

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5034353号
(P5034353)

(45) 発行日 平成24年9月26日 (2012.9.26)

(24) 登録日 平成24年7月13日 (2012.7.13)

(51) Int. Cl. F I
G O 2 B 6/42 (2006.01) G O 2 B 6/42
G O 2 B 6/30 (2006.01) G O 2 B 6/30

請求項の数 2 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2006-203606 (P2006-203606)
 (22) 出願日 平成18年7月26日 (2006.7.26)
 (65) 公開番号 特開2008-32835 (P2008-32835A)
 (43) 公開日 平成20年2月14日 (2008.2.14)
 審査請求日 平成21年4月9日 (2009.4.9)

(73) 特許権者 309015134
 富士通オプティカルコンポーネンツ株式会社
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号
 (74) 代理人 100092978
 弁理士 真田 有
 (72) 発明者 佐々木 誠美
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内
 審査官 奥村 政人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光デバイスの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光素子が形成された光素子チップと、前記光素子と光学的に接続する光ファイバ、該光ファイバの一端に取り付けられ前記光素子と前記光ファイバとを接続固定する第1のフェルール、および該光ファイバ上で該第1のフェルールよりも該光ファイバの他端側に取り付けられる第2のフェルールからなる光ファイバアセンブリと、該光素子チップが搭載されて該光素子チップの周囲を包囲するとともに該光ファイバアセンブリを導入する開口部を有するパッケージと、該開口部の外延に取り付けられ該パッケージに導入される光ファイバアセンブリをなす前記第2のフェルールと該光ファイバの該パッケージへの導入部とを支持し、且つ、該パッケージ内を気密封止するとともに該第2のフェルールを固定する支持用パイプと、をそなえ、該第2のフェルールは、前記支持用パイプ内で固定され、該第2のフェルールの一端は前記パッケージの内部に突き出ており、該第2のフェルールの他端は前記支持用パイプから前記気密封止及び前記固定に要する長さ分突き出ている光デバイスを製造する方法であって、

前記第1のフェルールと前記第2のフェルールとを、各フェルールの外形稜線の一部が同一の基準面に接した状態で該光ファイバに固定することにより、前記第1のフェルールと前記光ファイバと前記第2のフェルールとを固定して、前記光ファイバアセンブリを組み立てて、

前記光ファイバアセンブリを、前記光素子チップを内蔵している前記パッケージの内部へ、前記支持用パイプから導入するとともに、前記光ファイバが許容曲げ半径以上となる

ように、前記パッケージの内部に挿入した前記光ファイバアセンブリを、前記第1のフェルルールと前記第2のフェルルールとを前記パッケージの内部で前記外形稜線の一部が前記同一の基準面に接した状態で把持しながら、前記光素子チップおよび前記光ファイバの光軸調整を行ない、

前記光軸調整が行なわれた後に、前記光素子チップと前記第1のフェルルールを固定し、前記第2のフェルルールを、前記光軸調整後の位置を保持した状態で、前記支持用パイプで気密固定することを特徴とする光デバイスの製造方法。

【請求項2】

光素子が形成された光素子チップと、前記光素子と光学的に接続する光ファイバ、該光ファイバの一端に取り付けられ前記光素子と前記光ファイバとを接続固定する第1のフェルルール、該光ファイバ上で該第1のフェルルールよりも該光ファイバの他端側に取り付けられる第2のフェルルール、および該第2のフェルルールにおける該第1のフェルルール側に取り付けられ該光ファイバの周囲を包囲する包囲パイプからなる光ファイバアセンブリと、該光素子チップが搭載されて該光素子チップの周囲を包囲するとともに該光ファイバアセンブリを導入する開口部を有するパッケージと、該開口部の外延に取り付けられ該パッケージに導入される光ファイバアセンブリをなす前記第2のフェルルールと該光ファイバの該パッケージへの導入部とを支持し、且つ、該パッケージ内を気密封止するとともに該第2のフェルルールを固定する支持用パイプと、をそなえ、該第2のフェルルールは、前記支持用パイプ内で固定され、該第2のフェルルールの該パッケージ外部側の一端は前記支持用パイプから前記気密封止及び前記固定に要する長さ分突き出しており、該包囲パイプは前記パッケージの内部に突き出ている光デバイスを製造する方法であって、

前記第1のフェルルールと前記包囲パイプとを、各外形稜線の一部が同一の基準面に接した状態で固定することにより、前記第1のフェルルールと前記光ファイバと前記包囲パイプが取り付けられた第2のフェルルールとを固定して、前記光ファイバアセンブリを組み立て

前記光ファイバアセンブリを、前記光素子チップを内蔵している前記パッケージの内部へ、前記支持用パイプから導入するとともに、前記光ファイバが許容曲げ半径以上となるように、前記パッケージの内部に挿入した前記光ファイバアセンブリを、前記第1のフェルルールと前記包囲パイプとを前記パッケージの内部で前記の各外形稜線の一部が前記同一の基準面に接した状態で把持しながら、前記光素子チップおよび前記光ファイバの光軸調整を行ない、

前記光軸調整が行なわれた後に、前記光素子チップと前記第1のフェルルールを固定し、前記第2のフェルルールを、前記光軸調整後の位置を保持した状態で、前記支持用パイプで気密固定することを特徴とする光デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光デバイスの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

インターネットや携帯電話の普及、および端末装置の高機能化などに伴い、伝送路の大容量化が必須の課題である。このため、通信ネットワークは高速・大容量の伝送が可能な光ファイバにますます依存し、波長分割多重(WDM: Wavelength Division Multiplexing)による光通信網の整備が急務となっている。

図13は、WDM伝送システムにおいて、光信号の送信を行なう光送信器の一例を示す構成図である。101は光信号を出力する光ファイバで、102は光ファイバ101に光接続される光変調器、103は光変調器102に光接続される半導体レーザ103aおよび半導体レーザ103aを温度制御する温度制御素子103bからなる光源部である。更に、104はLD駆動回路104aおよびLD温度制御回路104bからなる駆動部、105は光変調器駆動回路である。

10

20

30

40

50

【0003】

光源として使用される半導体レーザ（例えば、レーザダイオードからなり、以下「LD」という）103aは、LD駆動回路104aによって駆動され、光出力と発振波長を一定に制御するために、LD温度制御回路104bからの制御信号を受けた温度制御素子103bで温度コントロールされる。

光変調器102は、外部光変調器で、例えばLiNbO₃（以下「LN」という）のような電気光学効果を有する材料からなる基板を用いた光導波路チップで構成される。この光導波路近傍には電極が設けられ、この電極に印加される電気信号によって、LDからの出力光（連続光）が強度変調され、パルス状の光信号として生成されて光ファイバ101に送出される。

10

【0004】

このような光送信器は、近年のWDM通信の普及に伴い、小型化・高機能化・低コスト化が強く求められており、これを構成する光変調器への要求も例外ではない。

こうした背景から、光変調器に代表される光導波路デバイスは、小型化・高機能化を図るために、特に光ファイバの接続構造に関して（a）光ファイバの短尺化による小型化、（b）光ファイバの多芯（多チャンネル）化による高機能化、の実現が求められていた。また、組立の簡易化を図ることで、低コストを実現することも強く求められていた。

【0005】

光変調器に代表される光導波路デバイスにおいて、光導波路 - 光ファイバ結合系の構成例は、例えば、以下に示す特許文献1に記載のものが知られている。図14は、特許文献1に記載された光導波路デバイス110の構成例の概略を示したものである。

20

この図14に示すように、光導波路チップ111を内蔵するパッケージ112には、光ファイバ113を外部へ通すための開口部114が側壁に設けられ、その開口部114の周りにパイプ115が気密固定されている。そして、光導波路チップ111と光ファイバ113は第1のフェルール116を介して接着固定され、また、光ファイバ113はパイプ115を通じたパッケージ112内部への導入箇所において、第2のフェルール117と気密固定されている。更に、第2のフェルール117はパイプ115に保持され、パイプ115の先端で気密固定されている。

【0006】

このような光導波路デバイス110は、第1のフェルール116と第2のフェルール117が光ファイバ113に設けられたものが（光ファイバ113上で第1、第2のフェルール116、117が既に位置決めされたものが）、パッケージ112に気密固定されたパイプ115から挿入されて、第1のフェルール116が光導波路チップ111に接続されて構成されるようになっている。

30

【0007】

このとき、光ファイバの接続構造は、[1]熱膨張を整合させること、[2]光ファイバの許容曲げ半径を確保すること、[3]気密封止を確保すること、[4]ノーズ強度の確保することを条件として、各エレメントの材料選択や寸法等の設計がなされる。

ここで、[1]熱膨張の整合に関し、パッケージ112内に搭載された光導波路チップ111に光ファイバ113が接続された光導波路デバイスは、接続に使用した接着剤を固定させるために、製造過程で熱が加えられるが、このとき、図14中のパッケージ112のa部分の熱膨張とパイプ115のb部分の熱膨張とにより生じる第1の伸縮量と、光ファイバ113のc部分の熱膨張と第2のフェルール117d部分の熱膨張とにより生じる第2の伸縮量が一致するように、各部の材料と寸法を設定するようにしている。これにより、光導波路チップ111と光ファイバ113の接続（固定）部に熱伸縮による引っ張りまたは圧縮応力が加わらないようにして、加熱を経た場合においても光ファイバ113の導通特性を安定化させている。

40

【0008】

また、[2]光ファイバの許容曲げ半径の確保に関しては、第1のフェルール116の位置（光導波路との接着位置）と、第2のフェルール117の位置（パッケージ112の

50

パイプ 115 の位置) が所望の相対位置精度となるように部材精度を設定することで、光ファイバ 113 の曲げ半径を確保して、光ファイバ 113 の曲げによる損失を許容範囲内に抑制している。

【0009】

すなわち、第 1 のフェルール 116 と第 2 のフェルール 117 との間における光ファイバ 113 が露出する部分においては、なるべく光ファイバ 113 自身はまっすぐな状態にあることが望ましい。しかし、第 1 のフェルール 116 と第 2 のフェルール 117 とが光ファイバ 113 に設けられたときの位置関係の精度と、パッケージ 112 内に搭載された光導波路チップ 111 のパイプ 115 との位置関係の精度と、から、まっすぐな状態に保つことは容易ではないため、ある程度光ファイバ 113 が露出する部分を長くすることで、光ファイバ 113 に曲がりが生じたとしても曲がり角度を大きくするようにして、損失を許容範囲内に収めている。

10

【0010】

さらに、[3] 気密封止の確保に関しては、光ファイバ 113 と第 2 のフェルール 117 とが固定される部分(図 14 の B 部分参照)、パッケージ 112 とパイプ 115 とが固定される部分(図 14 の C 部分参照)、及びパイプ 115 先端と第 2 のフェルール 117 とが固定される部分(図 14 の A 部分)をそれぞれ気密固定とすることで、パッケージ 112 の気密封止を確保し、搭載される光導波路チップ 111 の動作の安定化を図っている。

【0011】

また、[4] ノーズ強度の確保に関しては、パッケージ 112 とパイプ 115 を口ウ付けすることでパイプを強固に固定し、第 2 のフェルール 117 をパイプ 115 に実質すき間無く挿入しパイプ 115 で保持することにより、ノーズ強度を確保している。

その他、本願発明に関連する従来技術として、下記の特許文献 2 ~ 4 に記載されたものもある。

【特許文献 1】特開 2006 - 119373 号公報

【特許文献 2】特開 2001 - 154064 号公報

【特許文献 3】特開 2000 - 352644 号公報

【特許文献 4】特開 2001 - 281498 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

しかしながら、上述の図 14 に示す光導波路デバイス 110 においては、上述した(a) 光ファイバの短尺化による小型化、(b) 光ファイバの多芯(多チャンネル)化による高機能化、を実現するには以下の課題があった。

すなわち、図 14 に示す光導波路デバイス 110 においては、第 1 のフェルール 116 と第 2 のフェルール 117 の位置は、光導波路チップ 111 とパイプ 115 の位置でそれぞれ決定されるが、両者の位置にズレがあると、光ファイバ 113 に曲げ(たわみ)が生じる。

