

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4067521号
(P4067521)

(45) 発行日 平成20年3月26日 (2008. 3. 26)

(24) 登録日 平成20年1月18日 (2008. 1. 18)

(51) Int. Cl.	F 1
G O 2 B 6/30 (2006. 01)	G O 2 B 6/30
H O 1 S 5/022 (2006. 01)	H O 1 S 5/022

請求項の数 10 (全 51 頁)

(21) 出願番号	特願2004-307177 (P2004-307177)	(73) 特許権者	000005223
(22) 出願日	平成16年10月21日 (2004. 10. 21)		富士通株式会社
(65) 公開番号	特開2006-119373 (P2006-119373A)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(43) 公開日	平成18年5月11日 (2006. 5. 11)	(74) 代理人	100092152
審査請求日	平成18年1月26日 (2006. 1. 26)		弁理士 服部 毅巖
		(72) 発明者	池田 誠一
			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
		(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	近藤 幸浩
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光集積デバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光学部品が同一パッケージに内蔵された光集積デバイスにおいて、

光信号の変調を行う光導波路チップと、光ファイバと、前記光導波路チップと固定して、前記光ファイバを挿入して固定する第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へ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パイプと、前記パイプに挿入して前記パイプの先端と気密固定し、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固定する第2のフェルールと、から構成され、

前記パッケージの熱膨張と前記パイプの熱膨張とにより生じる第1の伸縮量と、前記光ファイバの熱膨張と前記第2のフェルールの熱膨張とにより生じる第2の伸縮量とを一致させて、たわみを持たない前記光ファイバを前記パッケージ内に収納したことを特徴とする光集積デバイス。

【請求項 2】

前記光導波路チップと前記光ファイバとの固定点である P 1 点から、前記パッケージの側壁外面までの距離を a、前記側壁外面から、前記第2のフェルールと前記パイプとの固定点である P 2 点までの距離を b、前記パッケージの熱膨張係数を $\alpha 1$ 、前記パイプの熱膨張係数を $\alpha 2$ 、デバイス製造時の温度差を ΔT とした場合に、

$$\Delta L 1 = \alpha 1 \times a \times \Delta T + \alpha 2 \times b \times \Delta T \quad \cdots \cdots (1)$$

で求められる前記第1の伸縮量である $\Delta L 1$ と、

10

20

P 1 点から、前記光ファイバと前記第 2 のフェルルールとの接続点である P 3 点までの距離を c、P 3 点から P 2 点までの距離を d、前記光ファイバの熱膨張係数を α_3 、前記第 2 のフェルルールの熱膨張係数を α_4 、デバイス製造時の温度差を ΔT とした場合に、

$$\Delta L_2 = \alpha_3 \times c \times \Delta T + \alpha_4 \times d \times \Delta T \quad \cdots \cdots (2)$$

で求められる前記第 2 の伸縮量である ΔL_2 と、が略等しいことを特徴とする請求項 1 記載の光集積デバイス。

【請求項 3】

光学部品が同一パッケージに内蔵された光集積デバイスにおいて、

電気信号を光信号に変換する光電変換素子と、前記光電変換素子を温度制御する温度制御素子と、から構成され、前記光電変換素子をサブキャリアを介して前記温度制御素子の上に搭載する光素子ユニットと、

10

前記光電変換素子から出力された光信号の変調を行う光導波路チップと、前記光導波路チップを搭載し、前記光導波路チップの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つ第 1 のホルダと、前記第 1 のホルダのサイドを把持し、かつ前記第 1 のホルダの底面が他部品と接触しないように宙に浮いた状態を保つように、前記光導波路チップ上の光導波路と同一の高さの局所領域で前記第 1 のホルダと固定する第 2 のホルダと、から構成される光導波路ユニットと、

前記第 2 のホルダが内部底面に局所領域で固定し、前記温度制御素子が内部底面に固定し、熱伝導率が大きな材料で構成される底面部と、前記第 2 のホルダの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持ち、開口部が設けられた側壁部と、から構成されるパッケージと、

20

レンズと、光ファイバと、前記レンズを保持する第 3 のホルダと、前記光ファイバを保持し、前記第 3 のホルダに固定する第 4 のホルダと、から構成され、前記レンズが前記第 3 のホルダを介して前記側壁部の外部に固定され、前記開口部を通して前記光導波路チップと光接続する光ファイバユニットと、

を有することを特徴とする光集積デバイス。

【請求項 4】

前記レンズの焦点距離を f_1 とし、前記第 1 のホルダと前記第 2 のホルダの固定点である A 点と、前記レンズと光接続する前記光導波路チップの端面位置である B 点との間の光軸方向距離を Z_1 とし、A 点と、前記第 2 のホルダと前記底面部との固定点である C 点との間の光軸方向距離を Z_2 とし、C 点と、前記レンズが固定される前記側壁部の位置である D 点との間の光軸方向距離を Z_3 とし、D 点と、前記第 3 のホルダによる前記レンズの中心保持部である E 点との間の光軸方向距離を Z_4 とし、E 点と、前記第 3 のホルダと前記第 4 のホルダの固定点である F 点との間の光軸方向距離を Z_5 とし、F 点と、前記第 4 のホルダによる前記光ファイバの先端保持位置である G 点との間の光軸方向距離を Z_6 とし、B 点と E 点との間の光軸方向距離を S_1 、E 点と G 点との間の光軸方向距離を S_2 、前記光導波路チップの熱膨張係数を α_1 、前記第 2 のホルダの熱膨張係数を α_2 、前記底面部の熱膨張係数を α_3 、前記第 3 のホルダの熱膨張係数を α_4 、前記第 4 のホルダの熱膨張係数を α_5 とし、基準温度における S_1 と S_2 をそれぞれ S_{10} と S_{20} 、基準温度からの温度変化を ΔT とし、A 点が C 点を基準として B 点側にあるとき Z_2 を正值とし、A 点が反対側にあるときは Z_2 を負値として扱う場合に、

30

40

【数 1】

$$\frac{1}{S1} + \frac{1}{S2} = \frac{1}{f1} \quad \text{---- (3 a)}$$

$$S1 = S10 + (\alpha 3 \cdot Z3 + \alpha 4 \cdot Z4 - \alpha 1 \cdot Z1 - \alpha 2 \cdot Z2) \cdot \Delta T$$

---- (3 b)

$$S2 = S20 + (\alpha 4 \cdot Z5 + \alpha 5 \cdot Z6) \cdot \Delta T \quad \text{---- (3 c)}$$

10

を満たすことを特徴とする請求項 3 記載の光集積デバイス。

【請求項 5】

前記第 1 のホルダは凹部を有し、前記第 2 のホルダは凸部を有し、前記第 1 のホルダは、光導波路の高さを示す位置に、前記第 2 のホルダと嵌め合う際に突き当たる突起部を有し、前記第 1 のホルダと前記第 2 のホルダは、高さ方向にスライドして嵌め合って、前記突起部の局所領域で固定することを特徴とする請求項 3 記載の光集積デバイス。

【請求項 6】

前記パッケージの内部底面には、前記第 2 のホルダが搭載される部分に前記第 2 のホルダが接触しない凹部が設けられて、前記パッケージと前記第 2 のホルダとの接着面積を小さくしていることを特徴とする請求項 3 記載の光集積デバイス。

20

【請求項 7】

光学部品が同一パッケージに内蔵された光集積デバイスにおいて、

電気信号を光信号に変換する光電変換素子と、前記光電変換素子を温度制御する温度制御素子と、から構成され、前記光電変換素子をサブキャリアを介して前記温度制御素子の上に搭載する光素子ユニットと、

前記光電変換素子から出力された光信号の変調を行う光導波路チップと、前記光導波路チップを搭載し、前記光導波路チップの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つ第 1 のホルダと、前記第 1 のホルダのサイドを把持し、かつ前記第 1 のホルダの底面が他部品と接触しないように宙に浮いた状態を保つように、前記光導波路チップ上の光導波路と同一の高さの局所領域で前記第 1 のホルダと固定する第 2 のホルダと、レンズと、前記第 1 のホルダの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持ち、前記レンズを光軸高さに保持するように、前記第 1 のホルダに固定する第 3 のホルダと、から構成される光導波路ユニットと、

30

前記第 2 のホルダが内部底面に局所領域で固定し、前記温度制御素子が内部底面に固定し、熱伝導率が大きな材料で構成される底面部と、前記第 2 のホルダの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持ち、開口部が設けられた側壁部と、から構成されるパッケージと、

光ファイバと、前記光ファイバを保持し、前記側壁部に固定する第 4 のホルダと、から構成され、前記開口部を通して前記レンズを介して、前記光導波路チップと光接続する光ファイバユニットと、

を有することを特徴とする光集積デバイス。

40

【請求項 8】

前記レンズの焦点距離を $f1$ とし、前記第 3 のホルダによる前記レンズの中心保持部である A1 点と、前記レンズと光接続する前記光導波路チップの端面位置である B1 点との間の光軸方向距離を $S1$ とし、B1 点と、前記第 1 のホルダと前記第 2 のホルダの固定点である C1 点との間の光軸方向距離を $Z10$ とし、A1 点と C1 点との間の光軸方向距離を $Z11$ とし、C1 点と、前記第 2 のホルダと前記底面部との固定点である D1 点との間の光軸方向距離を $Z12$ とし、D1 点と、前記光ファイバが固定される前記側壁部の位置である E1 点との間の光軸方向距離を $Z13$ とし、E1 点と、前記第 4 のホルダによる前記光ファイバの先端保持位置である F1 点との間の光軸方向距離を $Z14$ とし、A1 点と F1 点との間の光軸方向距離を $S2$ 、前記光導波路チップ及び前記第 1 のホルダの熱膨張

50

係数を $\alpha 1$ 、前記第2のホルダの熱膨張係数を $\alpha 2$ 、前記底面部の熱膨張係数を $\alpha 3$ 、前記第4のホルダの熱膨張係数を $\alpha 5$ とし、基準温度における $S 1$ と $S 2$ をそれぞれ $S 1 0$ と $S 2 0$ 、基準温度からの温度変化を ΔT とし、 $C 1$ 点が $D 1$ 点を基準として $B 1$ 点側にあるとき $Z 1 2$ を正值、 $C 1$ 点が反対側にあるとき $Z 1 2$ を負値として扱う場合に、
【数2】

$$\frac{1}{S1} + \frac{1}{S2} = \frac{1}{f1} \quad \text{---- (4 a)}$$

$$S1 = S10 + \alpha 1 \cdot S1 \cdot \Delta T \quad \text{---- (4 b)}$$

$$S2 = S20 + (\alpha 3 \cdot Z13 + \alpha 5 \cdot Z14 - \alpha 1 \cdot Z11 - \alpha 2 \cdot Z12) \cdot \Delta T \quad \text{---- (4 c)}$$

を満たすことを特徴とする請求項7記載の光集積デバイス。

【請求項9】

光学部品が同一パッケージに内蔵された光集積デバイスにおいて、

電気信号を光信号に変換する光電変換素子と、前記光電変換素子を温度制御する温度制御素子と、から構成され、前記光電変換素子をサブキャリアを介して前記温度制御素子の上に搭載する光素子ユニットと、

前記光電変換素子から出力された光信号の変調を行う光導波路チップと、前記光導波路チップを搭載し、前記光導波路チップの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つ第1のホルダと、前記第1のホルダのサイドを把持し、かつ前記第1のホルダの底面が他部品と接触しないように宙に浮いた状態を保つように、前記光導波路チップ上の光導波路と同一の高さの局所領域で前記第1のホルダと固定する第2のホルダと、レンズと、前記第2のホルダの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持ち、前記レンズを光軸高さで保持するように、前記第2のホルダに固定する第3のホルダと、から構成される光導波路ユニットと、

前記第2のホルダが内部底面に局所領域で固定し、前記温度制御素子が内部底面に固定し、熱伝導率が大きな材料で構成される底面部と、前記第2のホルダの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持ち、開口部が設けられた側壁部と、から構成されるパッケージと、

光ファイバと、前記光ファイバを保持し、前記側壁部に固定する第4のホルダと、から構成され、前記開口部を通して前記レンズを介して、前記光導波路チップと光接続する光ファイバユニットと、

を有することを特徴とする光集積デバイス。

【請求項10】

前記レンズの焦点距離を $f 1$ とし、前記第3のホルダによる前記レンズの中心保持部である $A 2$ 点と、前記レンズと光接続する前記光導波路チップの端面位置である $B 2$ 点との間の光軸方向距離を $S 1$ とし、 $B 2$ 点と、前記第1のホルダと前記第2のホルダの固定点である $C 2$ 点との間の光軸方向距離を $Z 2 0$ とし、 $A 2$ 点と $C 2$ 点との間の光軸方向距離を $Z 2 1$ とし、 $C 2$ 点と、前記第2のホルダと前記底面部との固定点である $D 2$ 点との間の光軸方向距離を $Z 2 2$ とし、 $A 2$ 点と $D 2$ 点との間の光軸方向距離を $Z 2 3$ とし、 $D 2$ 点と、前記光ファイバが固定される前記側壁部の位置である $E 2$ 点との間の光軸方向距離を $Z 2 4$ とし、 $E 2$ 点と、前記第4のホルダによる前記光ファイバの先端保持位置である $F 2$ 点との間の光軸方向距離を $Z 2 5$ とし、 $A 2$ 点と $F 2$ 点との間の光軸方向距離を $S 2$ 、前記光導波路チップ及び前記第1のホルダの熱膨張係数を $\alpha 1$ 、前記第2のホルダの熱膨張係数を $\alpha 2$ 、前記底面部の熱膨張係数を $\alpha 3$ 、前記第4のホルダの熱膨張係数を $\alpha 5$ とし、基準温度における $S 1$ と $S 2$ をそれぞれ $S 1 0$ と $S 2 0$ 、基準温度からの温度変化を ΔT とし、 $C 2$ 点が $D 2$ 点を基準として $B 2$ 点側にあるとき $Z 2 2$ を正值とし、 $C 2$ 点が反対側にあるときは $Z 2 2$ を負値として扱う場合に、

10

20

30

40

50

【数 3】

$$\frac{1}{S1} + \frac{1}{S2} = \frac{1}{f1} \quad \text{---- (5 a)}$$

$$S1 = S10 + (\alpha 2 \cdot Z21 - \alpha 1 \cdot Z20) \cdot \Delta T \quad \text{---- (5 b)}$$

$$S2 = S20 + (\alpha 3 \cdot Z24 + \alpha 5 \cdot Z25 - \alpha 2 \cdot Z23) \cdot \Delta T \quad \text{---- (5 c)}$$

10

を満たすことを特徴とする請求項 9 記載の光集積デバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は光集積デバイスに関し、特に光学部品が同一パッケージに内蔵された光集積デバイスに関する。

【背景技術】

【0002】

インターネットや携帯電話の普及に伴い、伝送路の大容量化が求められ、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するようになっており、WDM (Wavelength Division Multiplex) などの光通信網の整備が急務となっている。

20

【0003】

図 3 1 は WDM 伝送に用いられる光送信器の概略構成を示す図である。光送信器 5 0 は、半導体レーザ 5 1、温度制御素子 5 2、光変調器 5 3、制御部 5 4 から構成され、光信号を出力する光ファイバ 5 5 が光変調器 5 3 に接続される。

【0004】

半導体レーザ 5 1 は、光を発する光源であり、温度制御素子 5 2 は、半導体レーザ 5 1 の温度制御を行って、半導体レーザ 5 1 の光出力と発振波長を一定に制御する。

光変調器 5 3 は、例えば LiNbO_3 (ニオブ酸リチウム、以下 LN と記す) 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て、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、半導体レーザ 5 1 からの連続出力光を強度変調してパルス状の光信号を生成し、光ファイバ 5 5 から送出する。

30

【0005】

制御部 5 4 は、半導体レーザ 5 1 の駆動回路、温度制御素子 5 2 の制御回路、光変調器 5 3 の駆動回路をそれぞれ含み、半導体レーザ 5 1 に対する駆動信号、光変調器 5 3 に対する駆動信号、半導体レーザ 5 1 の温度変化にもとづく温度制御信号を送信して、それぞれの制御を行う。

【0006】

このような光送信器 5 0 では、従来、半導体レーザ 5 1、光変調器 5 3 などの個別部品を、レンズ、光ファイバ等の光学部品を用いてそれぞれ別個の光デバイスとして構成し、それぞれの光デバイスを光ファイバ同士でコネクタ接続またはスプライス接続して構成するのが一般的であった。

40

【0007】

一方、近年の光通信ネットワークの普及に伴って、光送信器や光受信器はさらなる小型化・低コスト化が強く求められている。このため、個別部品をつなぐ構成方法ではなく、半導体レーザや光変調器等の主要部品を同一のパッケージに集積し、かつ組み立ての簡易化を図ることが重要となってきた。

【0008】

半導体レーザと光導波路チップを同一パッケージに集積した従来技術としては、パッケージ内で半導体レーザと光導波路チップとを、偏波保持ファイバを介して接続し、半導体

50

レーザの発光の安定化、光軸ずれによる特性変動の回避を行う技術が提案されている（例えば、特許文献1）。

【特許文献1】特開2003-295142号公報（段落番号〔0033〕～〔0039〕，第4図）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

光学部品を1つのパッケージ内に納めた集積デバイスを製造する際は、光学部品とパッケージとを接着剤で貼り付けた後に、そのパッケージをオープンに入れて、全体を加熱して接着剤を固めることで製造する。したがって、接着剤で貼り合わせる光学部品とパッケージとで熱膨張差があると、収縮差による応力が発生して、光学部品にクラック（割れ）が生じるおそれがある。

10

【0010】

このため、光学部品として、外部応力に敏感な光導波路チップをパッケージに内蔵したデバイスを製造する場合には、光導波路チップとパッケージとの熱膨張差を合わせる必要があり、例えば、LN光導波路チップの場合、通常はパッケージ材料としてSUS（ステンレス鋼：18Cr-8Ni-Fe）が選択される。

