BD01 CA20 CA28 DB04 DB05
DC08 DD03 EA02 EA03 EB02 EB11 EB12 EB16 EB22 EB24
EB30