【0013】

前述の光ファイバ 113 が露出する部分の長さは、なるべく短尺化することがパッケージ 112 の小型化、ひいては光導波路デバイス 110 の小型化に寄与する。しかし、上述したように、第 1 のフェルール 116 と第 2 のフェルール 117 とが光ファイバ 113 に設けられたときの位置関係と、パッケージ 112 内に搭載された光導波路チップ 111 のパイプ 115 との位置関係と、のズレにより生じる、光ファイバ 113 の曲げ(たわみ)は、光ファイバ 113 が露出する部分の長さが短くなるほど、少しの位置ズレでも大きな曲がりとなる。

40

【0014】

このため、パッケージ 112 規模の小型化のため、光ファイバ 113 を短尺化して、かつ、許容曲げ半径を確保するには、少なくとも光導波路チップとパイプの位置が非常に高

50

精度に位置決めされている必要がある。しかし、部品の寸法精度、および組み立ての位置決め精度には自ずと限界があるため、光ファイバ 1 1 3 の短尺化（即ちパッケージ 1 1 2 の小型化）にも限界があった。

【 0 0 1 5 】

さらに、光ファイバを多芯化した場合、第 1 のフェルール 1 1 6 と第 2 のフェルール 1 1 7 の相対位置に光軸に対するあおり（首振り）方向のずれが加わると、光ファイバ 1 1 3 には座屈（押し込み）の状態が容易に生じる。この「座屈による曲げ（たわみ）」を抑えて光ファイバを許容曲げ半径以上とするには、第 1 のフェルール 1 1 6 と第 2 のフェルール 1 1 7 のあおり（首振り）方向を高精度に位置決めする必要がある。

【 0 0 1 6 】

しかし、例えば第 1 のフェルール 1 1 6 の端面角度やパイプ 1 1 5 の傾き等、あおり（首振り）の要因となる部品の寸法や組み立ての位置決めを非常に高精度に追い込むには自ずと限界があった。このため、光ファイバ 1 1 3 の多芯化のためには、上述した「位置ズレによる曲げ（たわみ）」と、「座屈による曲げ（たわみ）」の両者を考慮することが必要となる。

【 0 0 1 7 】

特許文献 2 ～ 4 に記載された技術においても、位置決め精度を高めて光ファイバの短尺化を可能とする技術について記載されたものではない。

本発明は、上述したような従来技術の問題点に鑑み成されたもので、光デバイスの小型化・機能集積化・低コスト化を図ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 2 0 】

このため、本発明の光デバイスの製造方法は、光素子が形成された光素子チップと、前記光素子と光学的に接続する光ファイバ、該光ファイバの一端に取り付けられ前記光素子と前記光ファイバとを接続固定する第 1 のフェルール、および該光ファイバ上で該第 1 のフェルールよりも該光ファイバの他端側に取り付けられる第 2 のフェルールからなる光ファイバアセンブリと、該光素子チップが搭載されて該光素子チップの周囲を包囲するとともに該光ファイバアセンブリを導入する開口部を有するパッケージと、該開口部の外延に取り付けられ該パッケージに導入される光ファイバアセンブリをなす前記第 2 のフェルールと該光ファイバの該パッケージへの導入部とを支持し、且つ、該パッケージ内を気密封止するとともに該第 2 のフェルールを固定する支持用パイプと、をそなえ、該第 2 のフェルールは、前記支持用パイプ内で固定され、該第 2 のフェルールの一端は前記パッケージの内部に突き出ており、該第 2 のフェルールの他端は前記支持用パイプから前記気密封止及び前記固定に要する長さ分突き出ている光デバイスを製造する方法であって、前記第 1 のフェルールと前記第 2 のフェルールとを、各フェルールの外形稜線の一部が同一の基準面に接した状態で該光ファイバに固定することにより、前記第 1 のフェルールと前記光ファイバと前記第 2 のフェルールとを固定して、前記光ファイバアセンブリを組み立てて、前記光ファイバアセンブリを、前記光素子チップを内蔵している前記パッケージの内部へ、前記支持用パイプから導入するとともに、前記光ファイバが許容曲げ半径以上となるように、前記パッケージの内部に挿入した前記光ファイバアセンブリを、前記第 1 のフェルールと前記第 2 のフェルールとを前記パッケージの内部で前記外形稜線の一部が前記同一の基準面に接した状態で把持しながら、前記光素子チップおよび前記光ファイバの光軸調整を行ない、前記光軸調整が行なわれた後に、前記光素子チップと前記第 1 のフェルールを固定し、前記第 2 のフェルールを、前記光軸調整後の位置を保持した状態で、前記支持用パイプで気密固定することを特徴としている。

【 0 0 2 2 】

さらに、本発明の光デバイスの製造方法は、光素子が形成された光素子チップと、前記光素子と光学的に接続する光ファイバ、該光ファイバの一端に取り付けられ前記光素子と前記光ファイバとを接続固定する第 1 のフェルール、該光ファイバ上で該第 1 のフェルールよりも該光ファイバの他端側に取り付けられる第 2 のフェルール、および該第 2 のフェ

10

20

30

40

50

ルールにおける該第1のフェルール側に取り付けられ該光ファイバの周囲を包囲する包囲パイプからなる光ファイバアセンブリと、該光素子チップが搭載されて該光素子チップの周囲を包囲するとともに該光ファイバアセンブリを導入する開口部を有するパッケージと、該開口部の外延に取り付けられ該パッケージに導入される光ファイバアセンブリをなす前記第2のフェルールと該光ファイバの該パッケージへの導入部とを支持し、且つ、該パッケージ内を気密封止するとともに該第2のフェルールを固定する支持用パイプと、をそなえ、該第2のフェルールは、前記支持用パイプ内で固定され、該第2のフェルールの該パッケージ外部側の一端は前記支持用パイプから前記気密封止及び前記固定に要する長さ分突き出ており、該包囲パイプは前記パッケージの内部に突き出ている光デバイスを製造する方法であって、前記第1のフェルールと前記包囲パイプとを、各外形稜線の一部が同一の基準面に接した状態で固定することにより、前記第1のフェルールと前記光ファイバと前記包囲パイプが取り付けられた第2のフェルールとを固定して、前記光ファイバアセンブリを組み立て、前記光ファイバアセンブリを、前記光素子チップを内蔵している前記パッケージの内部へ、前記支持用パイプから導入するとともに、前記光ファイバが許容曲げ半径以上となるように、前記パッケージの内部に挿入した前記光ファイバアセンブリを、前記第1のフェルールと前記包囲パイプとを前記パッケージの内部で前記の各外形稜線の一部が前記同一の基準面に接した状態で把持しながら、前記光素子チップおよび前記光ファイバの光軸調整を行ない、前記光軸調整が行なわれた後に、前記光素子チップと前記第1のフェルールを固定し、前記第2のフェルールを、前記光軸調整後の位置を保持した状態で、前記支持用パイプで気密固定することを特徴としている。

10

20

【発明の効果】

【0023】

このように、本発明によれば、第2のフェルールは、支持用パイプ内で固定されるとともに、その一端はパッケージの内部に突き出るとともに、他端は実質的に支持用パイプの先端部分で前記気密固定に要する長さ分突出するように構成されているので、第2のフェルールとともに第1のフェルールが光ファイバに固定された光ファイバアセンブリを光導波路チップに接続して光軸調整を行なう場合において、第1のフェルールと第2のフェルールをパッケージ内部で直接かつ同時に把持することができるので、光導波路デバイスの規模の小型化のために光ファイバを短尺化しても、光ファイバの許容曲げ半径を確実に確保することができるようになり、光導波路デバイスとしての装置規模の小型化、集積化を図るとともに、光軸調整作業自体を簡単化させることができるので、光導波路デバイスとしての製造コストの低減にも寄与する。

30

【0024】

また、本発明によれば、第2のフェルールは、支持用パイプ内で固定されるとともに、その一端は実質的に支持用パイプの先端部分で気密固定に要する長さ分突出するように構成され、包囲パイプは前記パッケージの内部に突き出るように構成されているので、この包囲パイプが取り付けられた第2のフェルールとともに第1のフェルールが光ファイバに固定された光ファイバアセンブリを、光導波路チップに接続して光軸調整を行なう場合において、第1のフェルールと包囲パイプをパッケージ内部で直接かつ同時に把持することができるので、光導波路デバイスの規模の小型化のために光導波路チップの第1のフェルールとの接続面と、パッケージの開口部の位置との距離を短くしても、光ファイバの許容曲げ半径を確実に確保することができるようになり、光導波路デバイスとしての装置規模の小型化、集積化を図るとともに、光軸調整作業自体を簡単化させることができるので、光導波路デバイスとしての製造コストの低減にも寄与する。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下、図面を参照することにより、本発明の実施の形態について説明する。

なお、上述の本願発明の目的のほか、他の技術的課題、その技術的課題を解決する手段及び作用効果についても、以下の実施の形態による開示によって明らかとなる。

〔A〕第1実施形態の説明

50

図1は本発明の第1実施形態にかかる光導波路デバイス10を示す模式的上視図であって、特に光導波路デバイス10をなす光導波路チップ1と、パッケージ4の外部に通じる光ファイバ2と、の導通関係に着目して示したものである。この図1に示す光導波路デバイス10は、光導波路チップ1、光ファイバ2、第1のフェルール3、パッケージ4、支持用パイプ(第1のパイプ)5および第2のフェルール6をそなえて構成する。

【0026】

ここで、光導波路チップ1は、光素子としての光導波路が例えばLN基板に形成されたものであり、例えば入力される光について光変調を行なう光変調素子チップ(光素子チップ)(図13の符号102参照)として適用することができる。又、光ファイバ2は、光導波路チップ1をなす光導波路に光学的に接続され、光導波路からの光を伝搬させ、又は、光ファイバ2を伝搬してきた光を光導波路へ導くことができるようになっている。

10

【0027】

さらに、第1のフェルール3は、光導波路チップ1と光ファイバ2とをUV接着剤等を介して接続固定するものであり、例えばガラス部材を用いることができる。パッケージ4は、光導波路チップ1が搭載されて光導波路チップ1の周囲を包囲する筐体である。また、パッケージ4は、前記第1のフェルール3についても内蔵し光ファイバ2を外に通すための開口部4aが側壁に設けられる。尚、パッケージ4の材料としては、好ましくは、光導波路チップ1と熱膨張係数がほぼ等しい材料を選択することができる。

【0028】

また、パッケージ4における光ファイバ2を導入する箇所には開口部4aが設けられ、この開口部4aの外延には中空の支持用パイプ5が固定されている。尚、この支持用パイプ5とパッケージ4とは、口周により気密がとられている(図1のA参照)。更に、第2のフェルール6は、支持用パイプ5に挿入して支持用パイプ5の先端(図1のB部参照)とハンダ等により気密固定するとともに開口部4aを通してパッケージ4の外部へ出る光ファイバ2を挿入するものである。又、第2のフェルール6と光ファイバ2とはパッケージ4の内側において(図1のC部参照)気密固定される。

20

【0029】

具体的には、第2のフェルール6は、その外径は支持用パイプ5の内径よりも小さいが実質的な隙間がなく挿入されるように構成されるとともに、その一部がパッケージ4の内部に突き出て、かつ、実質的に支持用パイプ5から気密固定に要する長さ分突出するように長さが設定されている。換言すれば、第2のフェルール6は、光ファイバ2が貫通する方向に沿って、支持用パイプ5に気密固定されるための長さ分突出した位置から、パッケージ4の厚みを超えて一部がパッケージ4内部に突出するような位置までの長さを有することになる。尚、第2のフェルール6としては、金属部材を用いることができる。

30

【0030】

したがって、上述の光導波路と光学的に接続するための光ファイバ2、光ファイバ2の先端に取り付けられ光導波路と光ファイバ2とを接続固定するための第1のフェルール3、および光ファイバ2上で第1のフェルール3よりも内側に取り付けられる第2のフェルール6により、光ファイバアセンブリ11を構成する。

そして、パッケージ4の開口部4aは、製造時には上述の光ファイバアセンブリ11を導入するとともに、開口部4aの外延に取り付けられた支持用パイプ5は、当該パッケージ4に導入される光ファイバアセンブリ7をなす第2のフェルール6とともに光ファイバ2のパッケージ4への導入部を支持し且つパッケージ4内を気密封止する。