【0011】

また、光導波路チップには光ファイバが接続するので、光ファイバ（ガラス）との熱膨張差も考慮して、従来ではパッケージ内部において、光ファイバにたわみ（ $\sim 10\mu\text{m}$ ）を持たせる必要があった。

20

【0012】

図32は従来の光集積デバイスの構成を示す図である。光集積デバイス60は、パッケージ61、光導波路チップ62、ガラスフェルール63、金属フェルール64、光ファイバ65から構成される。

【0013】

光導波路チップ62はパッケージ61に接着固定する。また、光ファイバ65を挿入して光ファイバ65を固定するフェルールには、ガラスフェルール63と金属フェルール64が使用され、ガラスフェルール63は、光導波路チップ62と接着固定し、金属フェルール64はパッケージ61の側壁を貫通してパッケージ61と接着固定する。なお、金属フェルール64とパッケージ61は、半田等で気密固定される。ガラスフェルール63と金属フェルール64内に挿入された光ファイバ65は、光導波路チップ62と接続する（必要な光学部品が収められたら、最終的にはパッケージに蓋が被さり加熱される）。

30

【0014】

ここで、光ファイバ65の一端は光導波路チップ62側に固定し、他端はパッケージ61側に固定しているので、このような状態で加熱すると、上述したようにパッケージ61と光ファイバ65の熱膨張差による応力が生じるため、光ファイバ65が引張られたりまたは縮められたりする。したがって、光集積デバイス60をX方向から見た図からわかるように、パッケージ61内部の光ファイバ65には、 $\sim 10\mu\text{m}$ 程度のたわみを持たせて、熱膨張差によって引張られたとしても、光ファイバ65に応力が加わらないような構造にしている。

40

【0015】

しかし、 $\sim 10\mu\text{m}$ のたわみを保持固定することは精密固定技術を要し、多大な組み立て工数がかかり、固定方法によってはバラツキが発生してしまう。また、過度のたわみは過剰な挿入損失が発生し、逆に十分なたわみが得られなければ、熱膨張差から光ファイバが破断するといった問題があった。

【0016】

一方、光学部品として、光導波路チップだけでなく、半導体レーザや温度制御素子もパッケージに内蔵したデバイスを製造する場合には、温度制御素子の放熱性を確保する必要がある。このため、パッケージ材料として放熱性（熱伝導性）のよいCuW（銅タングステ

50

ン) が用いられることが多い。

【0017】

しかし、CuWを材料とするパッケージと、LNを材料とする光導波路チップには、大きな熱膨張差があるため（パッケージ（CuW）の熱膨張係数 $= 8 \times 10^{-6}$ （/°C）、光導波路チップ（LN）の熱膨張係数 $= 16.7 \times 10^{-6}$ （/°C））、光導波路チップをパッケージに直に固定すると、熱膨張差による過剰な応力がかかり、光導波路チップにクラックが生じるおそれがあるといった問題があった。

【0018】

また、柔らかい接着材で固定すれば、熱膨張差による応力を緩和することは可能であるが、この場合、柔らかい接着材はある程度の厚みを必要とするため光導波路チップを固定するという観点では不十分となる。すなわち、振動や衝撃によって光導波路チップは動き易い（振動し易い）状態となるので、半導体レーザと光導波路チップ間の光軸ずれを引き起し、特性（挿入損失）変動が生じ易くなるといった問題があった。

【0019】

一方、上述の従来技術（特開2003-295142号公報）では、半導体レーザと光導波路チップとを、偏波保持ファイバを介して接続する構成としているが、例えば、光導波路チップの入力端側に接続される偏波保持ファイバの長さを10mm程度とすると、レンズで集光された光を直接光導波路に入力する場合と比べてパッケージサイズが大きくなるといった欠点があった。

【0020】

また、パッケージの小型化を図るために偏波保持ファイバを単に短くすることも考えられるが、ファイバを短くすると熱膨張等による位置変位が少し加わっただけでもファイバの曲げRは非常に大きくなり、その結果、ファイバの光損失が増大し信頼性も劣化するといった問題が生じる。

【0021】

このため、偏波保持ファイバを用いた光接続方法は、パッケージの小型化と信頼性が両立し難いといった問題があった。さらに、上述の従来技術においても、光導波路チップをパッケージに直に固定しているので、上記と同様な熱膨張差によるクラックの発生といった問題が生じることになる。

【0022】

本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、熱膨張の不整合による過剰な応力印加やクラックの発生を防止し、組み立てが簡単であり、特性変動を生じない高品質な光集積デバイス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】

【0023】

本発明では上記課題を解決するために、図1に示すような、光学部品が同一パッケージに内蔵された光集積デバイス100において、光信号の変調を行う光導波路チップ101と、光ファイバ102と、光導波路チップ101と固定して、光ファイバ102を挿入して固定する第1のフェルール103と、光導波路チップ101及び第1のフェルール103を内蔵し、光ファイバ102を外部へ通すための開口部104aが側壁に設けられたパッケージ104と、開口部104aの周りに気密固定したパイプ105と、パイプ105に挿入してパイプ105の先端と気密固定し、開口部104aを通してパッケージ104の外部へ出る光ファイバ102を挿入して固定する第2のフェルール106と、から構成され、パッケージ104の熱膨張とパイプ105の熱膨張とにより生じる第1の伸縮量と、光ファイバ102の熱膨張と第2のフェルール106の熱膨張とにより生じる第2の伸縮量とを一致させて、たわみを持たない光ファイバ102をパッケージ104内に収納したことを特徴とする光集積デバイス100が提供される。

【0024】

ここで、光導波路チップ101は、光信号の変調を行う。第1のフェルール103は、光導波路チップ101と固定して、光ファイバ102を挿入して固定する。パッケージ1

10

20

30

40

50

04は、光導波路チップ101及び第1のフェルール103を内蔵し、光ファイバ102を外部へ通すための開口部104aが側壁に設けられる。パイプ105は、開口部104aの周りに気密固定する。第2のフェルール106は、パイプ105に挿入してパイプ105の先端と気密固定し、開口部104aを通りパッケージ104の外部へ出る光ファイバ102を挿入して固定する。そして、パッケージ104の熱膨張とパイプ105の熱膨張とにより生じる第1の伸縮量と、光ファイバ102の熱膨張と第2のフェルール106の熱膨張とにより生じる第2の伸縮量とを一致させて、たわみを持たない光ファイバ102をパッケージ104内に収納する。

【発明の効果】

【0025】

10

本発明の光集積デバイスは、パッケージの熱膨張及びパッケージの開口部に固定したパイプの熱膨張により生じる伸縮量と、光ファイバの熱膨張及びパイプに挿入して固定したフェルールの熱膨張により生じる伸縮量とを一致させて、たわみを持たない光ファイバをパッケージ内に収納する構成とした。これにより、熱膨張の不整合による過剰な応力印加やクラックの発生を防止し、かつ組み立てを簡易化することが可能になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。図1は光集積デバイスの構造を示す図である。光集積デバイス100は、光学部品が同一パッケージに内蔵された集積デバイスであり、光導波路チップ101、光ファイバ102、第1のフェルール（以下、ガラスフェルール）103、パッケージ104、パイプ105、第2のフェルール（以下、金属フェルール）106から構成される。

20

【0027】

光導波路チップ101は、光変調器であって光信号の変調を行う。ガラスフェルール103は、光導波路チップ101と固定して、光ファイバ102を挿入して固定する。パッケージ104は、光導波路チップ101及びガラスフェルール103を内蔵する。また、光ファイバ102を外部へ通すための開口部104aがパッケージ側壁に設けられる。

【0028】

パイプ105は、開口部104aの周りに気密固定（ロウ付け等）する。金属フェルール106は、パイプ105に挿入してパイプ105の先端と気密固定（半田付け等）し、開口部104aを通してパッケージ104の外部へ出る光ファイバ102を挿入して固定する。

30

【0029】

図2は光集積デバイス100の熱膨張差の補正を説明するための図である。光導波路チップ101と光ファイバ102との固定点（P1点）から、パッケージ104の側壁外面までの距離をaとし、側壁外面から、金属フェルール106とパイプ105との固定点（P2点）までの距離をbとする。また、P1点から、光ファイバ102と金属フェルール106との接点（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。

【0030】

40

そして、パッケージ104の熱膨張係数を α_1 、パイプ105の熱膨張係数を α_2 、光ファイバ102の熱膨張係数を α_3 、金属フェルール106の熱膨張係数を α_4 とし、デバイス製造時の温度差を ΔT とする。

【0031】

ここで、ある材料Aを加熱する場合、材料Aの長さがL、材料Aの熱膨張係数が α 、温度差が ΔT だとすると、材料Aの伸縮量は、 $\alpha \times L \times \Delta T$ で表すことができる。

したがって、パッケージ104の熱膨張とパイプ105の熱膨張とにより生じる第1の伸縮量 ΔL_1 （パッケージ本体による伸縮量）は、式（1）で求められる。

【0032】

$$\Delta L_1 = \alpha_1 \times a \times \Delta T + \alpha_2 \times b \times \Delta T \quad \dots\dots (1)$$

50

すなわち、デバイス製造時の加熱工程において、パッケージ本体（パッケージ１０４とパッケージ１０４に固定するパイプ１０５のこと）の伸縮量 ΔL_1 は、パッケージ１０４で決まる伸縮量（ $\alpha_1 \times a \times \Delta T$ ）と、パイプ１０５で決まる伸縮量（ $\alpha_2 \times b \times \Delta T$ ）の和となる。

【００３３】

また、光ファイバ１０２の熱膨張と金属フェルール１０６の熱膨張とにより生じる第２の伸縮量 ΔL_2 （光ファイバによる伸縮量）は式（２）で求められる。

$$\Delta L_2 = \alpha_3 \times c \times \Delta T + \alpha_4 \times d \times \Delta T \quad \dots \dots (2)$$

すなわち、光ファイバ１０２の伸縮量 ΔL_2 は、光ファイバ１０２自身の伸縮量（ $\alpha_3 \times c \times \Delta T$ ）と、金属フェルール１０６の伸縮量（ $\alpha_4 \times d \times \Delta T$ ）の和となる。

10

【００３４】

このため、式（１）で求めた ΔL_1 と式（２）で求めた ΔL_2 が等しくなれば、光ファイバ１０２には過剰な応力が印加されなくなる。例えば、図に示すように、加熱時にパッケージ本体が ΔL_a 伸びるならば、光ファイバも ΔL_a 伸びることになるので、光ファイバには応力は印加されない。

【００３５】

次に各構成部の材質と各パラメータ値に対して具体例を用いて説明する。パッケージ１０４の材料はSUS、パイプ１０５の材料には熱膨張が小さい材料のインバー（Invar：36Ni-Fe）を用いる。また、金属フェルール１０６の材料にはパッケージ本体よりも熱膨張が大きいアルミを用いる。

20

【００３６】

そして、各構成部の長さを以下のように設定する。

パッケージ１０４（SUS）の長さ $a = 5 \text{ mm}$ 、パイプ１０５（インバー）の長さ $b = 8 \text{ mm}$ 、光ファイバ１０２の長さ $c = 9 \text{ mm}$ 、金属フェルール１０６（アルミ）の長さ $d = 4 \text{ mm}$ 。

【００３７】

また、各材料の熱膨張係数は以下となる。

SUSの熱膨張係数 $\alpha_1 = 17.1 \times 10^{-6} (\text{／K})$ 、ガラス（ガラスフェルール）の熱膨張係数 $\alpha_2 = 0.5 \times 10^{-6} (\text{／K})$ 、インバーの熱膨張係数 $\alpha_1 = 1.5 \times 10^{-6} (\text{／K})$ 、アルミの熱膨張係数 $\alpha_1 = 23.1 \times 10^{-6} (\text{／K})$ 。なお、温度範囲を $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ とすると、デバイス製造時及び保管時の温度を 25°C として、温度差 ΔT を $65^\circ\text{C} (-40^\circ\text{C} \sim 25^\circ\text{C})$ とする。

30

【００３８】

これらの条件設定により、パッケージ本体の伸縮量 ΔL_1 を式（１）により計算すると、 $\Delta L_1 = (17.1 \times 10^{-6} \times 5 + 1.5 \times 10^{-6} \times 8) \times 65 = 6.3 \mu\text{m}$ となり、光ファイバの伸縮量 ΔL_2 を式（２）より計算すると、 $\Delta L_2 = (0.5 \times 10^{-6} \times 9 + 23.1 \times 10^{-6} \times 4) \times 65 = 6.3 \mu\text{m}$ となる。

【００３９】

従来の加熱工程においては、光ファイバに応力が加わるために、 $\sim 10 \mu\text{m}$ のたわみを設けて、このたわみを保持固定するために精密固定技術を要していたが、光集積デバイス１００では、パッケージ本体の伸縮量と光ファイバの伸縮量を一致させて、外部温度の影響をデバイスの内部構造に与えないようにしたので、光ファイバのたわみを不要にすることができる。このため、簡単な組み立てにより高品質の光集積デバイスを製造することが可能になる。

40

【００４０】

次に光学部品として、光導波路チップだけでなく、半導体レーザや温度制御素子もパッケージに内蔵した光集積デバイスについて説明する。

図３は第１の実施の形態の光集積デバイスの構造を示す図である。第１の実施の形態の光集積デバイス２－１は、光素子ユニット１０、光導波路ユニット２０－１、パッケージ３０、光ファイバユニット４０－１から構成される。

50

【0041】

光素子ユニット10は、光電変換素子11、温度制御素子12、サブキャリア13、ホルダ付きレンズ14から構成される。光電変換素子11は、電気信号を光信号に変換する半導体レーザである。温度制御素子(TEC: Thermo Electric Cooler)12は、光電変換素子11を温度制御して、光電変換素子11の光出力と発振波長を一定に制御する。

【0042】

光電変換素子11は、例えばAlN(窒化アルミニウム)からなるサブキャリア13を介して、温度制御素子12の上に搭載する。また、ホルダ付きレンズ14も温度制御素子12の上に搭載し、光電変換素子11から出力した光信号をコリメート光に変換する。温度制御素子12は、パッケージ30の内部底面31aに、例えば半田等で接着固定される。

10

【0043】

光導波路ユニット20-1は、第1のホルダ(以下、ホルダ21)、第2のホルダ(以下、ホルダ22)、光導波路チップ23、ホルダ付きレンズ24から構成される。

ホルダ付きレンズ24は、前段のホルダ付きレンズ14から出射された光信号を集光する。光導波路チップ23はLN基板(熱膨張係数 $16.7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)からなる光変調素子であり、ホルダ付きレンズ24で集光された光信号の変調を行う。

【0044】

ホルダ21は、ホルダ付きレンズ24及び光導波路チップ23を搭載する。なお、ホルダ21は、光導波路チップ23(以下、LN光変調素子23とも呼ぶ)の熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持ち、例えば、SUS304(熱膨張係数 $17.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)を選択する。なお、光導波路チップ23は、入出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ホルダ21に固定される。

20

【0045】

ホルダ22は、ホルダ21のサイドを把持し、かつホルダ21の底面が他部品と接触しないように宙に浮いた状態を保つように、光導波路チップ23上の光導波路と同一の高さの局所領域25(図中、黒丸)でホルダ21と固定する。

【0046】

上記のように光電変換素子11と光導波路チップ23の光接続においては、2球レンズ系を採用し、一方のレンズ(ホルダ付きレンズ14)を温度制御素子12に、他方のレンズ(ホルダ付きレンズ24)をホルダ21に搭載する構成をとっている。これにより、光電変換素子11からの出射光は最初のレンズでコリメート光に変換され、このコリメート光が次のレンズで光導波路に集光されることで光接続を実現している。

30

【0047】

パッケージ30は、底面部31、側壁部32を有し、底面部31と側壁部32は異なる材料を使用する。底面部31では、パッケージ内部底面31aに、ホルダ22が局所領域33で固定される。また、パッケージ内部底面31aにおいて、温度制御素子12が固定される。さらに、この底面部31は、温度制御素子12が接触するので、温度制御素子12の放熱を行うために、熱伝導率が高い材料が使用される(例えば、CuW-20(Cu20/W80)を使用)。

【0048】

側壁部32は、ホルダ22の熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持ち(側壁部32とホルダ22の材料として例えば、Alloy50(Ni50/Fe50)を使用)、開口部32aが設けられる。なお、底面部31と側壁部32は、例えば金属ロウ材によってロウ付けされる。

40

【0049】

光ファイバユニット40-1は、レンズ41、光ファイバ42、第3のホルダ(以下、ホルダ43)、第4のホルダ(以下、ホルダ44)から構成される。ホルダ43は、レンズ41を保持する。ホルダ44は、光ファイバ42を保持して、ホルダ43に固定する。また、レンズ41は、ホルダ43を介して、光導波路と光軸調整した後に、側壁部32の外部に固定され、開口部32aを通して、光導波路チップ23と光接続する。なお、固定には、例えばレーザスポット溶接が選択でき、光軸と略同一高さで固定される。

50

【0050】

次に光導波路ユニット20-1のホルダ21、22の構造について説明する。図4～図7は光導波路ユニット20-1の断面構造を示す図である。図3をX1-X2の断面で見た様子を示している。図4では、ホルダ22は、コの字型形状をしており、ホルダ21のサイドと擦り合わせ接触する程度に、ホルダ22の幅が設定されている。

【0051】

そして、ホルダ21とホルダ22は、光導波路チップ23の光導波路と略同一高さの局所領域25で、例えばレーザスポット溶接により固定される。このとき、ホルダ21の裏面21aが他の部品と接触しないように宙に浮いた状態となるように、ホルダ22の高さが設定されている。

10

【0052】

図5～図7はホルダ22の形状の変形例を示しており、図5では、ホルダ22を2個のL字型で構成している。図6では、ホルダ22を2個のT字型で構成している。図7は、ホルダ22をあらかじめパッケージ30の底面部31と一体成形した場合を示している。

【0053】

図8は突起部が設けられたホルダ21を示す図である。図4～図7で示したような、光導波路と略同一高さの局所領域25で、ホルダ21とホルダ22を固定する場合、実際には、図に示すような、位置決めのための突起部21bをホルダ21に設けておくことが容易である。

【0054】

すなわち、ホルダ22の形状を図4で示したコの字型形状とした場合、ホルダ21の光導波路高さを示す位置に突起部21bを形成し、この突起部21bにホルダ22を突き当てることで高さ方向の位置を決める。そして、突起部21bとホルダ22が接触する境界部分を局所領域25として、例えばレーザスポット溶接で固定することで、容易に光導波路と略同一の高さで、ホルダ21を固定することができる。

20

【0055】

図9はホルダ21、22の嵌合の様子を示す図である。ホルダ21、22が擦り合う部分に、高さ方向にスライド挿入できる凹凸部21c、22cをそれぞれ形成し、この凹凸ガイドに沿ってホルダ22にホルダ21を挿入して、突起部21bに突き当てることで、高さ方向と光軸方向の位置決めが容易に実現できる。

30

【0056】

次にホルダ22とパッケージ30の固定部分について説明する。ホルダ22は、パッケージの底面部31の内部底面31aに固定される。ここで、ホルダ22と内部底面31aの接着面積は、両者の熱膨張の違いで発生する歪みの影響が無視できる程度に小さく設定されていることが望ましい。

【0057】

例えば、図3のように、ホルダ22の光軸方向長さを十分短い値に設定して（図3では局所領域33の長さのこと）、ホルダ22と内部底面31aの接触面積自体を小さくして、接触面積全体で接着固定することができる。また、別の方法として、図4～図6のように、ホルダ22の角部にあたる部分に局所的に接着剤5を塗布して固定してもよい。

40

【0058】

また、ホルダ22とパッケージ30の他の固定方法として、図10、図11に示すような固定を行ってもよい。図10はパッケージ30の内部底面31aを示す図である。図11は光導波路チップ23がパッケージ30の内部底面31aに実装している様子を示す図であり、図10をX3-X4の断面で見た様子を示している。

【0059】

パッケージ内部底面31aのうち、ホルダ22が搭載される領域の一部に凹部31a-1、31a-2を設け、両者が接触する面積を小さくして、接触面積31a-3で接着固定する。このようにすれば、ホルダ22の光軸方向長さに特別な制約はなくなる。

【0060】

50

このように、光集積デバイス 2-1 は、温度制御素子 12 (TEC) は熱伝導率の大きい CuW のパッケージ 30 上に搭載されるので、放熱性が確保できる。また、LN 光変調素子の光導波路チップ 23 の熱膨張係数が $16.7 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ であり、パッケージ 30 の底面部 31 (CuW) の熱膨張係数が $8.1 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ であるが、値に大きな違いがあっても局所固定を行っているため熱膨張の不整合による過剰な応力印加やクラックを回避することができる。

【0061】

さらに、光導波路チップ 23、レンズ 41、光ファイバ 42 はいずれも同一材料 (Alloy50) で支持されているので (光導波路チップ 23 は Alloy50 のホルダ 22 で、レンズ 41 と光ファイバ 42 は Alloy50 の側壁部 32 で支持される)、熱膨張による伸縮が生じててもその変動は共通の上下微動となるので温度変化による光軸ずれを回避することができる。

10

【0062】

次に光集積デバイス 2-1 の詳細設計について説明する。図 12 は第 1 の実施の形態の光集積デバイス 2-1 の構造を示す図である。パラメータである各部品の長さ及び固定点の位置の符号を以下のように決める。

【0063】

レンズ 41 の焦点距離を f_1 とし、ホルダ 21 とホルダ 22 の固定点である A 点と、レンズ 41 と光接続する光導波路チップ 23 の端面位置である B 点との間の光軸方向距離を Z_1 とする。

【0064】

また、A 点と、ホルダ 22 と底面部 31 との固定点である C 点との間の光軸方向距離を Z_2 とし、C 点と、レンズ 41 が固定される側壁部 32 の位置である D 点との間の光軸方向距離を Z_3 とする。

20

【0065】

さらに、D 点と、ホルダ 43 によるレンズ 41 の中心保持部である E 点との間の光軸方向距離を Z_4 とし、E 点と、ホルダ 43 とホルダ 44 の固定点である F 点との間の光軸方向距離を Z_5 とする。

【0066】

また、F 点と、ホルダ 44 による光ファイバ 42 の先端保持位置である G 点との間の光軸方向距離を Z_6 とし、B 点と E 点との間の光軸方向距離を S_1 、E 点と G 点との間の光軸方向距離を S_2 とする。

30

【0067】

そして、光導波路チップ 23 の熱膨張係数を α_1 、ホルダ 21 の熱膨張係数を α_2 、底面部 31 の熱膨張係数を α_3 、ホルダ 43 の熱膨張係数を α_4 、ホルダ 44 の熱膨張係数を α_5 とし、基準温度における S_1 と S_2 をそれぞれ、 S_{10} と S_{20} とし、基準温度からの温度変化を ΔT とする。

【0068】

ここで、光導波路チップ 23 (LN 光変調素子) は長さ 50 mm、レンズ 41 は焦点距離 $f_1 = 4 \text{ mm}$ のものを選択する。光導波路チップ 23 のスポットサイズは約 $4 \mu\text{m}$ 、光ファイバ 42 のスポットサイズは約 $4.5 \mu\text{m}$ であるので、レンズ 41 による結合系をビーム倍率を 1 倍にし、光導波路チップ 23 の端面からレンズ 41 の主点までの距離 S_1 と、レンズ 41 の主点から光ファイバ 42 端面までの距離 S_2 を、ともに 8 mm に設定する。さらに、図 13 にパラメータの具体数値を示す。図では、区間、区間に使用される材料、材料の熱膨張係数、光軸方向距離が示されている (後述の条件式 (3a) ~ (3c) を考慮して数値は決定した)。

40

【0069】

各部品の材料、長さ及び固定点の位置を上記のように設定したとき、レンズ結合の公式は式 (3a) で、 S_1 と S_2 の熱伸縮値は式 (3b)、式 (3c) で計算できる。ただし、A 点が C 点を基準として B 点側にあるとき、 Z_2 を正值とし、A 点が反対側にあるときは Z_2 を負値として扱う。

50

【0070】

【数1】

$$\frac{1}{S1} + \frac{1}{S2} = \frac{1}{f1} \quad \text{---- (3a)}$$

$$S1 = S10 + (\alpha3 \cdot Z3 + \alpha4 \cdot Z4 - \alpha1 \cdot Z1 - \alpha2 \cdot Z2) \cdot \Delta T \quad \text{---- (3b)}$$

$$S2 = S20 + (\alpha4 \cdot Z5 + \alpha5 \cdot Z6) \cdot \Delta T \quad \text{---- (3c)}$$

【0071】

図14は熱伸縮における理想値と実験値の差を示す図である。横軸には温度変化、縦軸には熱伸縮における理想値と実験値の差を示している。基準温度±60℃の温度範囲に対して、式(3c)で算出したS2(熱伸縮値)からレンズ結合式(3a)を満足すべきS1(理想値)を求め、これとは別に式(3b)でS1(熱伸縮値)を求め、「S1(理想値)－S1(熱伸縮値)」をプロットする。

【0072】

この結果から、図13による数値に設定すると、S1(熱伸縮値)は0.03μm以下の誤差で理想値と略等しい値になることがわかる。すなわち、光導波路チップ23、レンズ41及び光ファイバ42の光軸方向距離は、基準温度±60℃の温度範囲に対して、常にレンズ結合式(3a)を満足する関係にあるので、温度変化に対する特性変動(光軸方向の変動による光結合特性の変動)を抑えることができる。

【0073】

次に第2の実施の形態の光集積デバイスについて説明する。図15は第2の実施の形態の光集積デバイスの構造を示す図である。第2の実施の形態の光集積デバイス2-2は、光素子ユニット、光導波路ユニット20-2、パッケージ30、光ファイバユニット40-2から構成される。なお、光素子ユニットは、第1の実施の形態の光集積デバイス2-1の光素子ユニット10と同じであり、図示を省略した。

【0074】

また、第2の実施の形態の光集積デバイス2-2は、図3で上述した第1の実施の形態の光集積デバイス2-1と基本構造は同じであり、構造の異なる点はパッケージ側壁に設けられていたレンズがパッケージ内部に設けられる点である。

【0075】

光導波路ユニット20-2は、第1のホルダ(以下、ホルダ21)、第2のホルダ(以下、ホルダ22)、第3のホルダ(以下、ホルダ27)、光導波路チップ23、ホルダ付きレンズ24、レンズ26から構成される。

【0076】

光導波路チップ23はLN基板(熱膨張係数 $16.7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)からなる光変調素子であり(以下、光導波路チップ23をLN光変調素子23とも呼ぶ)、ホルダ21はLN光変調素子23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 $17.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)を選択する。LN光変調素子23は入出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ホルダ21に固定される。

【0077】

ホルダ22は、コの字型形状をしており、ホルダ21のサイドと擦り合わせ接触する程度に幅が設定されている。ホルダ21とホルダ22は、LN光変調素子23の光導波路と略同一の高さの局所領域で、例えばレーザスポット溶接により固定される。このとき、ホルダ21の裏面が他の部品と接触しないように宙に浮いた状態となるように、ホルダ22の高さが設定されている。

【0078】

10

20

30

40

50

ここで、ホルダ 2 2 の構造や、ホルダ 2 1、2 2 の位置決め手段及びホルダ 2 2 とパッケージ内部底面の固定構造は、図 4 ～図 1 1 で上述したバリエーションを適用することができる。

【0079】

レンズ 2 6 はホルダ 2 7 で保持され、ホルダ 2 1 上に固定される。ホルダ 2 7 は、ホルダ 2 1 と熱膨張係数を揃えるために同一の材料とし SUS304 を選択する。レンズ 2 6 は、ホルダ 2 7 と少なくとも略光軸高さが固定されることが望ましい。固定手段としては、例えばレーザスポット溶接が選択できる。

【0080】

光ファイバ 4 2 は、ホルダ 4 4 で保持され、光導波路と光軸調整した後に、パッケージ側壁の開口部 3 2 a に固定される。ここで、固定手段としては、例えばレーザスポット溶接が選択でき、光軸と略同一高さが固定される。なお、図示しない光電変換素子は、図 3 と同様の構成により LN 光導波路と光接続することができる。

【0081】

パッケージ 3 0 は、底面部 3 1 と側壁部 3 2 を異なる材料で構成し、底面部 3 1 を熱伝導率の大きい CuW-20 (Cu20/W80) を選択する。また、側壁部 3 2 はホルダ 2 2 と熱膨張係数を揃えるために同一の材料とし、両者とも Kovar (Fe54/Co17/Ni29) を選択する。パッケージ 3 0 の底面と側壁は、例えば金属ロウ材によってロウ付けされる。

【0082】

このように、光集積デバイス 2-2 は、図示しない温度制御素子 (TEC) は熱伝導率の大きい CuW 上に搭載されるので、放熱性が確保できる。また、LN 光変調素子 2 3 の熱膨張係数が $16.7 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 、パッケージ底面 (CuW) の熱膨張係数が $8.1 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ と、その値に大きな違いがあっても局所固定によって熱膨張の不整合による過剰な応力印加やクラックを回避することができる。

【0083】

また、ホルダ 2 1 及びホルダ 2 7 はいずれも熱膨張係数が略等しい材料であるので、熱膨張による伸縮が生じて LN 光導波路とレンズ 2 6 の相対高さはほとんど変化しないので温度変化による両者の光軸ずれを回避することができる。

【0084】

さらに、LN 光変調素子 2 3 と光ファイバ 4 2 はいずれも同一材料 (Kovar) で支持されているので、熱膨張による伸縮が生じてその変動は共通の上下微動となるので温度変化による光軸ずれを回避することができる。この結果、光導波路とレンズ 2 6 及び光ファイバ 4 2 の光軸は、熱膨張による伸縮が生じてその変動は共通の上下微動となるので温度変化による光軸ずれを回避することができる。

【0085】

次に光集積デバイス 2-2 の詳細設計について説明する。パラメータである各部品の長さ及び固定点の位置の符号を以下のように決める。

レンズ 2 6 の焦点距離を f_1 とし、ホルダ 2 7 によるレンズ中心保持部である A 1 点と、レンズ 2 6 と光接続する光導波路チップ 2 3 の端面位置である B 1 点との間の光軸方向距離を S_1 とする。

【0086】

また、B 1 点と、ホルダ 2 1 とホルダ 2 2 の固定点である C 1 点との間の光軸方向距離を Z_{10} とし、A 1 点と C 1 点の間の光軸方向距離を Z_{11} とし、C 1 点と、ホルダ 2 2 と底面部 3 1 との固定点である D 1 点との間の光軸方向距離を Z_{12} とする。

【0087】

さらに、D 1 点と、光ファイバ 4 2 が固定される側壁部 3 2 の位置である E 1 点の間の光軸方向距離を Z_{13} とし、E 1 点と、ホルダ 4 4 による光ファイバ 4 2 の先端保持位置である F 1 点との間の光軸方向距離を Z_{14} とする。

【0088】

そして、A 1 点と F 1 点との間の光軸方向距離を S_2 、光導波路チップ 2 3 及びホルダ

10

20

30

40

50

2 1 の熱膨張係数を $\alpha 1$ 、ホルダ 2 2 の熱膨張係数を $\alpha 2$ 、底面部 3 1 の熱膨張係数を $\alpha 3$ 、ホルダ 4 4 の熱膨張係数を $\alpha 5$ とし、基準温度における $S 1$ と $S 2$ をそれぞれ $S 1 0$ と $S 2 0$ 、基準温度からの温度変化を ΔT とする。

【0089】

ここで、LN 光変調素子 2 3 は長さ 5 0 mm、レンズ 2 6 は焦点距離 $f 1 = 3 \text{ mm}$ のものを選択する。LN 光変調素子 2 3 のスポットサイズは約 $3 \mu\text{m}$ 、光ファイバのスポットサイズは約 $4.5 \mu\text{m}$ であるので、レンズ 2 6 による結合系をビーム倍率 1.5 倍にし、LN 光変調素子 2 3 の端面からレンズ 2 6 の主点までの距離 $S 1$ を 5 mm、レンズ 2 6 の主点から光ファイバ端面までの距離 $S 2$ を 7.5 mm に設定する。さらに、図 1 6 にパラメータの具体数値を示す。図では、区間、区間に使用される材料、材料の熱膨張係数、光軸方向距離が示されている（後述の条件式（4 a）～（4 c）を考慮して数値は決定した）。 10

【0090】

各部品の材料、長さ及び固定点の位置を上記のように設定したとき、レンズ結合の公式は式（4 a）で、 $S 1$ と $S 2$ の熱伸縮値は式（4 b）、式（4 c）で計算できる。ただし、C 1 点が D 1 点を基準として B 1 点側にあるとき $Z 1 2$ を正值、C 1 点が反対側にあるとき $Z 1 2$ を負値として扱う。

【0091】

【数 2】

$$\frac{1}{S1} + \frac{1}{S2} = \frac{1}{f1} \quad \text{---- (4 a)}$$

20

$$S1 = S10 + \alpha 1 \cdot S1 \cdot \Delta T \quad \text{---- (4 b)}$$

$$S2 = S20 + (\alpha 3 \cdot Z13 + \alpha 5 \cdot Z14 - \alpha 1 \cdot Z11 - \alpha 2 \cdot Z12) \cdot \Delta T \quad \text{---- (4 c)}$$

【0092】

図 1 7 は熱伸縮における理想値と実験値の差を示す図である。横軸には温度変化、縦軸には熱伸縮における理想値と実験値の差を示している。基準温度 $\pm 60^\circ\text{C}$ の温度範囲に対して、式（4 c）で算出した $S 2$ （熱伸縮値）からレンズ結合式（4 a）を満足すべき $S 1$ （理想値）を求め、これとは別に式（4 b）で $S 1$ （熱伸縮値）を求め、「 $S 1$ （理想値）－ $S 1$ （熱伸縮値）」を表したグラフである。 30

【0093】

この結果から、図 1 6 による数値に設定すると、 $S 1$ （熱伸縮値）は $0.04 \mu\text{m}$ 以下の誤差で理想値と略等しい値になることがわかる。すなわち、光導波路チップ 2 3、レンズ 2 6 及び光ファイバ 4 2 の光軸方向距離は、基準温度 $\pm 60^\circ\text{C}$ の温度範囲に対して、常にレンズ結合式（4 a）を満足する関係にあるので、温度変化に対する特性変動（光軸方向の変動による光結合特性の変動）を抑えることができる。 40

【0094】

次に第 3 の実施の形態の光集積デバイスについて説明する。図 1 8 は第 3 の実施の形態の光集積デバイスの構造を示す図である。第 3 の実施の形態の光集積デバイス 2－3 は、光素子ユニット、光導波路ユニット 2 0－3、パッケージ 3 0、光ファイバユニット 4 0－2 から構成される。なお、光素子ユニットは、第 1 の実施の形態の光集積デバイス 2－1 の光素子ユニット 1 0 と同じであり、図示を省略した。

【0095】

また、第 3 の実施の形態の光集積デバイス 2－3 は、図 1 5 で上述した第 2 の実施の形態の光集積デバイス 2－2 と基本構造は同じであり、構造の異なる点は第 2 の実施の形態ではホルダ 2 1 にレンズ 2 6 が搭載されていたが、第 3 の実施の形態ではホルダ 2 2 に搭 50

載される点である。

【0096】

光導波路チップ23はInP基板（熱膨張係数 $4.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ）からなる光導波路素子であり（以下、光導波路チップ23をInP光導波路素子23とも呼ぶ）、ホルダ21はInP光導波路素子と熱膨張係数が略等しい材料として、例えばKovar（熱膨張係数 $5.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ）を選択する。InP光導波路素子23は入出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ホルダ21に固定される。