40

【0031】

上述のごとく構成される光導波路デバイス10は、例えば以下のように製造される。

まず、図2に示すように、第1のフェルール3と、光ファイバ2と、第2のフェルール6と、を固定して、光ファイバアセンブリ11を組み立てる。又、開口部4aに支持用パイプ5が固定されたパッケージ4には、光導波路チップ1を搭載しておく。具体的には、光導波路チップ1の入出射端面の近傍を除く裏面全体を、エポキシ接着剤等を用いてパッケージ4に接着固定させる。

50

【 0 0 3 2 】

このとき、第1のフェルール3は光ファイバ2の先端位置に、第2のフェルール6は第1のフェルール3よりも内側において、光ファイバ2に挿入されている。又、第2のフェルール6は、上述の光導波路チップ1の搭載位置と、支持用パイプ5のパッケージ4の外側先端の位置と、の関係に整合するように、光ファイバ2の先端位置から間隔が設けられて固定される。更に、第1のフェルール3および第2のフェルール6は、パッケージ4内部におけるそれぞれの外径稜線の一部が同一の基準面8aに接するように構成する。

【 0 0 3 3 】

具体的には、例えば図2に示す治具9を用いることにより、第1,第2のフェルール3,6について相対距離を定めるとともに外径稜線の一部が同一の基準面8aに接するように配置位置を定める。そして、定められた配置位置を保った状態で、それぞれの第1,第2のフェルール3,6に備えられるファイバ挿入穴(第2フェルール6においては図3に示す符号6-1参照)を通じ、光ファイバ2を貫通させる。光ファイバ2の先端が第1のフェルール3の端面に揃う深さまで貫通させたのちに、その状態で第1,第2のフェルール3,6と光ファイバ2とを接着剤等を用いて固定する。

10

【 0 0 3 4 】

そして、上述のごとく組み立てられた光ファイバアセンブリ11を、光導波路チップ1を内蔵しているパッケージ4の内部へ、開口部4aの周りに気密固定している支持用パイプ5から挿入する。そして、光ファイバ2が許容曲げ半径以上となるように、光導波路チップ1と光ファイバ2を光軸調整する。この光軸調整が行なわれた後に、光導波路チップ1と第1のフェルール3とを接着剤等で固定し、第2のフェルール6を、光軸調整後の位置を保持した状態で、支持用パイプ5の先端でハンダ等により気密固定する。

20

【 0 0 3 5 】

上述の光導波路チップ1と光ファイバ2との光軸調整を通じて、上述の光導波路チップ1と第1のフェルール3とが当接させるように固定されるが、この光軸調整作業にあたっては、例えば図2に示すような治具8,9を用いることにより、第1のフェルール3とパッケージ4内に突出する第2のフェルール6とを同時に把持して可動させる。尚、図3は図2に示すAA断面を示す。

【 0 0 3 6 】

具体的には、図2,図3に示すように、治具8の、光ファイバアセンブリ11における第1のフェルール3と第2のフェルール6の外形稜線と同一の基準面8aを一方の把持面とし、他方の治具9で基準面8aの反対側から第1,第2のフェルール3,6を挟むことにより、第1,第2のフェルール3,6を同時且つ一体に把持し、光導波路チップ1および光ファイバ2の光軸調整を行なう。

30

【 0 0 3 7 】

すなわち、光ファイバアセンブリ11は、第1のフェルール3と第2のフェルール6とを同一の基準面8aに接したとき、光ファイバ2が曲がりを生じないように組み立てられているので、同じ基準面8aを用いた方法で光ファイバアセンブリ11を把持すれば、光ファイバ2に曲がりがない状態を再現することができる。

したがって、この基準面8aを把持面として含む治具8とともに第1,第2のフェルール3,6を治具8とともに把持する治具9を用いることにより、第1,第2のフェルール3,6を一体的かつ同時に把持して光軸調整を行なっている。又、第1,第2のフェルール3,6を治具8とともに挟むための治具9については、第1,第2のフェルール3,6の外径に即した把持面を有している。特に、図3に示すように把持部分がV溝形状を有するものとする事で把持を安定化させることができる。

40

【 0 0 3 8 】

このように第1,第2のフェルール3,6を一体的かつ同時に把持して光導波路チップ1との相対位置関係を調節しているため、第1,第2のフェルール3,6間の光ファイバ2を、許容される曲げ半径以内となる状態を保ちながら高精度な光軸調整を簡易に行なうことができる。即ち、光ファイバ2の曲げ半径が許容値を満足するように、第1のフェル

50

ール3と第2のフェルール6をパッケージ4内部で直接かつ同時に把持することができるので、これら第1,第2のフェルール3,6を支持用パイプ5の位置に制約されることなく、同時に位置調整することが可能となる。

【0039】

言い換えれば、第1のフェルール3に対する第2のフェルール6の相対位置が、これら第1,第2のフェルール3,6双方を直接把持した状態で決められるので、光ファイバ2の許容曲げ半径を容易かつ確実に確保することができる(前述の条件[2]参照)。これにより、パッケージ4内で露出する光ファイバ2(図14の符号113参照)を、パッケージ4の小型化のために短尺化しても、光ファイバ2の許容曲げ半径を確実に確保することができるようになる。又、光軸調整作業自体を簡単化させることができるので、光導波路デバイス10としての製造コストの低減にも寄与する。

10

【0040】

また、支持用パイプ5をパッケージ4に気密固定し、第2のフェルール6が支持用パイプ5から飛び出す長さを、気密固定に必要な最低限の長さ(この場合においてはハンダ付けに必要な長さ)とすることにより、光ファイバ2を保持する第2のフェルール6を外側の支持用パイプ5で実質的に保護することができ、ノーズ強度(パッケージ4から光ファイバ2を案内するためにパッケージ4から突き出る部分の強度)を確保することができる(前述の条件[4]参照)。

【0041】

すなわち、第2のフェルール6が支持用パイプ5から飛び出す長さを、実質気密固定に必要な程度に限定すると、パッケージ4(又は支持用パイプ5)の外側から第2のフェルール6を把持することは実質困難であり、この点からも第1のフェルール3と第2のフェルール6をパッケージ4の内部で把持する構造は、第2のフェルール6の位置を決めるための構成として有効である。

20

【0042】

さらに、光ファイバ2と第2のフェルール6とを固定する箇所(図1のC部参照)、および、第2のフェルール6と支持用パイプ5とを固定する箇所(図1のA部参照)を気密固定とすることにより、パッケージ4内の気密封止が確保することができる(前述の条件[3]参照)。

もちろん、パッケージ4における図1中a部の熱膨張と支持用パイプ5におけるb部の熱膨張とにより生じる第1の伸縮量と、光ファイバ2におけるc部の熱膨張と第2のフェルール6におけるd部の熱膨張とにより生じる第2の伸縮量と、を一致させることにより、熱膨張の整合を実現することができる(前述の条件[1]参照)。

30

【0043】

このようにして、第1実施形態にかかる光導波路デバイス10においては、図14に示す光導波路デバイス110に比べて、パッケージ4内の光ファイバ2(図14の符号112,113参照)を短尺化させることができるので、前述の[1]~[4]に示す条件を満足させつつ装置の小型化を図ることができる。

なお、上述の図2においては、第1,第2のフェルール3,6を把持する治具8として、第1のフェルール3および第2のフェルール6を同一の基準面8aで把持するようになっているが、同一基準面8aを形成しなくても、第1のフェルール3と第2のフェルール6に、これら第1,第2フェルール3,6を治具で同時かつ一体に保持するための基準面を設けることとしてもよい。このようにしても、図2の場合と同様に、第1,第2フェルール3,6の相対位置関係を保ちながら光軸調整を精度良く、且つ、容易に行なうことができる。

40

【0044】

つぎに、上述のごとく構成された光導波路デバイス10の加熱時の熱膨張について検討する。

光導波路チップ1と光ファイバ2とが固定されている点(P1点)から、パッケージ4の側壁外面までの距離をaとし、パッケージ4の側壁外面から、第2のフェルール6と支

50

持用パイプ5とが固定されている点(P2点)までの距離をbとする。また、P1点から、光ファイバ2と第2のフェルール6とが固定されている点(P3点)までの距離をcとし、P3点からP2点までの距離をdとする。そして、パッケージの熱膨張係数を1、第1のパイプの熱膨張係数を2、光ファイバ(ガラス)の熱膨張係数を3、第2のフェルールの熱膨張係数を4とし、周囲の温度変化をTとする。

【0045】

ここで、ある材料Aを加熱する場合、材料Aの長さをL、材料Aの熱膨張係数が、温度変化をTとすると、材料Aの伸縮量は、 $\alpha \times L \times T$ で表すことができる。

したがって、パッケージ4の熱膨張と支持用パイプ5の熱膨張とにより生じる第1の伸縮量L1は、式(1)で求められる。

$$L1 = 1 \times a \times T + 2 \times b \times T \quad \dots (1)$$

すなわち、パッケージ4と支持用パイプ5の伸縮量L1は、パッケージ4で決まる伸縮量($1 \times a \times T$)と、パイプ5で決まる伸縮量($2 \times b \times T$)の和となる。

【0046】

また、光ファイバ2の熱膨張と第2のフェルール6の熱膨張とにより生じる第2の伸縮量L2は式(2)で求められる。

$$L2 = 3 \times c \times T + 4 \times d \times T \quad \dots (2)$$

すなわち、光ファイバ2と第2のフェルール6の伸縮量L2は、光ファイバ2の伸縮量($3 \times c \times T$)と、第2のフェルール6の伸縮量($4 \times d \times T$)の和となる。

【0047】

このため、式(1)で求めたL1と式(2)で求めたL2が等しくなれば、光導波路と光ファイバの接続固定部には過剰な応力が印加されなくなる。

したがって、上述した熱膨張設計を満足するために、各構成部の材質と寸法を選定することができる。

また、第2のフェルール6を例えば外径2.5mm程度の円筒形とする一方、支持用パイプ5を例えば内径を3.3mmとし、支持用パイプ5の内径を第2のフェルール6の外径よりもわずかに大きい値とすることで、第2のフェルール6の位置は支持用パイプ5の位置に制約されることが無くなり、第2のフェルール6は、光ファイバ2の許容曲げ半径を確保するように、支持用パイプ5の内部で可動させて位置決めすることができる。

【0048】

また、前述した通り、光ファイバアセンブリ11は、第1のフェルール3と第2のフェルール6を同一の基準面8aに接するようにしつつ、光ファイバ2が曲がりを生じないように組み立てられているので、治具8,9を用いて、同じ基準面8aを用いた方法で光ファイバアセンブリ11を把持すれば、光ファイバ2に曲がりがない状態を再現することができる。すなわち、パッケージ4内で、第1のフェルール3と第2のフェルール6の相対位置を調整することなく、両者を直接把持するだけで、光ファイバ2を無条件に許容曲げ半径が確保された状態にすることができる。

【0049】

このように第1のフェルール3と第2のフェルール6の両者をパッケージ4内で直接把持した状態で、光ファイバ2を光導波路チップに形成される光導波路に対して光軸調整する。この際、第2のフェルール6は支持用パイプ5内に配置しているが、支持用パイプ5の内径を第2のフェルールの外径より僅かに大きく設定しているため、第2のフェルール6が支持用パイプ5に衝突することなく光ファイバ2の光軸調整ができる。

【0050】

そして、光軸調整後、光ファイバ2と光導波路チップ1をなす光導波路は第1のフェルール3を介して、例えばUV接着材で固定される。この後、第1のフェルール3と第2のフェルール6を把持したままで、支持用パイプ5の先端と第2のフェルール6を気密固定する。第2のフェルール6を、光軸調整後の位置を保持した状態で固定することにより、光ファイバ2に曲がりが生じることなく組み立てを完了することができる。

【0051】

10

20

30

40

50

このように、本発明の第1実施形態によれば、第2のフェルール6は、支持用パイプ5内で固定されるとともに、その一端はパッケージ4の内部に突き出るとともに、他端は実質的に支持用パイプ5の先端部分で気密固定に要する長さ分突出するように構成されているので、第2のフェルール6とともに第1のフェルール3が光ファイバ2に固定された光ファイバアセンブリ11を光導波路チップ1に接続して光軸調整を行なう場合において、第1のフェルール3と第2のフェルール6をパッケージ4内部で直接かつ同時に把持することができるので、光導波路デバイス10の規模の小型化のために光ファイバ2を短尺化しても、光ファイバ2の許容曲げ半径を確実に確保することができるようになり、光導波路デバイス10としての装置規模の小型化、集積化を図るとともに、光軸調整作業自体を簡単化させることができるので、光導波路デバイス10としての製造コストの低減にも寄与する。

10

【0052】

〔A1〕具体的構成態様について

つぎに、第1実施形態にかかる光導波路デバイス10の具体的構成態様について説明する。光導波路チップ1はLN基板(熱膨張係数 $16.7 \times 10^{-6}/$)からなる光変調素子であり、パッケージ4はLN光変調素子と熱膨張係数が略等しい材料として、例えばSUS304(熱膨張係数 $17.3 \times 10^{-6}/$)を選択する。パッケージ4には、側壁の開口部4aに支持用パイプ5が、例えば銀口付けにより気密固定されている。LN光変調素子としての光導波路チップ1は入射端面の近傍を除く裏面全体が、例えばエポキシ接着剤を用いてパッケージ4に固定される。

20

【0053】

光ファイバ2は、ガラス部材からなる第1のフェルール3を介して光導波路チップ1と接続固定される。光ファイバ2の他端はパッケージ4側壁の開口部4aおよび支持用パイプ5を通して外部へ取り出される。第2のフェルール6は、光ファイバ2を貫通挿入して、少なくともパッケージ4内部に向かう先端部分でハンダによる気密固定が施されている。また、第2のフェルール6は、支持用パイプ5の先端部分でハンダによる気密固定が施されている。

【0054】

光ファイバ2と第2のフェルール6先端の固定部、パッケージ4と支持用パイプ5の固定部、及び支持用パイプ5先端と第2のフェルール6の固定部を気密固定とすることで、パッケージ4に光ファイバ2を導入する箇所についての気密封止を確保している。

30

次に、このように構成される光導波路デバイス10の組み立て方法について説明する。

まず、光ファイバアセンブリ11(図2参照)の組み立てについて説明する。第1のフェルール3は、第2のフェルール6と同じ外径2.5mmの円筒形を選択することができる。第1のフェルール3及び第2のフェルール6を、図2の如く、それぞれの外径稜線の一部が同一の基準面(平面)8aに接するように配置し、反対の側面を例えばV溝形状の治具9で押さえる。この状態で、光ファイバ2を第1フェルール3及び第2のフェルール6に挿入する。このとき、第1のフェルール3と第2のフェルール6に設けられた光ファイバ挿入穴は、光ファイバ2に位置ずれによる曲げ(たわみ)が生じないように、相対位置と穴径が設定されている。例えば、第1のフェルール3の挿入穴は外径に対する中心位置精度が $\pm 0.01\text{mm}$ 、穴径が $127+3/-0\mu\text{m}$ 、第2のフェルール6の挿入穴は外径に対する中心位置精度が $\pm 0.05\text{mm}$ 、穴径が 0.3mm とする。このとき、第1のフェルール3と第2のフェルール6を同一の基準面8aに接したとき、光ファイバ挿入穴の相対位置ずれは最大 0.06mm 生じる可能性があるが、第2のフェルール6の挿入穴径は光ファイバ2の外径($125\mu\text{m}$)に対して十分大きく設定されている(0.175mm のスキ間がある)ため、挿入穴の相対位置ずれによって光ファイバ2に曲げ(たわみ)が生じることはない。つまり、光ファイバ2は曲がりの無い状態で、第1のフェルール3と第2のフェルール6に挿入される。この状態で、例えば、第1のフェルール3と光ファイバ2はエポキシ接着剤で固定され、光ファイバ2と第2のフェルール6はハンダで気密固定される。この後、治具9をはずして、光ファイバアセンブリ11が完成する。

40

50

【0055】

次に、光ファイバアセンブリ11を、支持用パイプ5からパッケージ4内部へ挿入する。そして、前述の基準面8aを用いた同じ位置決め方法(図2参照)で第1のフェルール3と第2のフェルール6とをパッケージ4内部で直接把持する。

ここで、第2のフェルール6の長さは、前述した熱膨張整合の設計の際、パッケージ4内部で把持できるように考慮されている。例えば、パッケージ4の長さを9.5mm、パッケージの側壁厚さを1mm、光ファイバ(第1のフェルール含む)2の長さを5mmとしたので、第2のフェルール6のパッケージ4内に位置する長さは3.5mmとなり、把持するには十分な長さが確保されている。

【0056】

前述した通り、光ファイバアセンブリ11は、第1のフェルール3と第2のフェルール6とを同一の基準面8aに接したとき、光ファイバ2が曲がりを生じないように組み立てられているので、同じ基準面8aを用いた方法で光ファイバアセンブリ11を把持すれば、光ファイバ2に曲がりがない状態を再現することができる。すなわち、パッケージ内で、第1のフェルールと第2のフェルールの相対位置を調整することなく、両者を直接把持するだけで、光ファイバを無条件に許容曲げ半径が確保された状態にすることができる。

【0057】

このように第1のフェルール3と第2のフェルール6の両者をパッケージ4内で直接把持した状態で、光ファイバ2を光導波路に対して光軸調整する。この際、第2のフェルール6は支持用パイプ5内に配置しているが、支持用パイプ5の内径を第2のフェルール6の外径より僅かに大きく設定しているため、第2のフェルール6が支持用パイプ5に衝突することなく光ファイバ2の光軸調整を行なうことができる。光軸調整後、光ファイバ2と光導波路は第1のフェルール3を介して、例えばUV接着材で固定される。その後、第1のフェルール3と第2のフェルール6を把持したままで、支持用パイプ5の先端と第2のフェルール6を気密固定する。第2のフェルール6を、光軸調整後の位置を保持した状態で固定することにより、光ファイバ2に曲がりが生じることなく組み立てを完了することができる。

【0058】

〔B〕第2実施形態の説明

図4は本発明の第2実施形態にかかる光導波路デバイス20を示す模式的上視図であって、特に光導波路デバイス20をなす光導波路チップ1と、パッケージ4の外部に通じる光ファイバ2と、の導通関係に着目して示したものである。この図4に示す光導波路デバイス20は、前述の第1実施形態における光導波路デバイス10とは異なり、第2のフェルール6Aのパッケージ4内部側の先端部分に包囲パイプ(第2のパイプ)12が取り付けられている。尚、この第2のフェルール6Aに包囲パイプ12が取り付けられている点以外の構成については、前述の第1実施形態の場合と基本的に同様である。尚、図4中、図1と同一の符号はほぼ同様の部分を示している。

【0059】

ここで、第2のフェルール6Aは、支持用パイプ(第1のパイプ)5の内径よりも小さい外径を有し支持用パイプ5に挿入して支持用パイプ5の先端と気密固定されるとともに開口部4aを通してパッケージ4の外部へ出る光ファイバ2を挿入して気密固定される。又、包囲パイプ12は、第2のフェルール6のパッケージ4の内部に向かう先端部において取り付けられたものであって、パッケージ4をなす内壁から突き出るように長さが設定されている。

【0060】

また、包囲パイプ12については、第2のフェルール6Aとほぼ同一の外径をそなえた中空構造を有することができる。第1のフェルール3とともに、パッケージ4内部に位置する部分に、第1のフェルール3と包囲パイプ12の相対位置を決めるために、第1のフェルール3と包囲パイプ12の外径稜線に接する所定の基準面8b(図5参照)を設定することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 1 】

即ち、この基準面 8 b を把持面としてそなえる後述の図 5 , 図 6 に示す治具 8 A を、第 1 のフェルール 3 および包囲パイプ 1 2 に当接させるとともに、反対側を治具 9 で挟むことにより把持することで、第 1 のフェルール 3 と第 2 のフェルール 6 A との間の距離を固定させた状態で光軸調整を行なうことができるようになる。尚、この基準面としては、前述の第 1 実施形態の場合（符号 8 a 参照）と同様に、第 1 のフェルール 3 および包囲パイプ 1 2（ならびに第 2 のフェルール 6 A）で同一の基準平面とする（即ち各パーツの外径稜線の一部が同一の基準面に接する）こととしてもよい。

【 0 0 6 2 】

また、上述の光導波路と光学的に接続するための光ファイバ 2、光ファイバ 2 の先端に取り付けられ光導波路と光ファイバ 2 とを接続固定するための第 1 のフェルール 3、光ファイバ 2 上で第 1 のフェルール 3 よりも内側に取り付けられる第 2 のフェルール 6 a、および第 2 のフェルール 6 a における第 1 のフェルール 3 側に取り付けられ光ファイバ 2 の周囲を包囲する包囲パイプ 1 2 により、光ファイバアセンブリ 1 3 を構成する。

【 0 0 6 3 】

このように構成される第 2 実施形態にかかる光導波路デバイス 2 0 は、以下のようにして組み立てられる。

まず、第 1 のフェルール 3 と、光ファイバ 2 と、包囲パイプ 1 2 が取り付けられた第 2 のフェルール 6 A と、を固定して、光ファイバアセンブリ 1 3（図 5 参照）を組み立てる。又、前述の第 1 実施形態の場合と同様、パッケージ 4 には、光導波路チップ 1 を搭載し

【 0 0 6 4 】

このとき、第 1 のフェルール 3 は光ファイバ 2 の先端位置に、包囲パイプ 1 2 が取り付けられた第 2 のフェルール 6 A は、第 1 のフェルール 3 よりも内側において、光ファイバ 2 に挿入されている。又、第 2 のフェルール 6 A は、上述の光導波路チップ 1 の搭載位置と、支持用パイプ 5 のパッケージ 4 の外側先端の位置と、の関係に整合するように、光ファイバ 2 の先端位置から間隔が設けられて固定される。更に、第 1 のフェルール 3 および包囲パイプ 1 2 は、パッケージ 4 内部におけるそれぞれの外径稜線の一部が同一の基準面 8 a に接するように構成する。

【 0 0 6 5 】

具体的には、例えば図 5 に示す治具 8 A , 9 を用いることにより、第 1 のフェルール 3 と、包囲パイプ 1 2 が取り付けられた第 2 のフェルール 6 A と、について相対距離を定めるとともに、第 1 のフェルール 3 および包囲パイプ 1 2 の外径稜線の一部をなす基準面 8 b に治具 8 A の把持面が接するように配置位置を定める。そして、定められた配置位置を保った状態で、それぞれの第 1 , 第 2 のフェルール 3 , 6 A に備えられるファイバ挿入穴（第 2 のフェルール 6 A においては図 6 の符号 6 - 1 参照）を通じ、光ファイバ 2 を貫通させる。光ファイバ 2 の先端が第 1 のフェルール 3 の端面に揃う深さまで貫通させたのちに、その状態で第 1 のフェルール 3 と光ファイバ 2 とを接着剤等を用いて固定し、第 2 のフェルール 6 A と光ファイバ 2 をハンダ等により固定する。

【 0 0 6 6 】

そして、上述のごとく組み立てられた光ファイバアセンブリ 1 3 を、光導波路チップ 1 を内蔵しているパッケージ 4 の内部へ、開口部 4 a の周りが気密固定されている支持用パイプ 5 から挿入する。そして、光ファイバ 2 が許容曲げ半径以上となるように、光導波路チップ 1 と光ファイバ 2 を光軸調整する。この光軸調整が行なわれた後に、光導波路チップ 1 と第 1 のフェルール 3 とを接着剤等で固定し、第 2 のフェルール 6 を、光軸調整後の位置を保持した状態で、支持用パイプ 5 の先端でハンダ等により気密固定する。

【 0 0 6 7 】

上述の光導波路チップ 1 と光ファイバ 2 との光軸調整を通じて、上述の光導波路チップ 1 と第 1 のフェルール 3 とが当接させるように固定されるが、この光軸調整作業にあたっては、例えば図 5 に示すような治具 8 A , 9 を用いることにより、第 1 のフェルール 3 と