【0097】

ホルダ22は、コの字型形状をしており、ホルダ21のサイドと擦り合わせ接触する程度に幅が設定されている。ホルダ21とホルダ22は、InP光導波路素子23の光導波路と略同一の高さの局所領域で、例えばレーザスポット溶接により固定される。このとき、ホルダ21の裏面が他の部品と接触しないように宙に浮いた状態となるように、ホルダ22の高さが設定されている。

10

【0098】

ここで、ホルダ22の構造や、ホルダ21、22の位置決め手段及びホルダ22とパッケージ内部底面の固定構造は、図4～図11で上述したバリエーションを適用することができる。

【0099】

レンズ26はホルダ27で保持され、ホルダ22上に固定される。ホルダ27は、ホルダ22と熱膨張係数を揃えるために同一の材料としAlloy42を選択する。レンズ26は、ホルダ27と少なくとも略光軸高さで固定され、例えばレーザスポット溶接で固定される。

20

【0100】

光ファイバ42は、ホルダ44（Alloy42）で保持され、光導波路と光軸調整した後に、パッケージ側壁の開口部32aに固定される。固定には、例えばレーザスポット溶接が選択でき、光軸と略同一高さで固定される。また、図示しない光電変換素子は、図3と同様な構成によりInP光導波路と光接続することができる。

【0101】

パッケージ30は、底面部31と側壁部32を異なる材料で構成し、底面部31を熱伝導率の大きいCuW-15（Cu15/W85）を選択する。また、側壁部32はホルダ22と熱膨張係数を揃えるために同一の材料とし、両者ともAlloy42を選択する。パッケージの底面と側壁は、例えば金属ロウ材によってロウ付けされる。

30

【0102】

このように、光集積デバイス2-3は、図示しない温度制御素子（TEC）は熱伝導率の大きいCuW上に搭載されるので、放熱性が確保できる。また、InP光導波路素子23の熱膨張係数が $4.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、パッケージ底面（CuW）の熱膨張係数が $6.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ と、その値に違いがあっても局所固定によって熱膨張の不整合による過剰な応力印加やクラックを回避することができる。

【0103】

また、ホルダ22及びホルダ27はいずれも熱膨張係数が略等しい材料であるので、熱膨張による伸縮が生じてInP光導波路とレンズ26の変動は共通の上下微動となるので温度変化による両者の光軸ずれを回避することができる。

40

【0104】

また、InP光導波路素子23と光ファイバ42はいずれも同一材料（Alloy42）で支持されているので、熱膨張による伸縮が生じてその変動は共通の上下微動となるので温度変化による光軸ずれを回避することができる。この結果、光導波路とレンズ26及び光ファイバ42の光軸は、熱膨張による伸縮が生じてその変動は共通の上下微動となるので温度変化による光軸ずれを回避することができる。

【0105】

次に光集積デバイス2-3の詳細設計について説明する。パラメータである各部品の長

50

さ及び固定点の位置の符号を以下のように決める。

レンズ 2 6 の焦点距離を f_1 とし、ホルダ 2 7 によるレンズ 2 6 の中心保持部である A 2 点と、レンズ 2 6 と光接続する光導波路チップ 2 3 の端面位置である B 2 点との間の光軸方向距離を S_1 とする。

【0106】

また、B 2 点と、ホルダ 2 1 とホルダ 2 2 の固定点である C 2 点との間の光軸方向距離を Z_{20} とし、A 2 点と C 2 点との間の光軸方向距離を Z_{21} とし、C 2 点と、ホルダ 2 2 と底面部 3 1 との固定点である D 2 点との間の光軸方向距離を Z_{22} とする。

【0107】

さらに、A 2 点と D 2 点との間の光軸方向距離を Z_{23} とし、D 2 点と、光ファイバ 4 2 が固定される側壁部 3 2 の位置である E 2 点との間の光軸方向距離を Z_{24} とし、E 2 点と、ホルダ 4 4 による光ファイバ 4 2 の先端保持位置である F 2 点との間の光軸方向距離を Z_{25} とする。

【0108】

そして、A 2 点と F 2 点との間の光軸方向距離を S_2 、光導波路チップ 2 3 及びホルダ 2 1 の熱膨張係数を α_1 、ホルダ 2 2 の熱膨張係数を α_2 、底面部 3 1 の熱膨張係数を α_3 、ホルダ 4 4 の熱膨張係数を α_5 とし、基準温度における S_1 と S_2 をそれぞれ S_{10} と S_{20} 、基準温度からの温度変化を ΔT とする。

【0109】

ここで、InP 光導波路素子 2 3 は長さ 10 mm、レンズ 2 6 は焦点距離 $f_1 = 1$ mm のものを選択する。InP 光変調素子 2 3 のスポットサイズは約 $1 \mu\text{m}$ 、光ファイバのスポットサイズは約 $4.5 \mu\text{m}$ であるので、レンズ 2 6 による結合系をビーム倍率 4 倍にし、InP 光導波路素子 2 3 の端面からレンズ 2 6 の主点までの距離 S_1 を 1.25 mm、レンズ 2 6 の主点から光ファイバ端面までの距離 S_2 を 5 mm に設定する。さらに、図 19 にパラメータの具体数値を示す。図では、区間、区間に使用される材料、材料の熱膨張係数、光軸方向距離が示されている（後述の条件式 (5a) ~ (5c) を考慮して数値は決定した）。

【0110】

各部品の材料、長さ及び固定点の位置を上記のように設定したとき、レンズ結合の公式は式 (5a) で、 S_1 と S_2 の熱伸縮値は式 (5b)、式 (5c) で計算できる。ただし、C 2 点が D 2 点を基準として B 2 点側にあるとき、 Z_{22} を正值とし、C 2 点が反対側にあるときは Z_{22} を負値として扱う。

【0111】

【数 3】

$$\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} = \frac{1}{f_1} \quad \text{---- (5a)}$$

$$S_1 = S_{10} + (\alpha_2 \cdot Z_{21} - \alpha_1 \cdot Z_{20}) \cdot \Delta T \quad \text{---- (5b)}$$

$$S_2 = S_{20} + (\alpha_3 \cdot Z_{24} + \alpha_5 \cdot Z_{25} - \alpha_2 \cdot Z_{23}) \cdot \Delta T \quad \text{---- (5c)}$$

【0112】

図 20 は熱伸縮における理想値と実験値の差を示す図である。横軸には温度変化、縦軸には熱伸縮における理想値と実験値の差を示している。基準温度 $\pm 60^\circ\text{C}$ の温度範囲に対して、式 (5c) で算出した S_2 (熱伸縮値) からレンズ結合式 (5a) を満足すべき S_1 (理想値) を求め、これとは別に式 (5b) で S_1 (熱伸縮値) を求め、「 S_1 (理想値) - S_1 (熱伸縮値)」を表したグラフである。

【0113】

この結果から、図 19 による数値に設定すると、 S_1 (熱伸縮値) は $0.03 \mu\text{m}$ 以下

10

20

30

40

50

の誤差で理想値と略等しい値になることがわかる。すなわち、光導波路チップ23、レンズ26及び光ファイバ42の光軸方向距離は、基準温度 $\pm 60^{\circ}\text{C}$ の温度範囲に対して、常にレンズ結合式(5a)を満足する関係にあるので、温度変化に対する特性変動(光軸方向の変動による光結合特性の変動)を抑えることができる。

【0114】

次に第4の実施の形態の光集積デバイスについて説明する。図21は第4の実施の形態の光集積デバイスの構造を示す図である。第4の実施の形態の光集積デバイス2-4は、光素子ユニット、第1の光導波路ユニット(光導波路ユニット20a)、第2の光導波路ユニット(光導波路ユニット20b)、パッケージ30、光ファイバユニット40-1から構成される。なお、光素子ユニットは、第1の実施の形態の光集積デバイス2-1の光素子ユニット10と同じであり、図示を省略した。

10

【0115】

第4の実施の形態の光集積デバイス2-4は、パッケージ30内に2つの光導波路ユニット20a、20bを含み、光導波路ユニット20aには、第2の実施の形態の光導波路ユニット20-2を用いたものである。

【0116】

なお、第1のホルダはホルダ21a、第2のホルダはホルダ22a、第3のホルダはホルダ27、第4のホルダはホルダ21b、第5のホルダはホルダ22b、第6のホルダはホルダ43、第7のホルダはホルダ44に対応する。

【0117】

20

光導波路ユニット20aに対し、光導波路チップ23aはInP基板(熱膨張係数 $4.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)からなる光導波路素子であり(以下、InP光導波路素子23aとも呼ぶ)、ホルダ21aはInP光導波路素子23aと熱膨張係数が略等しい材料として、例えばKovar(熱膨張係数 $5.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)を選択する。InP光導波路素子23aは、入出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ホルダ21aに固定される。

【0118】

ホルダ22aは、コの字型形状をしており、ホルダ21aのサイドと擦り合わせ接触する程度に幅が設定されている。ホルダ21aとホルダ22aは、InP光導波路素子23aの光導波路と略同一の高さの局所領域で、例えばレーザスポット溶接により固定される。このとき、ホルダ21aの裏面が他の部品と接触しないように宙に浮いた状態となるように、ホルダ22aの高さが設定されている。

30

【0119】

レンズ26はホルダ27で保持され、光導波路ユニット20aの光導波路(InP)と光導波路ユニット20bの光導波路(LN)が光接続するように光軸調整した後に、ホルダ21a上に固定される。

【0120】

ホルダ27は、ホルダ21aと熱膨張係数を揃えるために同一の材料としKovarを選択する。レンズ26は、ホルダ27と略光軸高さで固定され、例えばレーザスポット溶接が選択できる。なお、図示しない光電変換素子は、図3と同様の構成によりLN光導波路と光接続することができる。

40

【0121】

ここで、ホルダ22aの構造や、ホルダ21a、22aの位置決め手段及びホルダ22bとパッケージ内部底面の固定構造は、図4～図11で上述したバリエーションを適用することができる。

【0122】

光導波路ユニット20bに対し、光導波路チップ23bはLN基板(熱膨張係数 $16.7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)からなる光変調素子であり(以下、LN光変調素子23bとも呼ぶ)、ホルダ21bはLN光変調素子23b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 $17.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)を選択する。

【0123】

50

LN光変調素子23bは、入出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ホルダ21bに固定される。ホルダ22bは、コの字型形状をしており、ホルダ21bのサイドと擦り合わせ接触する程度に幅が設定されている。ホルダ21bとホルダ22bは、LN光変調素子23bの光導波路と略同一の高さの局所領域で、例えばレーザスポット溶接により固定される。このとき、ホルダ21bの裏面が他の部品と接触しないように宙に浮いた状態となるように、ホルダ22bの高さが設定されている。

【0124】

ここで、ホルダ22bの構造や、ホルダ21b、22bの位置決め手段及びホルダ22bとパッケージ内部底面の固定構造は、図4～図11で上述したバリエーションを適用することができる。

10

【0125】

光ファイバユニット40-1に対し、レンズ41及び光ファイバ42は、それぞれホルダ43及びホルダ44で保持され、光導波路と光軸調整した後に、パッケージ側壁の開口部32aに固定される（固定には、例えばレーザスポット溶接が選択でき、光軸と略同一高さで固定される）。

【0126】

パッケージ30は、底面部31と側壁部32を異なる材料で構成し、底面部31を熱伝導率の大きいCuW-20 (Cu20/W80)を選択する。また、側壁部32はホルダ22a及びホルダ22bと熱膨張係数を揃えるために同一の材料とし、三者ともKovarを選択する。パッケージの底面と側壁は、例えば金属ロウ材によってロウ付けされる。

20

【0127】

このように、光集積デバイス2-4では、図示しない温度制御素子(TEC)は熱伝導率の大きいCuW上に搭載されるので、放熱性が確保できる。また、LN光変調素子23bの熱膨張係数が $16.7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、InP光導波路素子23aの熱膨張係数が $4.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、パッケージ底面(CuW)の熱膨張係数が $8.1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ と、その値に違いがあっても局所固定によって熱膨張の不整合による過剰な応力印加やクラックを回避することができる。

【0128】

また、InP光導波路素子23aと、ホルダ21a及びホルダ27はいずれも熱膨張係数が略等しい材料であるので、熱膨張による伸縮が生じてInP光導波路とレンズ26の相対高さはほとんど変化しないので温度変化による両者の光軸ずれを回避することができる。また、InP光導波路素子23a、LN光変調素子23b、レンズ41及び光ファイバ42はいずれも同一材料(Kovar)で支持されているので、熱膨張による伸縮が生じてその変動は共通の上下微動となるので温度変化による光軸ずれを回避することができる。

30

【0129】

この結果、InP光導波路-レンズ26-LN光導波路-レンズ41-光ファイバ42の光軸は、熱膨張による伸縮が生じてその変動は共通の上下微動となるので温度変化による光軸ずれを回避することができる。

【0130】

次に光集積デバイス2-4の詳細設計について説明する。パラメータである各部品の長さ及び固定点の位置の符号を以下のように決める。

40

レンズ41の焦点距離を f_1 とし、ホルダ21bとホルダ22bの固定点であるA点と、レンズ41と光接続する光導波路チップ23bの端面位置であるB点との間の光軸方向距離を Z_1 とする。

【0131】

また、A点と、ホルダ22bと底面部31との固定点であるC点との間の光軸方向距離を Z_2 とし、C点と、レンズ41が固定される側壁部32の位置であるD点との間の光軸方向距離を Z_3 とする。

【0132】

さらに、D点と、ホルダ43によるレンズ41の中心保持部であるE点との間の光軸方

50

向距離をZ4とし、E点と、ホルダ43とホルダ44の固定点であるF点との間の光軸方向距離をZ5とし、F点と、ホルダ44による光ファイバ42の先端保持位置であるG点との間の光軸方向距離をZ6とする。

【0133】

そして、B点とE点との間の光軸方向距離をS1、E点とG点との間の光軸方向距離をS2、光導波路チップ23bの熱膨張係数を $\alpha 1$ 、ホルダ22bの熱膨張係数を $\alpha 2$ 、底面部31の熱膨張係数を $\alpha 3$ 、ホルダ43の熱膨張係数を $\alpha 4$ 、ホルダ44の熱膨張係数を $\alpha 5$ とし、基準温度におけるS1とS2をそれぞれS10とS20、基準温度からの温度変化を ΔT とする。

【0134】

ここで、InP光導波路素子23aは長さ10mm、LN光変調素子23bの長さは44.5mm、レンズ41は焦点距離 $f1 = 4\text{mm}$ 、レンズ26は焦点距離 $f2 = 1\text{mm}$ のものを選択する。LN光導波路ーレンズ41ー光ファイバ42の結合に関しては、LN光変調素子23bのスポットサイズが約 $4\mu\text{m}$ 、光ファイバ42のスポットサイズが約 $4.5\mu\text{m}$ であるので、レンズ26による結合系をビーム倍率1倍にし、LN光変調素子23bの端面からレンズ41の主点までの距離S1を8mm、レンズ41の主点から光ファイバ端面までの距離S2を8mmに設定する。さらに、図22にパラメータの具体数値を示す。図では、区間、区間に使用される材料、材料の熱膨張係数、光軸方向距離が示されている（第1の実施の形態の条件式(3a)～(3c)を考慮して数値は決定した）。

【0135】

各部品の材料、長さ及び固定点の位置を上記のように設定したとき、レンズ結合の公式は式(3a)で、S1とS2の熱伸縮値は式(3b)、式(3c)で計算できる。ただし、A点がC点を基準としてB点側にあるとき、Z2を正值とし、A点が反対側にあるときはZ2を負値として扱う。

【0136】

図23は熱伸縮における理想値と実験値の差を示す図である。横軸には温度変化、縦軸には熱伸縮における理想値と実験値の差を示している。基準温度 $\pm 60^\circ\text{C}$ の温度範囲に対して、式(3c)で算出したS2（熱伸縮値）からレンズ結合式(3a)を満足すべきS1（理想値）を求め、これとは別に式(3b)でS1（熱伸縮値）を求め、「S1（理想値）－S1（熱伸縮値）」を表したグラフである。

【0137】

この結果から、図22による数値に設定すると、S1（熱伸縮値）は $0.03\mu\text{m}$ 以下の誤差で理想値と略等しい値になることがわかる。すなわち、LN光導波路、レンズ41及び光ファイバ42の光軸方向距離は、基準温度 $\pm 60^\circ\text{C}$ の温度範囲に対して、常にレンズ結合式(3a)を満足する関係にあるので、温度変化に対する特性変動（光軸方向の変動による光結合特性の変動）を抑えることができる。

【0138】

一方、InP光導波路ーレンズ26ーLN光導波路の結合に関しては、レンズ26の焦点距離を $f2$ とし、ホルダ27によるレンズ26の中心保持部であるA3点と、レンズ26と光接続する光導波路チップ23aの端面位置であるB3点との間の光軸方向距離をS3とする。

【0139】

また、B3点と、ホルダ21aとホルダ22aの固定点であるC3点との間の光軸方向距離をZ40とし、A3点とC3点との間の光軸方向距離をZ41とし、C3点と、ホルダ22aとパッケージ底面との固定点であるD3点との間の光軸方向距離をZ42とする。

【0140】

さらに、レンズ26と光接続する光導波路チップ23bの端面位置であるE3点と、ホルダ21bとホルダ22bの固定点であるF3点との間の光軸方向距離をZ44とし、F3点と、ホルダ22bとパッケージ底面との固定点であるG3点との間の光軸方向距離を

10

20

30

40

50

Z 4 5とする。

【0 1 4 1】

そして、A 3点とE 3点との間の光軸方向距離をS 4とし、D 3点とG 3点との間の光軸方向距離をZ 4 3とし、光導波路チップ2 3 a及びホルダ2 1 aの熱膨張係数を αa 、ホルダ2 2 a及びホルダ2 2 bの熱膨張係数を $\alpha 2$ 、パッケージ底面の熱膨張係数を $\alpha 3$ 、光導波路チップ2 3 b及びホルダ2 1 bの熱膨張係数を αb とし、基準温度におけるS 3、S 4をそれぞれS 3 0、S 4 0、基準温度からの温度変化を ΔT とする。

【0 1 4 2】

ここで、InP光導波路素子のスポットサイズが約1 μm 、LN光変調素子2 3 bのスポットサイズが約4 μm であるので、レンズ2 6による結合系をビーム倍率4倍にし、InP光導波路素子2 3 aの端面からレンズ2 6の主点までの距離S 3を1. 2 5 mm、レンズ2 6の主点から光導波路端面までの距離S 4を5 mmに設定する。さらに、図2 4にパラメータの具体数値を示す。図では、区間、区間に使用される材料、材料の熱膨張係数、光軸方向距離が示されている（後述の条件式(6 a)～(6 c)を考慮して数値は決定した）。

10

【0 1 4 3】

各部品の材料、長さ及び固定点の位置を上記のように設定したとき、レンズ結合の公式は式(6 a)で、S 1とS 2の熱伸縮値は式(6 b)、式(6 c)で計算できる。ただし、C 3点がD 3点を基準としてB 3点側にあるときZ 4 2を正值、C 3点が反対側にあるときZ 4 2を負値として扱う。また、F 3点がG 3点を基準としてE 3点側にあるときZ 4 5を正值、F 3点が反対側にあるときZ 4 5を負値として扱う。

20

【0 1 4 4】

【数4】

$$\frac{1}{S3} + \frac{1}{S4} = \frac{1}{f2} \quad \text{---- (6 a)}$$

$$S3 = S30 + \alpha a \cdot S3 \cdot \Delta T \quad \text{---- (6 b)}$$

$$S4 = S40 + (\alpha 3 \cdot Z43 - \alpha a \cdot Z41 - \alpha 2 \cdot Z42 - \alpha b \cdot Z44 - \alpha 2 \cdot Z45) \cdot \Delta T \quad \text{---- (6 c)}$$

30

【0 1 4 5】

図2 5は熱伸縮における理想値と実験値の差を示す図である。横軸には温度変化、縦軸には熱伸縮における理想値と実験値の差を示している。基準温度 $\pm 60^\circ C$ の温度範囲に対して、式(6 c)で算出したS 4(熱伸縮値)からレンズ結合式(6 a)を満足すべきS 4(理想値)を求め、これとは別に式(6 b)でS 4(熱伸縮値)を求め、「S 4(理想値)－S 4(熱伸縮値)」を表したグラフである。

【0 1 4 6】

この結果から、図2 4による数値に設定すると、S 4(熱伸縮値)は0. 0 3 μm 以下の誤差で理想値と略等しい値になることがわかる。すなわち、InP光導波路、レンズ2 6及びLN光導波路の光軸方向距離は、基準温度 $\pm 60^\circ C$ の温度範囲に対して、常にレンズ結合式(6 a)を満足する関係にあるので、温度変化に対する特性変動(光軸方向の変動による光結合特性の変動)を抑えることができる。

40

【0 1 4 7】

したがって、「LN光導波路－レンズ4 1－光ファイバ4 2」の結合系と、「InP光導波路－レンズ2 6－LN光導波路」の結合系の光軸方向距離は、温度変化があっても常に同時にレンズ結合公式を満足することができるので、温度変化に対する特性変動(光軸方向の変動による光結合特性の変動)を抑えることができる。

【0 1 4 8】

50

次に第5の実施の形態の光集積デバイスについて説明する。図26は第5の実施の形態の光集積デバイスの構造を示す図である。第5の実施の形態の光集積デバイス2-5は、光素子ユニット、第1の光導波路ユニット（光導波路ユニット20c）、第2の光導波路ユニット（光導波路ユニット20d）、パッケージ30、光ファイバユニット40-1から構成される。なお、光素子ユニットは、第1の実施の形態の光集積デバイス2-1の光素子ユニット10と同じであり、図示を省略した。

【0149】

なお、第5の実施の形態の光集積デバイス2-5は、パッケージ30内に2つの光導波路ユニット20c、20dを含み、光導波路ユニット20cには、第3の実施の形態の光導波路ユニット20-3を用いたものである。

10

【0150】

なお、第1のホルダはホルダ21c、第2のホルダはホルダ22c、第3のホルダはホルダ27、第4のホルダはホルダ21d、第5のホルダはホルダ22d、第6のホルダはホルダ43、第7のホルダはホルダ44に対応する。

【0151】

光導波路ユニット20cに対し、光導波路チップ23cはInP基板（熱膨張係数 $4.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ）からなる光導波路素子であり（以下、InP光導波路素子23cとも呼ぶ）、ホルダ21cはInP光導波路素子23cと熱膨張係数が略等しい材料として、例えばKovar（熱膨張係数 $5.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ）を選択する。InP光導波路素子23cは、入出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ホルダ21cに固定される。

20

【0152】

ホルダ22cは、コの字型形状をしており、ホルダ21cのサイドと擦り合わせ接触する程度に幅が設定されている。ホルダ21cとホルダ22cは、InP光導波路素子23cの光導波路と略同一の高さの局所領域で、例えばレーザスポット溶接により固定される。このとき、ホルダ21cの裏面が他の部品と接触しないように宙に浮いた状態となるように、ホルダ22cの高さが設定されている。

【0153】

レンズ26はホルダ27で保持され、光導波路ユニット20cの光導波路（InP）と光導波路ユニット20dの光導波路（LN）が光接続するように光軸調整した後に、ホルダ22c上に固定される。

30

【0154】

ホルダ27は、ホルダ22cと熱膨張係数を揃えるために同一の材料としKovarを選択する。レンズ26は、ホルダ27と略光軸高さで固定され、例えばレーザスポット溶接が選択できる。なお、図示しない光電変換素子は、図3と同様の構成によりInP光導波路と光接続することができる。

【0155】

ここで、ホルダ22cの構造や、ホルダ21c、22cの位置決め手段及びホルダ22cとパッケージ内部底面の固定構造は、図4～図11で上述したバリエーションを適用することができる。

【0156】

40

光導波路ユニット20dに対し、光導波路チップ23dはLN基板（熱膨張係数 $16.7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ）からなる光変調素子であり（以下、LN光変調素子23dとも呼ぶ）、ホルダ21dはLN光変調素子23d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 $17.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ）を選択する。

【0157】

LN光変調素子23dは、入出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ホルダ21dに固定される。ホルダ22dは、コの字型形状をしており、ホルダ21dのサイドと擦り合わせ接触する程度に幅が設定されている。ホルダ21dとホルダ22dは、LN光変調素子23dの光導波路と略同一の高さの局所領域で、例えばレーザスポット溶接により固定される。このとき、ホルダ21dの裏面が他の部品と接触しないよう

50

に宙に浮いた状態となるように、ホルダ 2 2 d の高さが設定されている。

【0158】

ここで、ホルダ 2 2 d の構造や、ホルダ 2 1 d、2 2 d の位置決め手段及びホルダ 2 2 d とパッケージ内部底面の固定構造は、図 4～図 1 1 で上述したバリエーションを適用することができる。

【0159】

光ファイバユニット 4 0-1 に対し、レンズ 4 1 及び光ファイバ 4 2 は、それぞれホルダ 4 3 及びホルダ 4 4 で保持され、光導波路と光軸調整した後に、パッケージ側壁の開口部 3 2 a に固定される（固定には、例えばレーザスポット溶接が選択でき、光軸と略同一高さで固定される）。

10

【0160】

パッケージ 3 0 は、底面部 3 1 と側壁部 3 2 を異なる材料で構成し、底面部 3 1 を熱伝導率の大きい CuW-20 (Cu20/W80) を選択する。また、側壁部 3 2 はホルダ 2 2 c 及びホルダ 2 2 d と熱膨張係数を揃えるために同一の材料とし、三者とも Kovar を選択する。パッケージの底面と側壁は、例えば金属ロウ材によってロウ付けされる。

【0161】

このように、光集積デバイス 2-5 の構成では、TEC（図示せず）は熱伝導率の大きい CuW 上に搭載されるので、放熱性が確保できる。また、LN 光変調素子 2 3 d の熱膨張係数が $16.7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、InP 光導波路素子 2 3 c の熱膨張係数が $4.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、パッケージ底面 (CuW) の熱膨張係数が $8.1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ と、その値に違いがあっても局所固定によって熱膨張の不整合による過剰な応力印加やクラックを回避することができる。

20

【0162】

また、ホルダ 2 2 c 及びホルダ 2 7 はいずれも熱膨張係数が略等しい材料であるので、熱膨張による伸縮が生じても InP 光導波路とレンズ 2 6 の変動は共通の上下微動となるので温度変化による両者の光軸ずれを回避することができる。

【0163】

また、InP 光導波路素子 2 3 c、LN 光変調素子 2 3 d、レンズ 4 1 及び光ファイバ 4 2 はいずれも同一材料 (Kovar) で支持されているので、熱膨張による伸縮が生じてもその変動は共通の上下微動となるので温度変化による光軸ずれを回避することができる。

30

【0164】

この結果、InP 光導波路-レンズ 2 6-LN 光導波路-レンズ 4 1-光ファイバ 4 2 の光軸は、熱膨張による伸縮が生じてもその変動は共通の上下微動となるので温度変化による光軸ずれを回避することができる。

【0165】

次に光集積デバイス 2-5 の詳細設計について説明する。パラメータである各部品の長さ及び固定点の位置の符号を以下のように決める。

レンズ 4 1 の焦点距離を f_1 とし、ホルダ 2 1 d とホルダ 2 2 d の固定点である A 点と、レンズ 4 1 と光接続する光導波路チップ 2 3 d の端面位置である B 点との間の光軸方向距離を Z_1 とする。

40

【0166】

また、A 点と、ホルダ 2 2 d と底面部 3 1 との固定点である C 点との間の光軸方向距離を Z_2 とし、C 点と、レンズ 4 1 が固定される側壁部 3 2 の位置である D 点との間の光軸方向距離を Z_3 とする。

【0167】

さらに、D 点と、ホルダ 4 3 によるレンズ 4 1 の中心保持部である E 点との間の光軸方向距離を Z_4 とし、E 点と、ホルダ 4 3 とホルダ 4 4 の固定点である F 点との間の光軸方向距離を Z_5 とし、F 点と、ホルダ 4 4 による光ファイバ 4 2 の先端保持位置である G 点との間の光軸方向距離を Z_6 とする。

【0168】

50

そして、B点とE点との間の光軸方向距離を S_1 、E点とG点との間の光軸方向距離を S_2 、光導波路チップ23dの熱膨張係数を α_1 、ホルダ22dの熱膨張係数を α_2 、底面部31の熱膨張係数を α_3 、ホルダ43の熱膨張係数を α_4 、ホルダ44の熱膨張係数を α_5 とし、基準温度における S_1 と S_2 をそれぞれ S_{10} と S_{20} 、基準温度からの温度変化を ΔT とする。

【0169】

ここで、InP光導波路素子23cは長さ10mm、LN光変調素子23dの長さは50mm、レンズ41は焦点距離 $f_1 = 4\text{mm}$ 、レンズ26の焦点距離は $f_2 = 1\text{mm}$ のものを選択する。。

【0170】

LN光導波路ーレンズ41ー光ファイバ42の結合に関しては、LN光変調素子23dのスポットサイズが約 $4\mu\text{m}$ 、光ファイバ42のスポットサイズが約 $4.5\mu\text{m}$ であるので、レンズ41による結合系をビーム倍率1倍にし、LN光変調素子23dの端面からレンズ41の主点までの距離 S_1 を8mm、レンズ41の主点から光ファイバ端面までの距離 S_2 を8mmに設定する。さらに、図27にパラメータの具体数値を示す。図では、区間、区間に使用される材料、材料の熱膨張係数、光軸方向距離が示されている（第1の実施の形態の条件式(3a)～(3c)を考慮して数値は決定した）。

【0171】

各部品の材料、長さ及び固定点の位置を上記のように設定したとき、レンズ結合の公式は式(3a)で、 S_1 と S_2 の熱伸縮値は式(3b)、式(3c)で計算できる。

図28は熱伸縮における理想値と実験値の差を示す図である。横軸には温度変化、縦軸には熱伸縮における理想値と実験値の差を示している。基準温度 $\pm 60^\circ\text{C}$ の温度範囲に対して、式(3c)で算出した S_2 （熱伸縮値）からレンズ結合式(3a)を満足すべき S_1 （理想値）を求め、これとは別に式(3b)で S_1 （熱伸縮値）を求め、「 S_1 （理想値）－ S_1 （熱伸縮値）」を表したグラフである。

【0172】

この結果から、図27による数値に設定すると、 S_1 （熱伸縮値）は $0.03\mu\text{m}$ 以下の誤差で理想値と略等しい値になることがわかる。すなわち、LN光導波路、レンズ41及び光ファイバ42の光軸方向距離は、基準温度 $\pm 60^\circ\text{C}$ の温度範囲に対して、常にレンズ結合式(3a)を満足する関係にあるので、温度変化に対する特性変動（光軸方向の変動による光結合特性の変動）を抑えることができる。

【0173】

一方、InP光導波路ーレンズ26ーLN光導波路の結合に関しては、レンズ26の焦点距離を f_2 とし、ホルダ27によるレンズ26の中心保持部であるA4点と、レンズ26と光接続する光導波路チップ23cの端面位置であるB4点との間の光軸方向距離を S_3 とする。

【0174】

また、B4点と、ホルダ21cとホルダ22cの固定点であるC4点との間の光軸方向距離を Z_{50} とし、A4点とC4点との間の光軸方向距離を Z_{51} とし、C4点と、ホルダ22cとパッケージ底面との固定点であるD4点との間の光軸方向距離を Z_{52} とする。

【0175】

さらに、レンズ26と光接続する光導波路チップ23dの端面位置であるE4点と、ホルダ21dとホルダ22dの固定点であるF4点との間の光軸方向距離を Z_{55} とし、F4点と、ホルダ22dとパッケージ底面との固定点であるG4点との間の光軸方向距離を Z_{56} とする。

【0176】

そして、A4点とE4点との間の光軸方向距離を S_4 とし、D4点とG4点との間の光軸方向距離を Z_{54} とし、光導波路チップ23c及びホルダ21cの熱膨張係数を α_a 、ホルダ22c及びホルダ22dの熱膨張係数を α_2 、パッケージ底面の熱膨張係数を α_3

10

20

30

40

50

、光導波路チップ23d及びホルダ21dの熱膨張係数を αb とし、基準温度におけるS3、S4をそれぞれS30、S40、基準温度からの温度変化を ΔT とする。

【0177】

InP光導波路素子23cのスポットサイズが約1 μm 、LN光変調素子23dのスポットサイズが約4 μm であるので、レンズ26による結合系をビーム倍率4倍にし、InP光導波路素子23cの端面からレンズ26の主点までの距離S3を1.25mm、レンズ26の主点から光導波路チップ23dの端面までの距離S4を5mmに設定する。さらに、図29にパラメータの具体数値を示す。図では、区間、区間に使用される材料、材料の熱膨張係数、光軸方向距離が示されている（後述の条件式(7a)～(7c)を考慮して数値は決定した）。

10

【0178】

各部品の材料、長さ及び固定点の位置を上記のように設定したとき、レンズ結合の公式は式(7a)で、S1とS2の熱伸縮値は式(7b)、式(7c)で計算できる。ただし、C4点がD4点を基準としてB4点側にあるときZ52を正值、C4点が反対側にあるときZ52を負値として扱う。また、F4点がG4点を基準としてE4点側にあるときZ56を正值、F4点が反対側にあるときZ56を負値として扱う。

【0179】

【数5】

$$\frac{1}{S3} + \frac{1}{S4} = \frac{1}{f2} \quad \text{---- (7a)}$$

20

$$S3 = S30 + (\alpha 2 \cdot Z51 - \alpha a \cdot Z50) \cdot \Delta T \quad \text{---- (7b)}$$

$$S4 = S40 + (\alpha 3 \cdot Z54 - \alpha 2 \cdot Z53 - \alpha 2 \cdot Z56 - \alpha b \cdot Z55) \cdot \Delta T \quad \text{---- (7c)}$$

【0180】

図30は熱伸縮における理想値と実験値の差を示す図である。横軸には温度変化、縦軸には熱伸縮における理想値と実験値の差を示している。基準温度 $\pm 60^\circ C$ の温度範囲に対して、式(7c)で算出したS4（熱伸縮値）からレンズ結合式(7a)を満足すべきS4（理想値）を求め、これとは別に式(7b)でS1（熱伸縮値）を求め、「S4（理想値）－S4（熱伸縮値）」を表したグラフである。

30

【0181】

この結果から、図29による数値に設定すると、S4（熱伸縮値）は0.03 μm 以下の誤差で理想値と略等しい値になることがわかる。すなわち、InP光導波路、レンズ26、LN光導波路の光軸方向距離は、基準温度 $\pm 60^\circ C$ の温度範囲に対して、常にレンズ結合式(7a)を満足する関係にあるので、温度変化に対する特性変動（光軸方向の変動による光結合特性の変動）を抑えることができる。

40

【0182】

したがって、「LN光導波路－レンズ41－光ファイバ42」の結合系と、「InP光導波路－レンズ26－LN光導波路」の結合系の光軸方向距離は、温度変化があっても常に同時にレンズ結合公式を満足することができるので、温度変化に対する特性変動（光軸方向の変動による光結合特性の変動）を抑えることができる。

【0183】

以上説明したように、光集積デバイス2-1～2-5により、放熱性を確保でき、熱膨張の不整合による過剰な応力印加やクラックの発生を回避でき、温度変化や振動・衝撃等の外的要因により生じる特性変動（光軸ずれ）を回避できる。また、光デバイスの集積小型化、低コスト化、高機能化に寄与するところが大い。

50

【0184】

(付記1) 光学部品が同一パッケージに内蔵された光集積デバイスにおいて、
光信号の変調を行う光導波路チップと、光ファイバと、前記光導波路チップと固定して、前記光ファイバを挿入して固定する第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へ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パイプと、前記パイプに挿入して前記パイプの先端と気密固定し、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固定する第2のフェルールと、から構成され、