10

20

30

40

50

パッケージ 4 内に突出する包囲パイプ 1 2 とを同時に把持して可動させる。尚、図 6 は図 5 に示す A A 断面を示す。

【 0 0 6 8 】

具体的には、図 5 , 図 6 に示すように、治具 8 A の、光ファイバアセンブリ 1 3 における第 1 のフェルール 3 と包囲パイプ 1 2 の外形稜線と同一の基準面 8 b を一方の把持面とし、他方の治具 9 で基準面 8 b の反対側から第 1 フェルール 3 および包囲パイプ 1 2 を挟むことにより、第 1 のフェルール 3 および包囲パイプ 1 2 (ならびに第 2 のフェルール 6 A) を同時且つ一体に把持し、光導波路チップ 1 および光ファイバ 2 の光軸調整を行なう。

【 0 0 6 9 】

すなわち、光ファイバアセンブリ 1 3 は、第 1 のフェルール 3 と包囲パイプ 1 2 とを同一の基準面 8 a に接したとき、光ファイバ 2 が曲がりを生じないように組み立てられているので、同じ基準面 8 b を用いた方法で光ファイバアセンブリ 1 3 を把持すれば、光ファイバ 2 に曲がりがない状態を再現することができる。

このように光軸調整がなされた後においては、前述の第 1 実施形態の場合と同様に、光ファイバ 2 と光導波路チップ 1 をなす光導波路は第 1 のフェルール 3 を介して、例えば UV 接着材で固定される。この後、第 1 のフェルール 3 と包囲パイプ 1 2 (および第 2 のフェルール 6 A) を把持したままで、支持用パイプ 5 の先端と第 2 のフェルール 6 A を気密固定する。第 2 のフェルール 6 A を、光軸調整後の位置を保持した状態で固定することにより、光ファイバ 2 に曲がりが生じることなく組み立てを完了することができる。

【 0 0 7 0 】

このように、本発明の第 2 実施形態によれば、第 2 のフェルール 6 A は、支持用パイプ 5 内で固定されるとともに、その一端は実質的に支持用パイプ 5 の先端部分で気密固定に要する長さ分突出するように構成され、包囲パイプ 1 2 はパッケージ 4 の内部に突き出るように構成されているので、この包囲パイプ 1 2 が取り付けられた第 2 のフェルール 6 A とともに第 1 のフェルール 3 が光ファイバ 2 に固定された光ファイバアセンブリ 1 3 を、光導波路チップ 1 に接続して光軸調整を行なう場合において、第 1 のフェルール 3 と包囲パイプ 1 2 をパッケージ 4 内部で直接かつ同時に把持することができるので、光導波路デバイス 2 0 の規模の小型化のために光導波路チップ 1 の第 1 のフェルール 3 との接続面と、パッケージ 4 の開口部 4 a の位置との距離を短くしても、光ファイバ 2 の許容曲げ半径を確実に確保することができるようになり、光導波路デバイス 2 0 としての装置規模の小型化、集積化を図るとともに、光軸調整作業自体を簡単化させることができるので、光導波路デバイス 2 0 としての製造コストの低減にも寄与する。

【 0 0 7 1 】

また、光導波路デバイス 2 0 の規模の小型化のために光導波路チップ 1 の第 1 のフェルール 3 との接続面と、パッケージ 4 の開口部 4 a の位置との距離を第 1 実施形態の場合と同じ程度に短くした場合には、第 1 のフェルール 3 と第 2 のフェルール 6 A との間において露出する光ファイバ 2 の長さを、前述の第 1 実施形態の場合よりも長くすることができるので、第 1 実施形態の場合よりも光ファイバ 2 の曲げ許容度を大きくすることができる。

【 0 0 7 2 】

さらに、熱膨張を整合させる設計上の制約から、第 2 のフェルール 6 A を第 1 実施形態の場合のように長く設定できない場合であっても、包囲パイプ 1 2 を取り付ける構造とすることにより、光ファイバの許容曲げ半径を確保することができる。

〔 B 1 〕 具体的構成態様について

つぎに、第 2 実施形態にかかる光導波路デバイス 2 0 の具体的構成態様について説明する。光導波路デバイス 2 0 においては、熱膨張設計を満足するために、各部の材質と寸法を例えば下記のように選定することができる。

【 0 0 7 3 】

パッケージ 4 の材料は SUS304、支持用パイプ 5 には熱膨張が小さい材料の Invar を用い

10

20

30

40

50

る。また、第2のフェルール6Aの材料にはパッケージ4より熱膨張が大きいアルミを用いる。

そして、各構成部の長さを、パッケージ4の長さを6.5mm、支持用パイプ5 (Invar) の長さを3.3mm、光ファイバ2 (第1のフェルール3に挿入されている箇所を含む) の長さを5mm、第2のフェルール6Aの長さを4.8mmとする。

【0074】

また、各材料の熱膨張係数は以下となる。パッケージ4をなすSUS304の熱膨張係数は $1 = 17.3 \times 10^{-6} (\text{/K})$ 、支持用パイプ5をなすInvarの熱膨張係数は $2 = 1.2 \times 10^{-6} (\text{/K})$ 、光ファイバ2と第1のフェルール3をなすガラスの熱膨張係数は $3 = 0.5 \times 10^{-6} (\text{/K})$ 、第2のフェルール6Aをなすアルミの熱膨張係数は $4 = 23.6 \times 10^{-6} (\text{/K})$ とする。なお、温度範囲を $-40 \sim 85$ とし、デバイス製造時の温度 25 を基準とすると、最大の温度差 T は 65 ($25 - 40$) である。

10

【0075】

これらの条件設定により、パッケージ4側の伸縮量 L_1 を前述の式(1)により計算すると、 $L_1 = (17.3 \times 10^{-6} \times 6.5 + 1.2 \times 10^{-6} \times 3.3) \times 65 = 7.6 \mu\text{m}$ となり、光ファイバ2側の伸縮量 L_2 を前述の式(2)により計算すると、 $L_2 = (0.5 \times 10^{-6} \times 5 + 23.6 \times 10^{-6} \times 4.8) \times 65 = 7.5 \mu\text{m}$ となる。

【0076】

このように、パッケージ4側の熱膨張で生じる第1の伸縮量 L_1 と、光ファイバ2側の熱膨張で生じる第2の伸縮量 L_2 を一致させて熱膨張の整合を図ることにより、光導波路と光ファイバ2の接続固定部に熱伸縮による引っ張りまたは圧縮応力が加わらないようにしている。

20

また、第1実施形態の場合と同様に、第2のフェルール6Aは外径 2.5mmの円筒形とし、一方、支持用パイプ5は内径を 3.3mmとした。第2のフェルール6Aは、光ファイバ2の許容曲げ半径を確保するように、支持用パイプ5の内部で位置決め・固定されている。

【0077】

第2のフェルール6Aの位置決め(光ファイバ2の曲げ半径の調整)・固定の方法は、次の組み立て方法の説明のなかで述べる。

30

まず、光ファイバアセンブリ13の組み立てについて説明する。第1のフェルール3は、第2のフェルール6Aより小さい外径1mmの円筒形を選択した。また、包囲パイプ12は、外径を第2のフェルール6Aと同じ 2.5mmとし、内径を第1のフェルール3の外径よりも大きい1.8mmに設定した。第2のフェルール6Aの先端部には、包囲パイプ12が圧入嵌合できるように、段差加工が施されている。

【0078】

包囲パイプ12が第2のフェルール6Aに予め圧入嵌合された状態で、第1のフェルール3と第2のフェルール6Aおよび包囲パイプ12を、図5、図6の如く、治具8AおよびV溝形状の治具9で押さえる。

40

この状態で、光ファイバ2を第1のフェルール3及び第2のフェルール6Aに挿入する。このとき、第1のフェルール3と第2のフェルール6Aに設けられた光ファイバ挿入穴は、光ファイバ2に位置ずれによる曲げ(たわみ)が生じないように、治具8A、9で支持される第1、第2のフェルール3、6aの相対位置が定められ、且つそれぞれの穴径が設定されている。

【0079】

この状態で、例えば、第1のフェルール3と光ファイバ2はエポキシ接着剤で固定され、光ファイバ2と第2のフェルール6Aとはハンダで気密固定される。このとき、接着・固定工程をやり易くするために、包囲パイプ12を割り形状とすることができるほか、側面の一部に穴が設けてあっても良い。この後、治具8A、9をはずして、光ファイバアセ

50

ンブリ 13 が完成する。

【0080】

次に、光ファイバアセンブリ 13 を、支持用パイプ 5 からパッケージ 4 内部へ挿入する。そして、前記基準面を用いた同じ位置決め手法（図 5，図 6 参照）で第 1 のフェルール 3 と包囲パイプ 12 をパッケージ 4 内部で直接把持する。

ここで、包囲パイプ 12 の長さは、前述した熱膨張整合の設計を考慮して、パッケージ 4 内部で把持できるように設定されている。例えば、パッケージ 4 の長さを 6.5 mm、パッケージ 4 の側壁厚さを 1 mm、光ファイバ 2（第 1 のフェルール 3 含む）の長さを 5 mm としたので、第 2 のフェルール 6 A のパッケージ 4 内に位置する長さはわずか 0.5 mm となり、把持するのに十分な長さではない。このため、第 2 実施形態においては、包
10
囲パイプ 12 を第 2 のフェルール 6 A の先端に取り付けている。包囲パイプ 12 のパッケージ 4 内に位置する長さを 3 mm となるように設定して、包囲パイプ 12 をパッケージ 4 内で把持できるようにした。

【0081】

前述した通り、光ファイバアセンブリ 13 は、第 1 のフェルール 3 と第 2 のフェルール 6 A と包囲パイプ 12 を基準面に接したとき、光ファイバ 2 に曲がりが生じないように組み立てられているので、この光ファイバアセンブリ 13 を構成する際に用いたものと同じ基準面を用いた方法で光ファイバアセンブリ 13 を把持して光導波路チップ 1 に接続させ光軸調整することとすれば、光ファイバ 2 に曲がりがない状態を再現することができる。
すなわち、パッケージ 4 内で、第 1 のフェルール 3 と第 2 のフェルール 6 A の相対位置を
20
調整することなく、第 1 のフェルール 3 と包囲パイプ 12（間接的に第 2 のフェルール 6 A）を直接把持するだけで、光ファイバ 2 を無条件に許容曲げ半径が確保された状態にすることができる。

【0082】

このように第 1 のフェルール 3 と包囲パイプ 12（間接的に第 2 のフェルール 6 A）をパッケージ 4 内で直接把持した状態で、光ファイバ 2 を光導波路に対して光軸調整する。この際、第 2 のフェルール 6 A は支持用パイプ 5 内に配置しているが、支持用パイプ 5 の内径を第 2 のフェルール 6 A の外径より僅かに大きく設定しているため、第 2 のフェルール 6 A が支持用パイプ 5 に衝突することなく光ファイバ 2 の光軸調整を行なうことができる。光軸調整後、光ファイバ 2 と光導波路は第 1 のフェルール 3 を介して、例えば UV 接
30
着材で固定される。この後、第 1 のフェルール 3 と第 2 のフェルール 6 A を把持したままで、支持用パイプ 5 の先端と第 2 のフェルール 6 A を気密固定する。第 2 のフェルール 6 A を、光軸調整後の位置を保持した状態で固定することにより、光ファイバ 2 に曲がりが生じることなく組み立てを完了することができる。

【0083】

〔C〕第 3 実施形態の説明

図 7 は本発明の第 3 実施形態にかかる光導波路デバイス 30 を示す模式的上視図である。図 7 に示す光導波路デバイス 30 は、前述の第 1 実施形態における光導波路デバイス 10 に比して、導通させる光ファイバを 2 芯の光ファイバ 2-1，2-2 としている点が異なっている。これに伴い、第 1，第 2 のフェルール 3 B，6 B としても、2 つのファイバ
40
挿入穴が設けられている（第 2 のフェルール 6 B においては図 9 に示す符号 6-1，6-2 参照）。尚、図 7 中、図 1 と同一の符号はほぼ同様の部分を示している。

【0084】

また、第 3 実施形態における光導波路デバイス 30 を組み立てる際においても、第 1 実施形態におけるもの（符号 11 参照）と同様、第 1，第 2 のフェルール 3 B，6 B および光ファイバ 2-1，2-2 により、図 8 に示すような光ファイバアセンブリ 31 を構成している。尚、図 9 は図 8 における AA 断面図である。この光ファイバアセンブリ 11 を構成する際の基準面 8 a については、図 8，図 9 に示すように、光ファイバ 2-1，2-2 の整列面に対して略垂直な面とする。即ち、治具 8，9 により第 1，第 2 のフェルール 3 B，6 B を把持する面としては、光ファイバ整列面に垂直となるようにしている。
50

【 0 0 8 5 】

第3実施形態のように複数の光ファイバをそなえた光ファイバアレイを適用する場合、光ファイバ整列面内における第1のフェルール3Bと第2のフェルール6Bの相対ずれに対して、最も厳しい精度が要求される。このように、この相対ずれを有効に抑えることができるので、多芯構造においても光ファイバの許容曲げ半径を確実に確保することができる。

【 0 0 8 6 】

このように、第3実施形態にかかる光導波路デバイス30においても、前述の第1実施形態の場合と同様の利点が得られるほか、多芯構造においても光ファイバの許容曲げ半径を確実に確保することができる利点がある。

〔 C 1 〕 具体的構成態様について

つぎに、第3実施形態にかかる光導波路デバイス30の具体的構成態様について説明する。熱膨張設計による各部の材質と寸法について前述の第1実施形態の場合と同様に選定した。パッケージ側の熱膨張で生じる第1の伸縮量 L_1 と、光ファイバ側の熱膨張で生じる第2の伸縮量 L_2 を一致させて熱膨張の整合を図ることにより、光導波路と光ファイバ2の接続固定部に熱伸縮による引っ張りまたは圧縮応力が加わらないようにしている。

【 0 0 8 7 】

また、第2のフェルール6Bは外径 3.5mmの円筒形とし、一方、支持用パイプ5は内径を 4.3mmとした。第2のフェルール6Bは、光ファイバ2-1, 2-2の許容曲げ半径を確保するように、支持用パイプ5の内部で位置決め・固定されている。第2のフェルール6Bの位置決め(光ファイバ2-1, 2-2の曲げ半径の調整)・固定の方法は、次の組み立て方法の説明のなかで詳述する。

【 0 0 8 8 】

まず、光ファイバアセンブリ31の組み立てについて説明する。第1のフェルール3Bは、500 μ mピッチのV溝基板で構成され、その幅は第2のフェルール6Bの外径と同じ3.5mmを選択した。第1のフェルール3Bと第2のフェルール6Bを、図8の如く、それぞれの外径稜線の一部が同一の基準面(平面)に接するように配置し、反対の側面を例えばV溝形状の治具で押さえる。この状態で、光ファイバ2-1, 2-2(2芯)を第1のフェルール3B及び第2のフェルール6Bに挿入する。このとき、第1のフェルール3Bと第2のフェルール6Bに設けられた光ファイバ2-1, 2-2挿入穴は、光ファイバ2-1, 2-2に「位置ずれによる曲げ(たわみ)」や「座屈による曲げ(たわみ)」が生じないように、相対位置と穴径が設定されている。例えば、第1のフェルール3BのV溝は基準面(側面)からの位置精度が ± 0.1 mm, 第2のフェルール6Bの挿入穴は外径に対する中心位置精度が ± 0.05 mm、穴径が 0.5mmとする。このとき、第1のフェルール3Bと第2のフェルール6Bを同一の基準面に接したとき、光ファイバ2-1, 2-2挿入穴の相対位置ずれは最大0.15mm生じる可能性があるが、第2のフェルール6Bの挿入穴径は光ファイバ2-1, 2-2の外径(125 μ m)に対して十分大きく設定されている(0.375mmのスキ間がある)ため、挿入穴の相対位置ずれによって光ファイバ2-1, 2-2に曲げ(たわみ)が生じることはない。つまり、光ファイバ2-1, 2-2は曲がりの無い状態で、第1のフェルール3Bと第2のフェルール6Bに挿入される。この状態で、例えば、第1のフェルール3Bと光ファイバ2-1, 2-2はエポキシ接着剤で固定され、光ファイバ2-1, 2-2と第2のフェルール6Bはハンダで気密固定される。この後、治具をはずして、光ファイバアセンブリ31が完成する。

【 0 0 8 9 】

次に、前記光ファイバアセンブリ31を、支持用パイプ5からパッケージ4内部へ挿入する。そして、前記基準面を用いた同じ位置決め方法(図8参照)で第1のフェルール3Bと第2のフェルール6Bとをパッケージ4内部で直接把持する。

ここで、第2のフェルール6Bのパッケージ4内に位置する長さは、第1実施形態と同じ3.5mmであるので、把持するには十分な長さが確保されている。

10

20

30

40

50

【0090】

前述した通り、光ファイバアセンブリ31は、第1のフェルール3Bと第2のフェルール6Bを同一の基準面に接したとき、光ファイバ2-1, 2-2に曲がりが生じないように組み立てられているので、同じ基準面を用いた方法で光ファイバアセンブリを把持すれば、光ファイバ2-1, 2-2に曲がりがない状態を再現することができる。すなわち、パッケージ4内で、第1のフェルール3Bと第2のフェルール6Bの相対位置を調整することなく、第1のフェルール3Bと第2のフェルール6Bを直接把持するだけで、光ファイバ2-1, 2-2を無条件に許容曲げ半径が確保された状態にすることができる。

【0091】

このように第1のフェルール3Bと第2のフェルール6Bをパッケージ4内で直接把持した状態で、光ファイバ2-1, 2-2を光導波路に対して光軸調整する。この際、第2のフェルール6Bは支持用パイプ5内に配置しているが、支持用パイプ5の内径を第2のフェルール6Bの外径より僅かに大きく設定しているため、第2のフェルール6Bが支持用パイプ5に衝突することなく光ファイバ2-1, 2-2の光軸調整を行なうことができる。光軸調整後、光ファイバ2-1, 2-2と光導波路は第1のフェルール3Bを介して、例えばUV接着材で固定される。その後、第1のフェルール3Bと第2のフェルール6Bを把持したままで、支持用パイプ5の先端と第2のフェルール6Bを気密固定する。第2のフェルール6Bを、光軸調整後の位置を保持した状態で固定することにより、光ファイバ2-1, 2-2に曲がりが生じることなく組み立てを完了することができる。

【0092】

〔D〕第4実施形態の説明

図10は本発明の第4実施形態にかかる光導波路デバイス40を示す模式的上視図である。図10に示す光導波路デバイス40は、前述の第2実施形態における光導波路デバイス20に比して、導通させる光ファイバを2芯の光ファイバ2-1, 2-2としている点が異なっている。これに伴い、第1, 第2のフェルール3C, 6Cとしても、2つのファイバ挿入穴が設けられている(第2のフェルール6Cにおいては図12に示す符号6-1, 6-2参照)。尚、図10中、図4と同一の符号はほぼ同様の部分を示している。

【0093】

また、第4実施形態における光導波路デバイス40を組み立てる際においても、第2実施形態におけるもの(符号21参照)と同様、第1, 第2のフェルール3C, 6C, 包囲パイプ12及び光ファイバ2-1, 2-2により、図11に示すような光ファイバアセンブリ41を構成している。尚、図12は図11におけるAA断面図である。この光ファイバアセンブリ41を構成する際の基準面8bについては、図11, 図12に示すように、光ファイバ2-1, 2-2の整列面に対して略垂直な面とする。即ち、治具8A, 9により第1, 第2のフェルール3C, 6Cを把持する面としては、光ファイバ整列面に垂直となるようにしている。

【0094】

第4実施形態のように複数の光ファイバをそなえた光ファイバアレイを適用する場合、光ファイバ整列面内における第1のフェルール3Bと第2のフェルール6Bの相対ずれに対して、最も厳しい精度が要求される。このように、この相対ずれを有効に抑えることができるので、多芯構造においても光ファイバの許容曲げ半径を確実に確保することができる。

【0095】

このように、第4実施形態にかかる光導波路デバイス40においても、前述の第2実施形態の場合と同様の利点が得られるほか、多芯構造においても光ファイバの許容曲げ半径を確実に確保することができる利点がある。

〔D1〕具体的構成態様について

つぎに、第4実施形態にかかる光導波路デバイス40の具体的構成態様について説明する。熱膨張設計を満足するために、各部の材質と寸法を例えば下記のように選定することができる。

【 0 0 9 6 】

パッケージ 4 の材料は SUS304、支持用パイプ 5 には熱膨張が小さい材料の Invar を用いる。また、第 2 のフェルール 6 C の材料にはパッケージ 4 より熱膨張が大きいアルミを用いる。

そして、各構成部の長さを次のように設定する。すなわち、パッケージ 4 の長さを 10 mm、支持用パイプ 5 (Invar) の長さを 7.5 mm、光ファイバ 2 - 1, 2 - 2 (第 1 のフェルール 3 C に挿入される箇所を含む) の長さを 10 mm、第 2 のフェルール 6 C の長さを 7.5 mm とする。

【 0 0 9 7 】

また、各材料の熱膨張係数は以下となる。パッケージ 4 をなす SUS304 の熱膨張係数 1 は 17.3×10^{-6} (/ K)、支持用パイプ 5 をなす Invar の熱膨張係数 2 は 1.2×10^{-6} (/ K)、光ファイバ 2 - 1, 2 - 2 と第 1 のフェルール 3 C をなすガラスの熱膨張係数 3 は 0.5×10^{-6} (/ K)、第 2 のフェルール 6 C をなすアルミの熱膨張係数 4 は 23.6×10^{-6} (/ K) である。なお、温度範囲を $-40 \sim 85$ とし、デバイス製造時の温度 25 を基準とすると、最大の温度差 T は 65 ($25 - 40$) である。

【 0 0 9 8 】

これらの条件設定により、パッケージ 4 側の伸縮量 L_1 を式 (1) により計算すると、
 $L_1 = (17.3 \times 10^{-6} \times 10 + 1.2 \times 10^{-6} \times 7.5) \times 65 = 11.8 \mu\text{m}$ となり、光ファイバ 2 - 1, 2 - 2 側の伸縮量 L_2 を式 (2) により計算すると、
 $L_2 = (0.5 \times 10^{-6} \times 10 + 23.6 \times 10^{-6} \times 7.5) \times 65 = 11.8 \mu\text{m}$ となる。

【 0 0 9 9 】

このように、パッケージ 4 側の熱膨張で生じる第 1 の伸縮量 L_1 と、光ファイバ 2 - 1, 2 - 2 側の熱膨張で生じる第 2 の伸縮量 L_2 を一致させて熱膨張の整合を図ることにより、光導波路と光ファイバ 2 - 1, 2 - 2 の接続固定部に熱伸縮による引っ張りまたは圧縮応力が加わらないようにしている。

また、第 3 実施形態の場合と同様に、第 2 のフェルール 6 C は外径 3.5 mm の円筒形とし、一方、支持用パイプ 5 は内径を 4.3 mm とした。第 2 のフェルール 6 C は、光ファイバ 2 - 1, 2 - 2 の許容曲げ半径を確保するように、支持用パイプ 5 の内部で位置決め・固定されている。第 2 のフェルール 6 C の位置決め (光ファイバ 2 - 1, 2 - 2 の曲げ半径の調整) ・固定の方法は、次の組み立て方法の説明のなかで詳述する。

【 0 1 0 0 】

まず、光ファイバアセンブリ 4 1 の組み立てについて説明する。第 1 のフェルール 3 C は、500 μm ピッチの V 溝基板で構成され、その幅は第 2 のフェルール 6 C の外径よりも小さい 2 mm を選択した。また、包囲パイプ 1 2 は、外径を第 2 のフェルール 6 C と同じ 3.5 mm とし、内径を第 1 のフェルール 3 C の外径よりも大きい 3 mm に設定した。第 2 のフェルール 6 C の先端部には、包囲パイプ 1 2 が圧入嵌合できるように、段差加工が施されている。