前記パッケージの熱膨張と前記パイプの熱膨張とにより生じる第1の伸縮量と、前記光ファイバの熱膨張と前記第2のフェルールの熱膨張とにより生じる第2の伸縮量とを一致させて、たわみを持たない前記光ファイバを前記パッケージ内に収納したことを特徴とする光集積デバイス。

10

【0185】

(付記2) 前記光導波路チップと前記光ファイバとの固定点であるP1点から、前記パッケージの側壁外面までの距離をa、前記側壁外面から、前記第2のフェルールと前記パイプとの固定点であるP2点までの距離をb、前記パッケージの熱膨張係数を $\alpha 1$ 、前記パイプの熱膨張係数を $\alpha 2$ 、デバイス製造時の温度差を ΔT とした場合に、

$$\Delta L 1 = \alpha 1 \times a \times \Delta T + \alpha 2 \times b \times \Delta T \quad \cdots \cdots (1)$$

で求められる前記第1の伸縮量である $\Delta L 1$ と、

P1点から、前記光ファイバと前記第2のフェルールとの接続点であるP3点までの距離をc、P3点からP2点までの距離をd、前記光ファイバの熱膨張係数を $\alpha 3$ 、前記第2のフェルールの熱膨張係数を $\alpha 4$ 、デバイス製造時の温度差を ΔT とした場合に、

$$\Delta L 2 = \alpha 3 \times c \times \Delta T + \alpha 4 \times d \times \Delta T \quad \cdots \cdots (2)$$

で求められる前記第2の伸縮量である $\Delta L 2$ と、が略等しいことを特徴とする付記1記載の光集積デバイス。

20

【0186】

(付記3) 光学部品を同一パッケージに内蔵して光集積デバイスを製造する光集積デバイス製造方法において、

第1のフェルールに光ファイバを挿入して固定し、前記第1のフェルールを、光信号の変調を行う光導波路チップに固定し、

30

前記光ファイバを外部へ通すための開口部が側壁に設けられたパッケージに対して、前記光導波路チップ及び前記第1のフェルールを内蔵させ、

前記開口部の周りにパイプを気密固定し、

第2のフェルールを前記パイプに挿入して前記パイプの先端と気密固定し、

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、前記第2のフェルールに挿入して固定し、

前記光導波路チップと前記光ファイバとの固定点であるP1点から、前記パッケージの側壁外面までの距離をa、前記側壁外面から、前記第2のフェルールと前記パイプとの固定点であるP2点までの距離をb、前記パッケージの熱膨張係数を $\alpha 1$ 、前記パイプの熱膨張係数を $\alpha 2$ 、デバイス製造時の温度差を ΔT とした場合に、前記パッケージの熱膨張と前記パイプの熱膨張とにより生じる第1の伸縮量である $\Delta L 1$ を、

40

$$\Delta L 1 = \alpha 1 \times a \times \Delta T + \alpha 2 \times b \times \Delta T \quad \cdots \cdots (1)$$

で求め、

P1点から、前記光ファイバと前記第2のフェルールとの接続点であるP3点までの距離をc、P3点からP2点までの距離をd、前記光ファイバの熱膨張係数を $\alpha 3$ 、前記第2のフェルールの熱膨張係数を $\alpha 4$ 、デバイス製造時の温度差を ΔT とした場合に、前記光ファイバの熱膨張と前記第2のフェルールの熱膨張とにより生じる第2の伸縮量である $\Delta L 2$ を、

$$\Delta L 2 = \alpha 3 \times c \times \Delta T + \alpha 4 \times d \times \Delta T \quad \cdots \cdots (2)$$

で求め、

50

前記第 1 の伸縮量と、前記第 2 の伸縮量とを一致させて、たわみを持たない前記光ファイバを前記パッケージ内に収納して製造することを特徴とする光集積デバイス製造方法。

【0187】

(付記 4) 光学部品が同一パッケージに内蔵された光集積デバイスにおいて、電気信号を光信号に変換する光電変換素子と、前記光電変換素子を温度制御する温度制御素子と、から構成され、前記光電変換素子をサブキャリアを介して前記温度制御素子の上に搭載する光素子ユニットと、

前記光電変換素子から出力された光信号の変調を行う光導波路チップと、前記光導波路チップを搭載し、前記光導波路チップの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つ第 1 のホルダと、前記第 1 のホルダのサイドを把持し、かつ前記第 1 のホルダの底面が他部品と接触しないように宙に浮いた状態を保つように、前記光導波路チップ上の光導波路と同一の高さの局所領域で前記第 1 のホルダと固定する第 2 のホルダと、から構成される光導波路ユニットと、

前記第 2 のホルダが内部底面に局所領域で固定し、前記温度制御素子が内部底面に固定し、熱伝導率が大きな材料で構成される底面部と、前記第 2 のホルダの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持ち、開口部が設けられた側壁部と、から構成されるパッケージと、

レンズと、光ファイバと、前記レンズを保持する第 3 のホルダと、前記光ファイバを保持し、前記第 3 のホルダに固定する第 4 のホルダと、から構成され、前記レンズが前記第 3 のホルダを介して前記側壁部の外部に固定され、前記開口部を通して前記光導波路チップと光接続する光ファイバユニットと、

を有することを特徴とする光集積デバイス。

【0188】

(付記 5) 前記レンズの焦点距離を f_1 とし、前記第 1 のホルダと前記第 2 のホルダの固定点である A 点と、前記レンズと光接続する前記光導波路チップの端面位置である B 点との間の光軸方向距離を Z_1 とし、A 点と、前記第 2 のホルダと前記底面部との固定点である C 点との間の光軸方向距離を Z_2 とし、C 点と、前記レンズが固定される前記側壁部の位置である D 点との間の光軸方向距離を Z_3 とし、D 点と、前記第 3 のホルダによる前記レンズの中心保持部である E 点との間の光軸方向距離を Z_4 とし、E 点と、前記第 3 のホルダと前記第 4 のホルダの固定点である F 点との間の光軸方向距離を Z_5 とし、F 点と、前記第 4 のホルダによる前記光ファイバの先端保持位置である G 点との間の光軸方向距離を Z_6 とし、B 点と E 点との間の光軸方向距離を S_1 、E 点と G 点との間の光軸方向距離を S_2 、前記光導波路チップの熱膨張係数を α_1 、前記第 2 のホルダの熱膨張係数を α_2 、前記底面部の熱膨張係数を α_3 、前記第 3 のホルダの熱膨張係数を α_4 、前記第 4 のホルダの熱膨張係数を α_5 とし、基準温度における S_1 と S_2 をそれぞれ S_{10} と S_{20} 、基準温度からの温度変化を ΔT とし、A 点が C 点を基準として B 点側にあるとき Z_2 を正値とし、A 点が反対側にあるときは Z_2 を負値として扱う場合に、

【0189】

【数 1】

$$\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} = \frac{1}{f_1} \quad \text{---- (3 a)}$$

$$S_1 = S_{10} + (\alpha_3 \cdot Z_3 + \alpha_4 \cdot Z_4 - \alpha_1 \cdot Z_1 - \alpha_2 \cdot Z_2) \cdot \Delta T$$

---- (3 b)

$$S_2 = S_{20} + (\alpha_4 \cdot Z_5 + \alpha_5 \cdot Z_6) \cdot \Delta T \quad \text{---- (3 c)}$$

【0190】

を満たすことを特徴とする付記 4 記載の光集積デバイス。

(付記6) 前記第1のホルダは凹部を有し、前記第2のホルダは凸部を有し、前記第1のホルダは、光導波路の高さを示す位置に、前記第2のホルダと嵌め合う際に突き当たる突起部を有し、前記第1のホルダと前記第2のホルダは、高さ方向にスライドして嵌め合って、前記突起部の局所領域で固定することを特徴とする付記4記載の光集積デバイス。

【0191】

(付記7) 前記パッケージの内部底面には、前記第2のホルダが搭載される部分に前記第2のホルダが接触しない凹部が設けられて、前記パッケージと前記第2のホルダとの接着面積を小さくしていることを特徴とする付記4記載の光集積デバイス。

【0192】

(付記8) 光学部品を同一パッケージに内蔵して光集積デバイスを製造する光集積デバイス製造方法において、

電気信号を光信号に変換する光電変換素子と、前記光電変換素子を温度制御する温度制御素子とに対して、前記光電変換素子をサブキャリアを介して前記温度制御素子の上に搭載し、

光信号の変調を行う光導波路チップの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つ第1のホルダで、前記光導波路チップを搭載し、

第2のホルダにより、前記第1のホルダのサイドを把持し、かつ前記第1のホルダの底面が他部品と接触しないように宙に浮いた状態を保つように、前記光導波路チップ上の光導波路と同一の高さの局所領域で前記第1のホルダと固定し、

前記第2のホルダをパッケージの内部底面に局所領域で固定し、

前記温度制御素子をパッケージの内部底面に固定し、

前記温度制御素子が接触するパッケージ底面の熱伝導率を大きな材料で構成し、

前記第2のホルダの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つパッケージ側壁に開口部を設け、

レンズを第3のホルダで保持し、

第4のホルダにより、光ファイバを保持して、前記第3のホルダに固定し、

前記レンズが前記第3のホルダを介して前記パッケージ側壁の外部に固定して、前記開口部を通して前記光導波路チップと光接続させ、

前記レンズの焦点距離を f_1 とし、前記第1のホルダと前記第2のホルダの固定点であるA点と、前記レンズと光接続する前記光導波路チップの端面位置であるB点との間の光軸方向距離を Z_1 とし、A点と、前記第2のホルダと前記底面部との固定点であるC点との間の光軸方向距離を Z_2 とし、C点と、前記レンズが固定される前記側壁部の位置であるD点との間の光軸方向距離を Z_3 とし、D点と、前記第3のホルダによる前記レンズの中心保持部であるE点との間の光軸方向距離を Z_4 とし、E点と、前記第3のホルダと前記第4のホルダの固定点であるF点との間の光軸方向距離を Z_5 とし、F点と、前記第4のホルダによる前記光ファイバの先端保持位置であるG点との間の光軸方向距離を Z_6 とし、B点とE点との間の光軸方向距離を S_1 、E点とG点との間の光軸方向距離を S_2 、前記光導波路チップの熱膨張係数を α_1 、前記第2のホルダの熱膨張係数を α_2 、前記底面部の熱膨張係数を α_3 、前記第3のホルダの熱膨張係数を α_4 、前記第4のホルダの熱膨張係数を α_5 とし、基準温度における S_1 と S_2 をそれぞれ S_{10} と S_{20} 、基準温度からの温度変化を ΔT とし、A点がC点を基準としてB点側にあるとき Z_2 を正值とし、A点が反対側にあるときは Z_2 を負値として扱う場合に、

【0193】

10

20

30

40

【数 1】

$$\frac{1}{S1} + \frac{1}{S2} = \frac{1}{f1} \quad \text{---- (3 a)}$$

$$S1 = S10 + (\alpha 3 \cdot Z3 + \alpha 4 \cdot Z4 - \alpha 1 \cdot Z1 - \alpha 2 \cdot Z2) \cdot \Delta T$$

---- (3 b)

$$S2 = S20 + (\alpha 4 \cdot Z5 + \alpha 5 \cdot Z6) \cdot \Delta T \quad \text{---- (3 c)}$$

10

【0194】

を満たすように製造することを特徴とする光集積デバイス製造方法。

(付記 9) 前記第 1 のホルダは凹部を有し、前記第 2 のホルダは凸部を有し、前記第 1 のホルダは、光導波路の高さを示す位置に、前記第 2 のホルダと嵌め合う際に突き当たる突起部を有し、前記第 1 のホルダと前記第 2 のホルダは、高さ方向にスライドして嵌め合っ、前記突起部の局所領域で固定することを特徴とする付記 8 記載の光集積デバイス製造方法。

【0195】

(付記 10) 前記パッケージの内部底面には、前記第 2 のホルダが搭載される部分に前記第 2 のホルダが接触しない凹部が設けられて、前記パッケージと前記第 2 のホルダとの接着面積を小さくしていることを特徴とする付記 8 記載の光集積デバイス製造方法。

20

【0196】

(付記 11) 光学部品が同一パッケージに内蔵された光集積デバイスにおいて、電気信号を光信号に変換する光電変換素子と、前記光電変換素子を温度制御する温度制御素子と、から構成され、前記光電変換素子をサブキャリアを介して前記温度制御素子の上に搭載する光素子ユニットと、

前記光電変換素子から出力された光信号の変調を行う光導波路チップと、前記光導波路チップを搭載し、前記光導波路チップの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つ第 1 のホルダと、前記第 1 のホルダのサイドを把持し、かつ前記第 1 のホルダの底面が他部品と接触しないように宙に浮いた状態を保つように、前記光導波路チップ上の光導波路と同一の高さの局所領域で前記第 1 のホルダと固定する第 2 のホルダと、レンズと、前記第 1 のホルダの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持ち、前記レンズを光軸高さで保持するように、前記第 1 のホルダに固定する第 3 のホルダと、から構成される光導波路ユニットと、

30

前記第 2 のホルダが内部底面に局所領域で固定し、前記温度制御素子が内部底面に固定し、熱伝導率が大きな材料で構成される底面部と、前記第 2 のホルダの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持ち、開口部が設けられた側壁部と、から構成されるパッケージと、

光ファイバと、前記光ファイバを保持し、前記側壁部に固定する第 4 のホルダと、から構成され、前記開口部を通して前記レンズを介して、前記光導波路チップと光接続する光ファイバユニットと、

40

を有することを特徴とする光集積デバイス。

【0197】

(付記 12) 前記レンズの焦点距離を $f1$ とし、前記第 3 のホルダによる前記レンズの中心保持部である A1 点と、前記レンズと光接続する前記光導波路チップの端面位置である B1 点との間の光軸方向距離を $S1$ とし、B1 点と、前記第 1 のホルダと前記第 2 のホルダの固定点である C1 点との間の光軸方向距離を $Z10$ とし、A1 点と C1 点との間の光軸方向距離を $Z11$ とし、C1 点と、前記第 2 のホルダと前記底面部との固定点である D1 点との間の光軸方向距離を $Z12$ とし、D1 点と、前記光ファイバが固定される前記側壁部の位置である E1 点との間の光軸方向距離を $Z13$ とし、E1 点と、前記第 4 のホルダによる前記光ファイバの先端保持位置である F1 点との間の光軸方向距離を $Z14$

50

とし、A 1 点と F 1 点との間の光軸方向距離を S 2、前記光導波路チップ及び前記第 1 のホルダの熱膨張係数を $\alpha 1$ 、前記第 2 のホルダの熱膨張係数を $\alpha 2$ 、前記底面部の熱膨張係数を $\alpha 3$ 、前記第 4 のホルダの熱膨張係数を $\alpha 5$ とし、基準温度における S 1 と S 2 をそれぞれ S 1 0 と S 2 0、基準温度からの温度変化を ΔT とし、C 1 点が D 1 点を基準として B 1 点側にあるとき Z 1 2 を正值、C 1 点が反対側にあるとき Z 1 2 を負値として扱う場合に、

【0198】

【数 2】

$$\frac{1}{S1} + \frac{1}{S2} = \frac{1}{f1} \quad \text{---- (4 a)}$$

10

$$S1 = S10 + \alpha 1 \cdot S1 \cdot \Delta T \quad \text{---- (4 b)}$$

$$S2 = S20 + (\alpha 3 \cdot Z13 + \alpha 5 \cdot Z14 - \alpha 1 \cdot Z11 - \alpha 2 \cdot Z12) \cdot \Delta T$$

---- (4 c)

【0199】

を満たすことを特徴とする付記 1 1 記載の光集積デバイス。

20

(付記 1 3) 前記第 1 のホルダは凹部を有し、前記第 2 のホルダは凸部を有し、前記第 1 のホルダは、光導波路の高さを示す位置に、前記第 2 のホルダと嵌め合う際に突き当たる突起部を有し、前記第 1 のホルダと前記第 2 のホルダは、高さ方向にスライドして嵌め合っており、前記突起部の局所領域で固定することを特徴とする付記 1 1 記載の光集積デバイス。

【0200】

(付記 1 4) 前記パッケージの内部底面には、前記第 2 のホルダが搭載される部分に前記第 2 のホルダが接触しない凹部が設けられて、前記パッケージと前記第 2 のホルダとの接着面積を小さくしていることを特徴とする付記 1 1 記載の光集積デバイス。

【0201】

30

(付記 1 5) 光学部品が同一パッケージに内蔵された光集積デバイスを製造する光集積デバイス製造方法において、

電気信号を光信号に変換する光電変換素子と、前記光電変換素子を温度制御する温度制御素子とに対して、前記光電変換素子をサブキャリアを介して前記温度制御素子の上に搭載し、

光信号の変調を行う光導波路チップの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つ第 1 のホルダで、前記光導波路チップを搭載し、

第 2 のホルダにより、前記第 1 のホルダのサイドを把持し、かつ前記第 1 のホルダの底面が他部品と接触しないように宙に浮いた状態を保つように、前記光導波路チップ上の光導波路と同一の高さの局所領域で前記第 1 のホルダと固定し、

40

前記第 1 のホルダの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つ第 3 のホルダにより、レンズを光軸高さで保持するように、前記第 1 のホルダに固定し、