【 0 1 0 1 】

包囲パイプ 1 2 が第 2 のフェルール 6 C に予め圧入嵌合された状態で、第 1 のフェルール 3 C と第 2 のフェルール 6 C および包囲パイプ 1 2 を、図 1 1 の如く、それぞれの外径稜線の一部が基準面 8 b に接する治具 8 A に当接させるとともに、反対の側面を例えば V 溝形状の治具 9 で押さえる。この状態で、光ファイバ 2 - 1, 2 - 2 を第 1 のフェルール 3 C 及び第 2 のフェルール 6 C に挿入する。このとき、第 1 のフェルール 3 C と第 2 のフェルール 6 C に設けられた光ファイバ 2 - 1, 2 - 2 挿入穴は、光ファイバ 2 - 1, 2 - 2 に「位置ずれによる曲げ (たわみ) 」や「座屈による曲げ (たわみ) 」が生じないように、相対位置と穴径が設定されている (実施例 3 と同様) 。つまり、曲がりの無い状態で、第 1 のフェルール 3 C と第 2 のフェルール 6 C に挿入される。この状態で、例えば、第 1 のフェルール 3 C と光ファイバ 2 - 1, 2 - 2 はエポキシ接着剤で固定され、光ファイ

10

20

30

40

50

バ2 - 1, 2 - 2と第2のフェルール6 Cはハンダで気密固定される。このとき、接着・固定工程をやり易くするために、包囲パイプ1 2を割り形状とすることができるほか、側面の一部に穴が設けてあっても良い。この後、治具をはずして、光ファイバアセンブリ4 1が完成する。

【0102】

次に、前記光ファイバアセンブリ4 1を、支持用パイプ5からパッケージ4内部へ挿入する。そして、前記基準面を用いた同じ位置決め方法(図1 1参照)で第1のフェルール3 Cと包囲パイプ1 2(間接的に第2のフェルール6 C)をパッケージ4内部で直接把持する。

ここで、包囲パイプ1 2の長さは、前述した熱膨張整合の設計を考慮して、パッケージ4内部で把持できるように設定されている。第4実施形態では、パッケージ4の長さを10 mm、パッケージ4の側壁厚さを1.5 mm、光ファイバ2 - 1, 2 - 2(第1のフェルール3 C含む)の長さを10 mmとしたので、第2のフェルール6 Cのパッケージ4内に位置する長さは0 mmとなり、第2のフェルール6 Cを把持することができない。このため、包囲パイプ1 2を第2のフェルール6 Cの先端に取り付けている。包囲パイプ1 2のパッケージ4内に位置する長さを5 mmとなるように設定して、包囲パイプ1 2をパッケージ4内で把持できるようにした。

【0103】

前述した通り、光ファイバアセンブリ4 1は、第1のフェルール3 Cと第2のフェルール6 Cと包囲パイプ1 2を基準面8 bに接したとき、光ファイバ2 - 1, 2 - 2に曲がりが生じないように組み立てられているので、同じ基準面を用いた方法で光ファイバアセンブリ4 1を把持すれば、光ファイバ2 - 1, 2 - 2に曲がりがない状態を再現することができる。すなわち、パッケージ4内で、第1のフェルール3 Cと第2のフェルール6 Cの相対位置を調整することなく、第1のフェルール3 Cと包囲パイプ1 2(間接的に第2のフェルール6 C)を直接把持するだけで、光ファイバ2 - 1, 2 - 2を無条件に許容曲げ半径が確保された状態にすることができる。

【0104】

このように第1のフェルール3 Cと包囲パイプ1 2(間接的に第2のフェルール6 C)をパッケージ4内で直接把持した状態で、光ファイバ2 - 1, 2 - 2を光導波路に対して光軸調整する。この際、第2のフェルール6 Cは支持用パイプ5内に配置しているが、支持用パイプ5の内径を第2のフェルール6 Cの外径より僅かに大きく設定しているため、第2のフェルール6 Cが支持用パイプ5に衝突することなく光ファイバ2 - 1, 2 - 2の光軸調整を行なうことができる。光軸調整後、光ファイバ2 - 1, 2 - 2と光導波路は第1のフェルール3 Cを介して、例えばUV接着材で固定される。この後、第1のフェルール3 Cと第2のフェルール6 Cを把持したままで、支持用パイプ5の先端と第2のフェルール6 Cを気密固定する。第2のフェルール6 Cを、光軸調整後の位置を保持した状態で固定することにより、光ファイバ2 - 1, 2 - 2に曲がりが生じることなく組み立てを完了することができる。

【0105】

〔E〕その他

上述の実施形態にかかわらず、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々変形して実施することができる。

例えば、上述の第2実施形態においては、2芯の光ファイバ2 - 1, 2 - 2をパッケージ4内の光導波路チップ1に接続した場合について詳述したが、本発明によれば、2芯よりも多い多芯アレイの光ファイバを同様に適用することができる。この場合においても、特に、第1, 第2のフェルールを把持する基準面を、多芯アレイをなす複数のコアの整列方向に対して、実質的に垂直な面とすることで、ファイバ曲りを抑制しながら容易且つ高精度に接続作業時の位置決めおよび光軸調整を行なうことができる。

【0106】

また、上述の実施形態の開示により、当業者であれば本発明の装置を製造することは可

10

20

30

40

50

能である。

〔 F 〕付記

(付記 1)

光素子が形成された光素子チップと、

前記光素子と光学的に接続するための光ファイバ、該光ファイバの先端に取り付けられ前記光素子と光ファイバとを接続固定するための第 1 のフェルール、および該光ファイバ上で該第 1 のフェルールよりも内側に取り付けられる第 2 のフェルールからなる光ファイバアセンブリと、

該光素子チップが搭載されて該光素子チップの周囲を包囲するとともに、該光ファイバアセンブリを導入する開口部を有するパッケージと、

該開口部の外延に取り付けられ当該パッケージに導入される光ファイバアセンブリをなす第 2 のフェルールと、該光ファイバの該パッケージへの導入部を支持し且つ該パッケージ内を気密封止する支持用パイプと、をそなえ、

該第 2 のフェルールは、前記支持用パイプ内で固定され、その一端は前記パッケージの内部に突き出ており、他端は実質的に前記支持用パイプの先端部分で前記気密固定に要する長さ分突出していることを特徴とする光デバイス。

【 0 1 0 7 】

(付記 2)

前記第 1 のフェルールおよび前記第 2 のフェルールが、前記第 1 のフェルールおよび前記第 2 のフェルールの前記パッケージ内部の外径稜線の一部が同一の基準面に接するように構成されたことを特徴とする、付記 1 記載の光デバイス。

(付記 3)

光素子が形成された光素子チップと、

前記光素子と光学的に接続するための光ファイバ、該光ファイバの先端に取り付けられ前記光素子と光ファイバとを接続固定するための第 1 のフェルール、該光ファイバ上で該第 1 のフェルールよりも内側に取り付けられる第 2 のフェルール、および該第 2 のフェルールにおける該第 1 のフェルール側に取り付けられ該光ファイバの周囲を包囲する包囲パイプからなる光ファイバアセンブリと、

該光素子チップが搭載されて該光素子チップの周囲を包囲するとともに、該光ファイバアセンブリを導入する開口部を有するパッケージと、

該開口部の外延に取り付けられ当該パッケージに導入される光ファイバアセンブリをなす第 2 のフェルールと、該光ファイバの該パッケージへの導入部を支持し且つ該パッケージ内を気密封止する支持用パイプと、をそなえ、

該第 2 のフェルールは、前記支持用パイプ内で固定され、その一端は実質的に前記支持用パイプの先端部分で前記気密固定に要する長さ分突出し、該包囲パイプは前記パッケージの内部に突き出ていることを特徴とする光デバイス。

【 0 1 0 8 】

(付記 4)

前記第 1 のフェルールおよび前記包囲パイプが、前記第 1 のフェルールおよび前記包囲パイプの前記パッケージ内部の外径稜線の一部が同一の基準平面に接するように構成されたことを特徴とする、付記 3 記載の光デバイス。

(付記 5)

光導波路が形成された光導波路チップと、前記光導波路に光学的に接続される光ファイバと、前記光導波路チップと光ファイバとを接続固定する第 1 のフェルールと、前記光導波路チップ及び前記第 1 のフェルールを内蔵し前記光ファイバを外部に通すための開口部が側壁に設けられたパッケージと、前記開口部の周りに気密固定した第 1 のパイプと、前記第 1 のパイプに挿入して前記第 1 のパイプの先端と気密固定するとともに前記開口部を通過して前記パッケージの外部へ出る前記光ファイバを挿入して気密固定する第 2 のフェルールと、をそなえ、

前記第 2 のフェルールは、前記第 1 のパイプの内径よりも小さい外径を有するとともに

10

20

30

40

50

、前記第2のフェルールの長さは、その一部が前記パッケージの内部に突き出て、かつ、実質的に前記第1のパイプから前記気密固定に要する長さ分突出する長さであることを特徴とする光導波路デバイス。

【0109】

(付記6)

光導波路が形成された光導波路チップと、前記光導波路に光学的に接続される光ファイバと、前記光導波路チップと光ファイバとを接続固定する第1のフェルールと、前記光導波路チップ及び前記第1のフェルールを内蔵し前記光ファイバを外部に通すための開口部が側壁に設けられたパッケージと、前記開口部の周りに気密固定した第1のパイプと、前記第1のパイプの内径よりも小さい外径を有し前記第1のパイプに挿入して前記第1のパイプの先端と気密固定するとともに前記開口部を通して前記パッケージの外部へ出る前記光ファイバを挿入して気密固定する第2のフェルールと、前記第2のフェルールの前記パッケージの内部に向かう先端部に取り付けられた第2のパイプと、をそなえ、

前記第2のフェルールは、前記第1のパイプの内径よりも小さい外径を有するとともに、

前記第2のパイプの長さは、少なくともその一部が前記パッケージの内壁から突き出る長さであり、前記第2のフェルールの長さは、実質的に前記第1のパイプから前記気密固定に要する長さ分突出する長さであることを特徴とする光導波路デバイス。

【0110】

(付記7)

光素子が形成された光素子チップと、前記光素子と光学的に接続するための光ファイバ、該光ファイバの先端に取り付けられ前記光素子と光ファイバとを接続固定するための第1のフェルール、および該光ファイバ上で該第1のフェルールよりも内側に取り付けられる第2のフェルールからなる光ファイバアセンブリと、該光素子チップが搭載されて該光素子チップの周囲を包囲するとともに該光ファイバアセンブリを導入する開口部を有するパッケージと、該開口部の外延に取り付けられ当該パッケージに導入される光ファイバアセンブリをなす第2のフェルールとともに該光ファイバの該パッケージへの導入部を支持し且つ該パッケージ内を気密封止する支持用パイプと、をそなえ、該第2のフェルールは、前記支持用パイプ内で固定され、その一端は前記パッケージの内部に突き出ており、他端は実質的に前記支持用パイプの先端部分で前記気密固定に要する長さ分突出している光デバイスを製造する方法であって、

前記第1のフェルールと、前記光ファイバと、前記第2のフェルールと、を固定して、前記光ファイバアセンブリを組み立てて、

前記光ファイバアセンブリを、前記光素子チップを内蔵している前記パッケージの内部へ、前記支持用パイプから挿入するとともに、前記光ファイバが許容曲げ半径以上となるように、前記第1のフェルールと前記第2のフェルールを同時に把持し、前記光素子チップと前記光ファイバを光軸調整し、

前記光軸調整が行なわれた後に、前記光素子チップと前記第1のフェルールを固定し、

前記第2のフェルールを、前記光軸調整後の位置を保持した状態で、前記支持用パイプの先端で気密固定することを特徴とする光デバイスの製造方法。

【0111】

(付記8)

前記光ファイバアセンブリを組み立てる際に、第1のフェルールと前記第2のフェルールとを、外形稜線の一部が同一の基準面に接した状態で該光ファイバに固定するとともに、

前記パッケージの内部に挿入した前記光ファイバアセンブリを、前記第1のフェルールと前記第2のフェルールを前記パッケージの内部で前記外形稜線の一部が前記同一の基準面に接した状態で把持しながら、前記光素子チップおよび前記光ファイバの光軸調整を行なうことを特徴とする、付記7記載の光デバイスの製造方法。

【0112】

10

20

30

40

50

(付記 9)

前記光ファイバアセンブリを組み立てる際に、第 1 のフェルールと前記第 2 のフェルールとを、予め設定された基準面を有する治具を用いて同時に把持した状態で該光ファイバに固定するとともに、