前記第 2 のホルダをパッケージの内部底面に局所領域で固定し、

前記温度制御素子をパッケージの内部底面に固定し、

前記温度制御素子が接触するパッケージ底面の熱伝導率を大きな材料で構成し、

前記第 2 のホルダの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つパッケージ側壁に開口部を設け、

第 4 のホルダにより、光ファイバを保持して、前記側壁部に固定して、前記開口部を通して前記レンズを介して、前記光導波路チップと光接続させ、

前記レンズの焦点距離を f 1 とし、前記第 3 のホルダによる前記レンズの中心保持部で

50

あるA 1点と、前記レンズと光接続する前記光導波路チップの端面位置であるB 1点との間の光軸方向距離をS 1とし、B 1点と、前記第1のホルダと前記第2のホルダの固定点であるC 1点との間の光軸方向距離をZ 1 0とし、A 1点とC 1点との間の光軸方向距離をZ 1 1とし、C 1点と、前記第2のホルダと前記底面部との固定点であるD 1点との間の光軸方向距離をZ 1 2とし、D 1点と、前記光ファイバが固定される前記側壁部の位置であるE 1点との間の光軸方向距離をZ 1 3とし、E 1点と、前記第4のホルダによる前記光ファイバの先端保持位置であるF 1点との間の光軸方向距離をZ 1 4とし、A 1点とF 1点との間の光軸方向距離をS 2、前記光導波路チップ及び前記第1のホルダの熱膨張係数を $\alpha 1$ 、前記第2のホルダの熱膨張係数を $\alpha 2$ 、前記底面部の熱膨張係数を $\alpha 3$ 、前記第4のホルダの熱膨張係数を $\alpha 5$ とし、基準温度におけるS 1とS 2をそれぞれS 1 0とS 2 0、基準温度からの温度変化を ΔT とし、C 1点がD 1点を基準としてB 1点側にあるときZ 1 2を正值、C 1点が反対側にあるときZ 1 2を負値として扱う場合に、

【0202】

【数2】

$$\frac{1}{S1} + \frac{1}{S2} = \frac{1}{f1} \quad \text{---- (4 a)}$$

$$S1 = S10 + \alpha 1 \cdot S1 \cdot \Delta T \quad \text{---- (4 b)}$$

$$S2 = S20 + (\alpha 3 \cdot Z13 + \alpha 5 \cdot Z14 - \alpha 1 \cdot Z11 - \alpha 2 \cdot Z12) \cdot \Delta T \quad \text{---- (4 c)}$$

【0203】

を満たすように製造することを特徴とする光集積デバイス製造方法。

(付記16) 前記第1のホルダは凹部を有し、前記第2のホルダは凸部を有し、前記第1のホルダは、光導波路の高さを示す位置に、前記第2のホルダと嵌め合う際に突き当たる突起部を有し、前記第1のホルダと前記第2のホルダは、高さ方向にスライドして嵌め合って、前記突起部の局所領域で固定することを特徴とする付記15記載の光集積デバイス製造方法。

【0204】

(付記17) 前記パッケージの内部底面には、前記第2のホルダが搭載される部分に前記第2のホルダが接触しない凹部が設けられて、前記パッケージと前記第2のホルダとの接着面積を小さくしていることを特徴とする付記15記載の光集積デバイス製造方法。

【0205】

(付記18) 光学部品が同一パッケージに内蔵された光集積デバイスにおいて、電気信号を光信号に変換する光電変換素子と、前記光電変換素子を温度制御する温度制御素子と、から構成され、前記光電変換素子をサブキャリアを介して前記温度制御素子の上に搭載する光素子ユニットと、

前記光電変換素子から出力された光信号の変調を行う光導波路チップと、前記光導波路チップを搭載し、前記光導波路チップの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つ第1のホルダと、前記第1のホルダのサイドを把持し、かつ前記第1のホルダの底面が他部品と接触しないように宙に浮いた状態を保つように、前記光導波路チップ上の光導波路と同一の高さの局所領域で前記第1のホルダと固定する第2のホルダと、レンズと、前記第2のホルダの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持ち、前記レンズを光軸高さで保持するように、前記第2のホルダに固定する第3のホルダと、から構成される光導波路ユニットと、

前記第2のホルダが内部底面に局所領域で固定し、前記温度制御素子が内部底面に固定し、熱伝導率が大きな材料で構成される底面部と、前記第2のホルダの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持ち、開口部が設けられた側壁部と、から構成されるパッケージと、

10

20

30

40

50

光ファイバと、前記光ファイバを保持し、前記側壁部に固定する第４のホルダと、から構成され、前記開口部を通して前記レンズを介して、前記光導波路チップと光接続する光ファイバユニットと、

を有することを特徴とする光集積デバイス。

【０２０６】

（付記１９） 前記レンズの焦点距離を f_1 とし、前記第３のホルダによる前記レンズの中心保持部であるＡ２点と、前記レンズと光接続する前記光導波路チップの端面位置であるＢ２点との間の光軸方向距離を S_1 とし、Ｂ２点と、前記第１のホルダと前記第２のホルダの固定点であるＣ２点との間の光軸方向距離を Z_{20} とし、Ａ２点とＣ２点との間の光軸方向距離を Z_{21} とし、Ｃ２点と、前記第２のホルダと前記底面部との固定点であるＤ２点との間の光軸方向距離を Z_{22} とし、Ａ２点とＤ２点との間の光軸方向距離を Z_{23} とし、Ｄ２点と、前記光ファイバが固定される前記側壁部の位置であるＥ２点との間の光軸方向距離を Z_{24} とし、Ｅ２点と、前記第４のホルダによる前記光ファイバの先端保持位置であるＦ２点との間の光軸方向距離を Z_{25} とし、Ａ２点とＦ２点との間の光軸方向距離を S_2 、前記光導波路チップ及び前記第１のホルダの熱膨張係数を α_1 、前記第２のホルダの熱膨張係数を α_2 、前記底面部の熱膨張係数を α_3 、前記第４のホルダの熱膨張係数を α_5 とし、基準温度における S_1 と S_2 をそれぞれ S_{10} と S_{20} 、基準温度からの温度変化を ΔT とし、Ｃ２点がＤ２点を基準としてＢ２点側にあるとき Z_{22} を正值とし、Ｃ２点が反対側にあるときは Z_{22} を負値として扱う場合に、

【０２０７】

【数３】

$$\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} = \frac{1}{f_1} \quad \text{---- (5a)}$$

$$S_1 = S_{10} + (\alpha_2 \cdot Z_{21} - \alpha_1 \cdot Z_{20}) \cdot \Delta T \quad \text{---- (5b)}$$

$$S_2 = S_{20} + (\alpha_3 \cdot Z_{24} + \alpha_5 \cdot Z_{25} - \alpha_2 \cdot Z_{23}) \cdot \Delta T \quad \text{---- (5c)}$$

【０２０８】

を満たすことを特徴とする付記１８記載の光集積デバイス。

（付記２０） 前記第１のホルダは凹部を有し、前記第２のホルダは凸部を有し、前記第１のホルダは、光導波路の高さを示す位置に、前記第２のホルダと嵌め合う際に突き当たる突起部を有し、前記第１のホルダと前記第２のホルダは、高さ方向にスライドして嵌め合って、前記突起部の局所領域で固定することを特徴とする付記１８記載の光集積デバイス。

【０２０９】

（付記２１） 前記パッケージの内部底面には、前記第２のホルダが搭載される部分に前記第２のホルダが接触しない凹部が設けられて、前記パッケージと前記第２のホルダとの接着面積を小さくしていることを特徴とする付記１８記載の光集積デバイス。

【０２１０】

（付記２２） 光学部品が同一パッケージに内蔵された光集積デバイスを製造する光集積デバイス製造方法において、

電気信号を光信号に変換する光電変換素子と、前記光電変換素子を温度制御する温度制御素子とに対して、前記光電変換素子をサブキャリアを介して前記温度制御素子の上に搭載し、

光信号の変調を行う光導波路チップの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つ第１のホルダで、前記光導波路チップを搭載し、

第２のホルダにより、前記第１のホルダのサイドを把持し、かつ前記第１のホルダの底

面が他部品と接触しないように宙に浮いた状態を保つように、前記光導波路チップ上の光導波路と同一の高さの局所領域で前記第 1 のホルダと固定し、

前記第 2 のホルダの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つ第 3 のホルダにより、レンズを光軸高さで保持するように、前記第 2 のホルダに固定し、

前記第 2 のホルダをパッケージの内部底面に局所領域で固定し、

前記温度制御素子をパッケージの内部底面に固定し、

前記温度制御素子が接触するパッケージ底面の熱伝導率を大きな材料で構成し、

前記第 2 のホルダの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つパッケージ側壁に開口部を設け、

第 4 のホルダにより、光ファイバを保持して、前記側壁部に固定して、前記開口部を通して前記レンズを介して、前記光導波路チップと光接続させ、

前記レンズの焦点距離を f_1 とし、前記第 3 のホルダによる前記レンズの中心保持部である A 2 点と、前記レンズと光接続する前記光導波路チップの端面位置である B 2 点との間の光軸方向距離を S_1 とし、B 2 点と、前記第 1 のホルダと前記第 2 のホルダの固定点である C 2 点との間の光軸方向距離を Z_{20} とし、A 2 点と C 2 点との間の光軸方向距離を Z_{21} とし、C 2 点と、前記第 2 のホルダと前記底面部との固定点である D 2 点との間の光軸方向距離を Z_{22} とし、A 2 点と D 2 点との間の光軸方向距離を Z_{23} とし、D 2 点と、前記光ファイバが固定される前記側壁部の位置である E 2 点との間の光軸方向距離を Z_{24} とし、E 2 点と、前記第 4 のホルダによる前記光ファイバの先端保持位置である F 2 点との間の光軸方向距離を Z_{25} とし、A 2 点と F 2 点との間の光軸方向距離を S_2 とし、前記光導波路チップ及び前記第 1 のホルダの熱膨張係数を α_1 、前記第 2 のホルダの熱膨張係数を α_2 、前記底面部の熱膨張係数を α_3 、前記第 4 のホルダの熱膨張係数を α_5 とし、基準温度における S_1 と S_2 をそれぞれ S_{10} と S_{20} 、基準温度からの温度変化を ΔT とし、C 2 点が D 2 点を基準として B 2 点側にあるとき Z_{22} を正值とし、C 2 点が反対側にあるときは Z_{22} を負値として扱う場合に、

【0 2 1 1】

【数 3】

$$\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} = \frac{1}{f_1} \quad \text{---- (5 a)}$$

$$S_1 = S_{10} + (\alpha_2 \cdot Z_{21} - \alpha_1 \cdot Z_{20}) \cdot \Delta T \quad \text{---- (5 b)}$$

$$S_2 = S_{20} + (\alpha_3 \cdot Z_{24} + \alpha_5 \cdot Z_{25} - \alpha_2 \cdot Z_{23}) \cdot \Delta T \quad \text{---- (5 c)}$$

【0 2 1 2】

を満たすように製造することを特徴とする光集積デバイス製造方法。

(付記 2 3) 前記第 1 のホルダは凹部を有し、前記第 2 のホルダは凸部を有し、前記第 1 のホルダは、光導波路の高さを示す位置に、前記第 2 のホルダと嵌め合う際に突き当たる突起部を有し、前記第 1 のホルダと前記第 2 のホルダは、高さ方向にスライドして嵌め合って、前記突起部の局所領域で固定することを特徴とする付記 2 2 記載の光集積デバイス製造方法。

【0 2 1 3】

(付記 2 4) 前記パッケージの内部底面には、前記第 2 のホルダが搭載される部分に前記第 2 のホルダが接触しない凹部が設けられて、前記パッケージと前記第 2 のホルダとの接着面積を小さくしていることを特徴とする付記 2 2 記載の光集積デバイス製造方法。

【0 2 1 4】

(付記 2 5) 光学部品が同一パッケージに内蔵された光集積デバイスにおいて、電気信号を光信号に変換する光電変換素子と、前記光電変換素子を温度制御する温度制

10

20

30

40

50

御素子と、から構成され、前記光電変換素子をサブキャリアを介して前記温度制御素子の上に搭載する光素子ユニットと、

前記光電変換素子から出力された光信号の変調を行う第1の光導波路チップと、前記第1の光導波路チップを搭載し、前記第1の光導波路チップの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つ第1のホルダと、前記第1のホルダのサイドを把持し、かつ前記第1のホルダの底面が他部品と接触しないように宙に浮いた状態を保つように、前記第1の光導波路チップ上の光導波路と同一の高さの局所領域で前記第1のホルダと固定する第2のホルダと、第1のレンズと、前記第1のホルダの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持ち、前記第1のレンズを光軸高さで保持するように、前記第1のホルダに固定する第3のホルダと、から構成される第1の光導波路ユニットと、

10

前記第1の光導波路チップから出力された光信号の変調を行う第2の光導波路チップと、前記第2の光導波路チップを搭載し、前記第2の光導波路チップの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つ第4のホルダと、前記第4のホルダのサイドを把持し、かつ前記第4のホルダの底面が他部品と接触しないように宙に浮いた状態を保つように、前記第2の光導波路チップ上の光導波路と同一の高さの局所領域で前記第4のホルダと固定する第5のホルダと、から構成される第2の光導波路ユニットと、

前記第2のホルダと前記第5のホルダが内部底面に局所領域で固定し、前記温度制御素子が内部底面に固定し、熱伝導率が大きな材料で構成される底面部と、前記第2のホルダ及び前記第5のホルダの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持ち、開口部が設けられた側壁部と、から構成されるパッケージと、

20

第2のレンズと、光ファイバと、前記第2のレンズを保持する第6のホルダと、前記光ファイバを保持し、前記第6のホルダに固定する第7のホルダと、から構成され、前記第2のレンズが前記第6のホルダを介して前記側壁部の外部に固定され、前記開口部を通して前記光導波路チップと光接続する光ファイバユニットと、

を有することを特徴とする光集積デバイス。

【0215】

(付記26) 前記第2のレンズの焦点距離を f_1 とし、前記第4のホルダと前記第5のホルダの固定点であるA点と、前記第2のレンズと光接続する前記第2の光導波路チップの端面位置であるB点との間の光軸方向距離を Z_1 とし、A点と、前記第5のホルダと前記底面部との固定点であるC点との間の光軸方向距離を Z_2 とし、C点と、前記第2のレンズが固定される前記側壁部の位置であるD点との間の光軸方向距離を Z_3 とし、D点と、前記第6のホルダによる前記第2のレンズの中心保持部であるE点との間の光軸方向距離を Z_4 とし、E点と、前記第6のホルダと前記第7のホルダの固定点であるF点との間の光軸方向距離を Z_5 とし、F点と、前記第7のホルダによる前記光ファイバの先端保持位置であるG点との間の光軸方向距離を Z_6 とし、B点とE点との間の光軸方向距離を S_1 、E点とG点との間の光軸方向距離を S_2 、前記第2の光導波路チップの熱膨張係数を α_1 、前記第5のホルダの熱膨張係数を α_2 、前記底面部の熱膨張係数を α_3 、前記第6のホルダの熱膨張係数を α_4 、前記第7のホルダの熱膨張係数を α_5 とし、基準温度における S_1 と S_2 をそれぞれ S_{10} と S_{20} 、基準温度からの温度変化を ΔT とし、A点がC点を基準としてB点側にあるとき Z_2 を正值とし、A点が反対側にあるときは Z_2 を負値として扱う場合に、

30

40

【0216】

【数 1】

$$\frac{1}{S1} + \frac{1}{S2} = \frac{1}{f1} \quad \text{---- (3 a)}$$

$$S1 = S10 + (\alpha 3 \cdot Z3 + \alpha 4 \cdot Z4 - \alpha 1 \cdot Z1 - \alpha 2 \cdot Z2) \cdot \Delta T \quad \text{---- (3 b)}$$

$$S2 = S20 + (\alpha 4 \cdot Z5 + \alpha 5 \cdot Z6) \cdot \Delta T \quad \text{---- (3 c)}$$

10

【0 2 1 7】

を満たすことを特徴とする付記 2 5 記載の光集積デバイス。

(付記 2 7) 前記第 1 のレンズの焦点距離を $f 2$ とし、前記第 3 のホルダによる前記第 1 のレンズの中心保持部である A 3 点と、前記第 1 のレンズと光接続する前記第 1 の光導波路チップの端面位置である B 3 点との間の光軸方向距離を $S 3$ とし、B 3 点と、前記第 1 のホルダと前記第 2 のホルダの固定点である C 3 点との間の光軸方向距離を $Z 4 0$ とし、A 3 点と C 3 点との間の光軸方向距離を $Z 4 1$ とし、C 3 点と、前記第 2 のホルダとパッケージ底面との固定点である D 3 点との間の光軸方向距離を $Z 4 2$ とし、前記第 1 のレンズと光接続する前記第 2 の光導波路チップの端面位置である E 3 点と、前記第 4 のホルダと前記第 5 のホルダの固定点である F 3 点との間の光軸方向距離を $Z 4 4$ とし、F 3 点と、前記第 5 のホルダとパッケージ底面との固定点である G 3 点との間の光軸方向距離を $Z 4 5$ とし、A 3 点と E 3 点との間の光軸方向距離を $S 4$ とし、D 3 点と G 3 点との間の光軸方向距離を $Z 4 3$ とし、前記第 1 の光導波路チップ及び前記第 1 のホルダの熱膨張係数を αa 、前記第 2 のホルダ及び前記第 5 のホルダの熱膨張係数を $\alpha 2$ 、前記パッケージ底面の熱膨張係数を $\alpha 3$ 、前記第 2 の光導波路チップ及び前記第 4 のホルダの熱膨張係数を αb とし、基準温度における $S 3$ 、 $S 4$ をそれぞれ $S 3 0$ 、 $S 4 0$ 、基準温度からの温度変化を ΔT とし、C 3 点が D 3 点を基準として B 3 点側にあるとき $Z 4 2$ を正值、C 3 点が反対側にあるとき $Z 4 2$ を負値として扱い、F 3 点が G 3 点を基準として E 3 点側にあるとき $Z 4 5$ を正值、F 3 点が反対側にあるとき $Z 4 5$ を負値として扱う場合に、

20

30

【0 2 1 8】

【数 4】

$$\frac{1}{S3} + \frac{1}{S4} = \frac{1}{f2} \quad \text{---- (6 a)}$$

$$S3 = S30 + \alpha a \cdot S3 \cdot \Delta T \quad \text{---- (6 b)}$$

$$S4 = S40 + (\alpha 3 \cdot Z43 - \alpha a \cdot Z41 - \alpha 2 \cdot Z42 - \alpha b \cdot Z44 - \alpha 2 \cdot Z45) \cdot \Delta T \quad \text{---- (6 c)}$$