前記光ファイバアセンブリをなす前記光ファイバを前記光素子に接続する際に、前記パッケージ内部において前記第 1 のフェルールおよび前記第 2 のフェルールを前記治具を用いて同時に把持しながら前記光軸調整を行なうことを特徴とする、付記 7 記載の光デバイスの製造方法。

【 0 1 1 3 】

(付記 1 0)

前記光ファイバは多芯アレイ構造であって、前記基準面が、前記多芯アレイをなす複数のコアの整列方向に対して、実質的に垂直な面であることを特徴とする、付記 8 又は 9 記載の光デバイスの製造方法。

(付記 1 1)

光素子が形成された光素子チップと、前記光素子と光学的に接続するための光ファイバ、該光ファイバの先端に取り付けられ前記光素子と光ファイバとを接続固定するための第 1 のフェルール、該光ファイバ上で該第 1 のフェルールよりも内側に取り付けられる第 2 のフェルール、および該第 2 のフェルールにおける該第 1 のフェルール側に取り付けられ該光ファイバの周囲を包囲する包囲パイプからなる光ファイバアセンブリと、該光素子チップが搭載されて該光素子チップの周囲を包囲するとともに該光ファイバアセンブリを導入する開口部を有するパッケージと、該開口部の外延に取り付けられ当該パッケージに導入される光ファイバアセンブリをなす第 2 のフェルールとともに該光ファイバの該パッケージへの導入部を支持し且つ該パッケージ内を気密封止する支持用パイプと、をそなえ、該第 2 のフェルールは、前記支持用パイプ内で固定され、その一端は実質的に前記支持用パイプの先端部分で前記気密固定に要する長さ分突出しており、該包囲パイプは前記パッケージの内部に突き出ている光デバイスを製造する方法であって、

前記第 1 のフェルールと、前記光ファイバと、前記包囲パイプが取り付けられた第 2 のフェルールと、を固定して、前記光ファイバアセンブリを組み立て、

前記光ファイバアセンブリを、前記光素子チップを内蔵している前記パッケージの内部へ、前記開口部の周りに気密固定している支持用パイプから挿入するとともに、前記光ファイバが許容曲げ半径以上となるように、前記第 1 のフェルールと前記包囲パイプを同時に把持し、前記光素子チップおよび前記光ファイバを光軸調整し、

前記光軸調整が行なわれた後に、前記光素子チップと前記第 1 のフェルールを固定し、前記第 2 のフェルールを、前記光軸調整後の位置を保持した状態で、前記支持用パイプの先端で気密固定することを特徴とする光デバイスの製造方法。

【 0 1 1 4 】

(付記 1 2)

前記光ファイバアセンブリを組み立てる際に、第 1 のフェルールと前記包囲パイプとを、外形稜線の一部が同一の基準面に接した状態で固定するとともに、

前記パッケージの内部に挿入した前記光ファイバアセンブリを、前記第 1 のフェルールと前記包囲パイプを前記パッケージの内部で前記外形稜線の一部が前記同一の基準面に接した状態で把持しながら、前記光素子チップおよび前記光ファイバの光軸調整を行なうことを特徴とする、付記 1 1 記載の光デバイスの製造方法。

【 0 1 1 5 】

(付記 1 3)

前記光ファイバアセンブリを組み立てる際に、第 1 のフェルールと前記包囲パイプとを、予め設定された基準面を有する治具を用いて同時に把持した状態で該光ファイバに固定するとともに、

前記光ファイバアセンブリをなす前記光ファイバを前記光素子に接続する際に、前記パッケージ内部において前記第 1 のフェルールおよび前記包囲パイプを前記治具を用いて同

10

20

30

40

50

時に把持しながら前記光軸調整を行なうことを特徴とする、付記 1 2 記載の光デバイスの製造方法。

【 0 1 1 6 】

(付記 1 4)

前記光ファイバは多芯アレイ構造であって、前記基準面が、前記多芯アレイをなす複数のコアの整列方向に対して、実質的に垂直な面であることを特徴とする、付記 1 2 又は 1 3 記載の光デバイスの製造方法。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 1 7 】

【 図 1 】 本発明の第 1 実施形態にかかる光導波路デバイスを示す模式的上視図である。 10

【 図 2 】 本発明の第 1 実施形態にかかる光導波路デバイスの製造工程について説明するための図である。

【 図 3 】 本発明の第 1 実施形態にかかる光導波路デバイスの製造工程について説明するための図である。

【 図 4 】 本発明の第 2 実施形態にかかる光導波路デバイスを示す模式的上視図である。

【 図 5 】 本発明の第 2 実施形態にかかる光導波路デバイスの製造工程について説明するための図である。

【 図 6 】 本発明の第 2 実施形態にかかる光導波路デバイスの製造工程について説明するための図である。

【 図 7 】 本発明の第 3 実施形態にかかる光導波路デバイスを示す模式的上視図である。 20

【 図 8 】 本発明の第 3 実施形態にかかる光導波路デバイスの製造工程について説明するための図である。

【 図 9 】 本発明の第 3 実施形態にかかる光導波路デバイスの製造工程について説明するための図である。

【 図 1 0 】 本発明の第 4 実施形態にかかる光導波路デバイスを示す模式的上視図である。

【 図 1 1 】 本発明の第 4 実施形態にかかる光導波路デバイスの製造工程について説明するための図である。

【 図 1 2 】 本発明の第 4 実施形態にかかる光導波路デバイスの製造工程について説明するための図である。

【 図 1 3 】 従来技術を示す図である。 30

【 図 1 4 】 従来技術を示す図である。

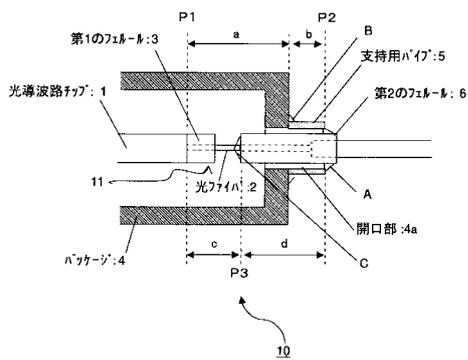
【 符号の説明 】

【 0 1 1 8 】

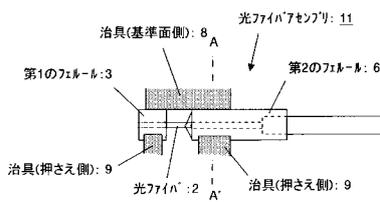
- 1 光導波路チップ
- 2, 2 - 1, 2 - 2 光ファイバ
- 3, 3 B, 3 C 第 1 のフェルルール
- 4 パッケージ
- 5 第 1 のパイプ
- 6, 6 A ~ 6 C 第 2 のフェルルール
- 6 - 1, 6 - 2 ファイバ挿入穴 40
- 8, 8 A, 9 治具
- 8 a, 8 b 基準面
- 1 0, 2 0, 3 0 光導波路デバイス
- 1 1, 1 3, 3 1, 4 1 光ファイバアセンブリ
- 1 2 第 2 のパイプ
- 1 0 1 光ファイバ
- 1 0 2 光変調器
- 1 0 3 光源部
- 1 0 3 a 半導体レーザ
- 1 0 3 b 温度制御素子 50

- 1 0 4 駆動部
- 1 0 4 a L D 駆動回路
- 1 0 4 b L D 温度制御回路
- 1 0 5 光変調器駆動回路
- 1 1 0 光導波路デバイス
- 1 1 1 光導波路チップ
- 1 1 2 パッケージ
- 1 1 3 光ファイバ
- 1 1 4 開口部
- 1 1 5 パイプ
- 1 1 6 第1のフェルール
- 1 1 7 第2のフェルール

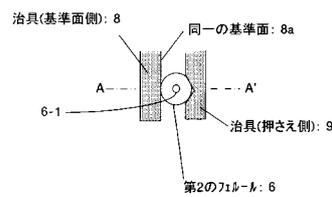
【図1】



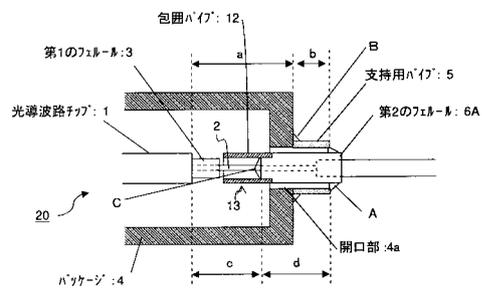
【図2】



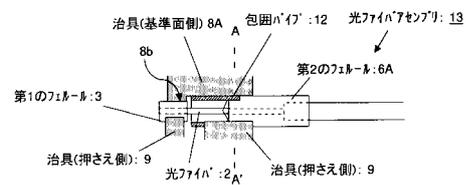
【図3】



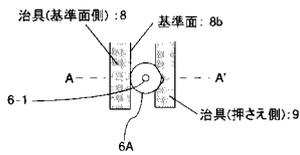
【図4】



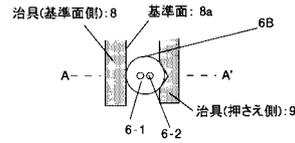
【図5】



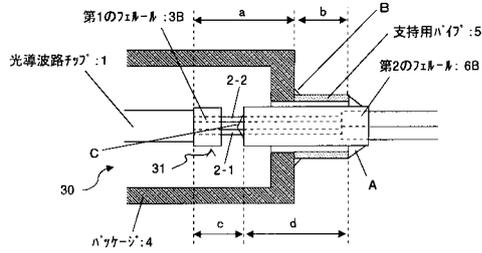
【図6】



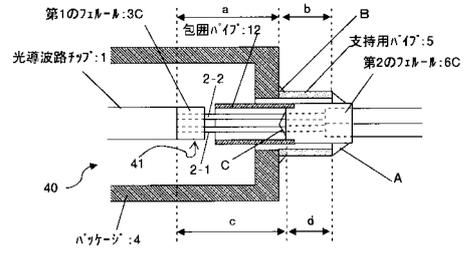
【図9】



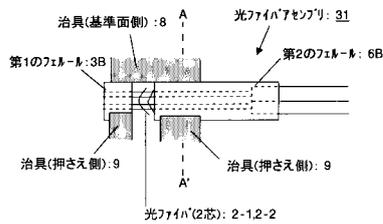
【図7】



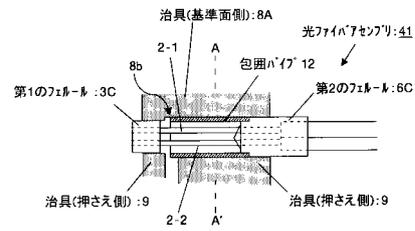
【図10】



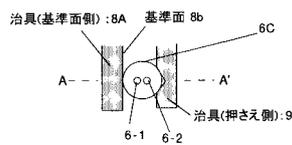
【図8】



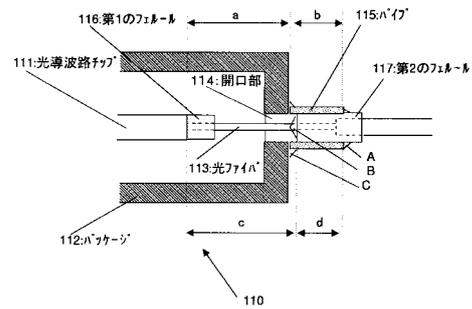
【図11】



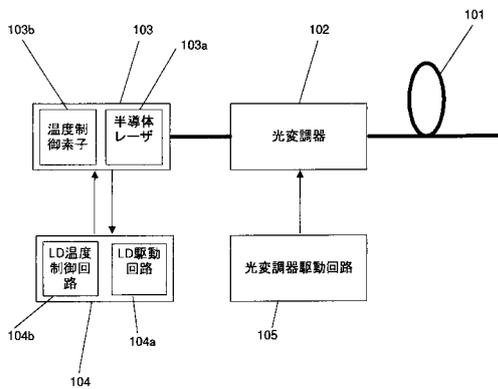
【図12】



【図14】



【図13】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平07 - 198997 (JP, A)
特開2001 - 215372 (JP, A)
特開2006 - 119373 (JP, A)
特開2001 - 100066 (JP, A)
特開平03 - 259105 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 6/00 - 6/54