40

【0 2 1 9】

を満たすことを特徴とする付記 2 5 記載の光集積デバイス。

(付記 2 8) 前記第 1 のホルダは凹部を有し、前記第 2 のホルダは凸部を有し、前記第 1 のホルダは、光導波路の高さを示す位置に、前記第 2 のホルダと嵌め合う際に突き当たる突起部を有し、前記第 1 のホルダと前記第 2 のホルダは、高さ方向にスライドして嵌め合って、前記突起部の局所領域で固定することを特徴とする付記 2 5 記載の光集積デバイス。

【0 2 2 0】

(付記 2 9) 前記第 4 のホルダは凹部を有し、前記第 5 のホルダは凸部を有し、前記

50

第4のホルダは、光導波路の高さを示す位置に、前記第5のホルダと嵌め合う際に突き当たる突起部を有し、前記第4のホルダと前記第5のホルダは、高さ方向にスライドして嵌め合っており、前記突起部の局所領域で固定することを特徴とする付記25記載の光集積デバイス。

【0221】

(付記30) 前記パッケージの内部底面には、前記第2のホルダと前記第5のホルダが搭載される部分に、前記第2のホルダと前記第5のホルダが接触しない凹部が設けられて、前記パッケージに対し、前記第2のホルダの接着面積と前記第5のホルダの接着面積を小さくしていることを特徴とする付記25記載の光集積デバイス。

【0222】

(付記31) 光学部品が同一パッケージに内蔵された光集積デバイスを製造する光集積デバイス製造方法において、

電気信号を光信号に変換する光電変換素子と、前記光電変換素子を温度制御する温度制御素子とに対して、前記光電変換素子をサブキャリアを介して前記温度制御素子の上に搭載し、

前記光電変換素子から出力された光信号の変調を行う第1の光導波路チップの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つ第1のホルダで、前記第1の光導波路チップを搭載し、

第2のホルダにより、前記第1のホルダのサイドを把持し、かつ前記第1のホルダの底面が他部品と接触しないように宙に浮いた状態を保つように、前記第1の光導波路チップ上の光導波路と同一の高さの局所領域で前記第1のホルダと固定し、

前記第1のホルダの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つ第3のホルダにより、第1のレンズを光軸高さで保持するように、前記第1のホルダに固定し、

前記第1の光導波路チップから出力された光信号の変調を行う第2の光導波路チップの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つ第4のホルダで、前記第2の光導波路チップを搭載し、

第5のホルダにより、前記第4のホルダのサイドを把持し、かつ前記第4のホルダの底面が他部品と接触しないように宙に浮いた状態を保つように、前記第2の光導波路チップ上の光導波路と同一の高さの局所領域で前記第4のホルダと固定し、

前記第2のホルダと前記第5のホルダをパッケージの内部底面に局所領域で固定し、

前記温度制御素子をパッケージの内部底面に固定し、

前記温度制御素子が接触するパッケージ底面の熱伝導率が大きな材料で構成し、

前記第2のホルダと前記第5のホルダの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つパッケージ側壁に開口部を設け、

第2のレンズを第6のホルダで保持し、

第7のホルダにより、光ファイバを保持して、前記第6のホルダに固定し、

前記第2のレンズが前記第6のホルダを介して前記パッケージ側壁の外部に固定して、前記開口部を通して前記光導波路チップと光接続させ、

前記第2のレンズの焦点距離を f_1 とし、前記第4のホルダと前記第5のホルダの固定点であるA点と、前記第2のレンズと光接続する前記第2の光導波路チップの端面位置であるB点との間の光軸方向距離を Z_1 とし、A点と、前記第5のホルダと前記底面部との固定点であるC点との間の光軸方向距離を Z_2 とし、C点と、前記第2のレンズが固定される前記側壁部の位置であるD点との間の光軸方向距離を Z_3 とし、D点と、前記第6のホルダによる前記第2のレンズの中心保持部であるE点との間の光軸方向距離を Z_4 とし、E点と、前記第6のホルダと前記第7のホルダの固定点であるF点との間の光軸方向距離を Z_5 とし、F点と、前記第7のホルダによる前記光ファイバの先端保持位置であるG点との間の光軸方向距離を Z_6 とし、B点とE点との間の光軸方向距離を S_1 、E点とG点との間の光軸方向距離を S_2 、前記第2の光導波路チップの熱膨張係数を α_1 、前記第5のホルダの熱膨張係数を α_2 、前記底面部の熱膨張係数を α_3 、前記第6のホルダの熱膨張係数を α_4 、前記第7のホルダの熱膨張係数を α_5 とし、基準温度における S_1 と S_2 をそれぞれ S_{10} と S_{20} 、基準温度からの温度変化を ΔT とし、A点がC点を基準と

10

20

30

40

50

してB点側にあるときZ 2を正值とし、A点が反対側にあるときはZ 2を負値として扱う場合に、

【0 2 2 3】

【数1】

$$\frac{1}{S1} + \frac{1}{S2} = \frac{1}{f1} \quad \text{---- (3 a)}$$

$$S1 = S10 + (\alpha 3 \cdot Z3 + \alpha 4 \cdot Z4 - \alpha 1 \cdot Z1 - \alpha 2 \cdot Z2) \cdot \Delta T$$

10

---- (3 b)

$$S2 = S20 + (\alpha 4 \cdot Z5 + \alpha 5 \cdot Z6) \cdot \Delta T \quad \text{---- (3 c)}$$

【0 2 2 4】

を満たし、

前記第1のレンズの焦点距離をf 2とし、前記第3のホルダによる前記第1のレンズの中心保持部であるA 3点と、前記第1のレンズと光接続する前記第1の光導波路チップの端面位置であるB 3点との間の光軸方向距離をS 3とし、B 3点と、前記第1のホルダと前記第2のホルダの固定点であるC 3点との間の光軸方向距離をZ 4 0とし、A 3点とC 3点との間の光軸方向距離をZ 4 1とし、C 3点と、前記第2のホルダとパッケージ底面との固定点であるD 3点との間の光軸方向距離をZ 4 2とし、前記第1のレンズと光接続する前記第2の光導波路チップの端面位置であるE 3点と、前記第4のホルダと前記第5のホルダの固定点であるF 3点との間の光軸方向距離をZ 4 4とし、F 3点と、前記第5のホルダとパッケージ底面との固定点であるG 3点との間の光軸方向距離をZ 4 5とし、A 3点とE 3点との間の光軸方向距離をS 4とし、D 3点とG 3点との間の光軸方向距離をZ 4 3とし、前記第1の光導波路チップ及び前記第1のホルダの熱膨張係数をα a、前記第2のホルダ及び前記第5のホルダの熱膨張係数をα 2、前記パッケージ底面の熱膨張係数をα 3、前記第2の光導波路チップ及び前記第4のホルダの熱膨張係数をα bとし、基準温度におけるS 3、S 4をそれぞれS 3 0、S 4 0、基準温度からの温度変化をΔ Tとし、C 3点がD 3点を基準としてB 3点側にあるときZ 4 2を正值、C 3点が反対側にあるときZ 4 2を負値として扱い、F 3点がG 3点を基準としてE 3点側にあるときZ 4 5を正值、F 3点が反対側にあるときZ 4 5を負値として扱う場合に、

20

30

【0 2 2 5】

【数4】

$$\frac{1}{S3} + \frac{1}{S4} = \frac{1}{f2} \quad \text{---- (6 a)}$$

$$S3 = S30 + \alpha a \cdot S3 \cdot \Delta T \quad \text{---- (6 b)}$$

40

$$S4 = S40 + (\alpha 3 \cdot Z43 - \alpha a \cdot Z41 - \alpha 2 \cdot Z42 - \alpha b \cdot Z44 - \alpha 2 \cdot Z45) \cdot \Delta T \quad \text{---- (6 c)}$$

【0 2 2 6】

を満たすように製造することを特徴とする光集積デバイス製造方法。

(付記3 2) 前記第1のホルダは凹部を有し、前記第2のホルダは凸部を有し、前記第1のホルダは、光導波路の高さを示す位置に、前記第2のホルダと嵌め合う際に突き当たる突起部を有し、前記第1のホルダと前記第2のホルダは、高さ方向にスライドして嵌め合って、前記突起部の局所領域で固定することを特徴とする付記3 1記載の光集積デバ

50

イス製造方法。

【0227】

(付記33) 前記第4のホルダは凹部を有し、前記第5のホルダは凸部を有し、前記第4のホルダは、光導波路の高さを示す位置に、前記第5のホルダと嵌め合う際に突き当たる突起部を有し、前記第4のホルダと前記第5のホルダは、高さ方向にスライドして嵌め合って、前記突起部の局所領域で固定することを特徴とする付記31記載の光集積デバイス製造方法。

【0228】

(付記34) 前記パッケージの内部底面には、前記第2のホルダと前記第5のホルダが搭載される部分に、前記第2のホルダと前記第5のホルダが接触しない凹部が設けられて、前記パッケージに対し、前記第2のホルダの接着面積と前記第5のホルダの接着面積を小さくしていることを特徴とする付記31記載の光集積デバイス製造方法。

【0229】

(付記35) 光学部品が同一パッケージに内蔵された光集積デバイスにおいて、電気信号を光信号に変換する光電変換素子と、前記光電変換素子を温度制御する温度制御素子と、から構成され、前記光電変換素子をサブキャリアを介して前記温度制御素子の上に搭載する光素子ユニットと、

前記光電変換素子から出力された光信号の変調を行う第1の光導波路チップと、前記第1の光導波路チップを搭載し、前記第1の光導波路チップの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つ第1のホルダと、前記第1のホルダのサイドを把持し、かつ前記第1のホルダの底面が他部品と接触しないように宙に浮いた状態を保つように、前記光導波路チップ上の光導波路と同一の高さの局所領域で前記第1のホルダと固定する第2のホルダと、レンズと、前記第2のホルダの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持ち、前記レンズを光軸高さに保持するように、前記第2のホルダに固定する第3のホルダと、から構成される光導波路ユニットと、

前記第1の光導波路チップから出力された光信号の変調を行う第2の光導波路チップと、前記第2の光導波路チップを搭載し、前記第2の光導波路チップの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つ第4のホルダと、前記第4のホルダのサイドを把持し、かつ前記第4のホルダの底面が他部品と接触しないように宙に浮いた状態を保つように、前記第2の光導波路チップ上の光導波路と同一の高さの局所領域で前記第4のホルダと固定する第5のホルダと、から構成される第2の光導波路ユニットと、

前記第2のホルダと前記第5のホルダが内部底面に局所領域で固定し、前記温度制御素子が内部底面に固定し、熱伝導率が大きな材料で構成される底面部と、前記第2のホルダ及び前記第5のホルダの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持ち、開口部が設けられた側壁部と、から構成されるパッケージと、

第2のレンズと、光ファイバと、前記第2のレンズを保持する第6のホルダと、前記光ファイバを保持し、前記第6のホルダに固定する第7のホルダと、から構成され、前記第2のレンズが前記第6のホルダを介して前記側壁部の外部に固定され、前記開口部を通して前記光導波路チップと光接続する光ファイバユニットと、

を有することを特徴とする光集積デバイス。

【0230】

(付記36) 前記第2のレンズの焦点距離を f_1 とし、前記第4のホルダと前記第5のホルダの固定点であるA点と、前記第2のレンズと光接続する前記第2の光導波路チップの端面位置であるB点との間の光軸方向距離を Z_1 とし、A点と、前記第5のホルダと前記底面部との固定点であるC点との間の光軸方向距離を Z_2 とし、C点と、前記第2のレンズが固定される前記側壁部の位置であるD点との間の光軸方向距離を Z_3 とし、D点と、前記第6のホルダによる前記第2のレンズの中心保持部であるE点との間の光軸方向距離を Z_4 とし、E点と、前記第6のホルダと前記第7のホルダの固定点であるF点との間の光軸方向距離を Z_5 とし、F点と、前記第7のホルダによる前記光ファイバの先端保持位置であるG点との間の光軸方向距離を Z_6 とし、B点とE点との間の光軸方向距離を

S 1、E点とG点との間の光軸方向距離をS 2、前記第2の光導波路チップの熱膨張係数を $\alpha 1$ 、前記第5のホルダの熱膨張係数を $\alpha 2$ 、前記底面部の熱膨張係数を $\alpha 3$ 、前記第6のホルダの熱膨張係数を $\alpha 4$ 、前記第7のホルダの熱膨張係数を $\alpha 5$ とし、基準温度におけるS 1とS 2をそれぞれS 10とS 20、基準温度からの温度変化を ΔT とし、A点がC点を基準としてB点側にあるときZ 2を正值とし、A点が反対側にあるときはZ 2を負値として扱う場合に、

【0231】

【数1】

$$\frac{1}{S1} + \frac{1}{S2} = \frac{1}{f1} \quad \text{---- (3a)}$$

10

$$S1 = S10 + (\alpha 3 \cdot Z3 + \alpha 4 \cdot Z4 - \alpha 1 \cdot Z1 - \alpha 2 \cdot Z2) \cdot \Delta T \quad \text{---- (3b)}$$

$$S2 = S20 + (\alpha 4 \cdot Z5 + \alpha 5 \cdot Z6) \cdot \Delta T \quad \text{---- (3c)}$$

【0232】

を満たすことを特徴とする付記35記載の光集積デバイス。

20

(付記37) 前記第1のレンズの焦点距離をf 2とし、前記第3のホルダによる前記第1のレンズの中心保持部であるA 4点と、前記第1のレンズと光接続する前記第1の光導波路チップの端面位置であるB 4点との間の光軸方向距離をS 3とし、B 4点と、前記第1のホルダと前記第2のホルダの固定点であるC 4点との間の光軸方向距離をZ 50とし、A 4点とC 4点との間の光軸方向距離をZ 51とし、C 4点と、前記第2のホルダとパッケージ底面との固定点であるD 4点との間の光軸方向距離をZ 52とし、前記第1のレンズと光接続する前記第2の光導波路チップの端面位置であるE 4点と、前記第4のホルダと前記第5のホルダの固定点であるF 4点との間の光軸方向距離をZ 55とし、F 4点と、前記第5のホルダとパッケージ底面との固定点であるG 4点との間の光軸方向距離をZ 56とし、A 4点とE 4点との間の光軸方向距離をS 4とし、D 4点とG 4点との間の光軸方向距離をZ 54とし、前記第1の光導波路チップ及び前記第1のホルダの熱膨張係数を αa 、前記第2のホルダ及び前記第5のホルダの熱膨張係数を $\alpha 2$ 、前記パッケージ底面の熱膨張係数を $\alpha 3$ 、前記第2の光導波路チップ及び前記第4のホルダの熱膨張係数を αb とし、基準温度におけるS 3、S 4をそれぞれS 30、S 40、基準温度からの温度変化を ΔT とし、C 4点がD 4点を基準としてB 4点側にあるときZ 52を正值、C 4点が反対側にあるときZ 52を負値として扱い、F 4点がG 4点を基準としてE 4点側にあるときZ 56を正值、F 4点が反対側にあるときZ 56を負値として扱う場合に、

30

【0233】

【数5】

$$\frac{1}{S3} + \frac{1}{S4} = \frac{1}{f2} \quad \text{---- (7a)}$$

40

$$S3 = S30 + (\alpha 2 \cdot Z51 - \alpha a \cdot Z50) \cdot \Delta T \quad \text{---- (7b)}$$

$$S4 = S40 + (\alpha 3 \cdot Z54 - \alpha 2 \cdot Z53 - \alpha 2 \cdot Z56 - \alpha b \cdot Z55) \cdot \Delta T \quad \text{---- (7c)}$$

【0234】

50

を満たすことを特徴とする付記 3 5 記載の光集積デバイス。

(付記 3 8) 前記第 1 のホルダは凹部を有し、前記第 2 のホルダは凸部を有し、前記第 1 のホルダは、光導波路の高さを示す位置に、前記第 2 のホルダと嵌め合う際に突き当たる突起部を有し、前記第 1 のホルダと前記第 2 のホルダは、高さ方向にスライドして嵌め合って、前記突起部の局所領域で固定することを特徴とする付記 3 5 記載の光集積デバイス。

【0 2 3 5】

(付記 3 9) 前記第 4 のホルダは凹部を有し、前記第 5 のホルダは凸部を有し、前記第 4 のホルダは、光導波路の高さを示す位置に、前記第 5 のホルダと嵌め合う際に突き当たる突起部を有し、前記第 4 のホルダと前記第 5 のホルダは、高さ方向にスライドして嵌め合って、前記突起部の局所領域で固定することを特徴とする付記 3 5 記載の光集積デバイス。

【0 2 3 6】

(付記 4 0) 前記パッケージの内部底面には、前記第 2 のホルダと前記第 5 のホルダが搭載される部分に、前記第 2 のホルダと前記第 5 のホルダが接触しない凹部が設けられて、前記パッケージに対し、前記第 2 のホルダの接着面積と前記第 5 のホルダの接着面積を小さくしていることを特徴とする付記 3 5 記載の光集積デバイス。

【0 2 3 7】

(付記 4 1) 光学部品が同一パッケージに内蔵された光集積デバイスを製造する光集積デバイス製造方法において、

電気信号を光信号に変換する光電変換素子と、前記光電変換素子を温度制御する温度制御素子とに対して、前記光電変換素子をサブキャリアを介して前記温度制御素子の上に搭載し、

前記光電変換素子から出力された光信号の変調を行う第 1 の光導波路チップの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つ第 1 のホルダで、前記第 1 の光導波路チップを搭載し、

第 2 のホルダにより、前記第 1 のホルダのサイドを把持し、かつ前記第 1 のホルダの底面が他部品と接触しないように宙に浮いた状態を保つように、前記第 1 の光導波路チップ上の光導波路と同一の高さの局所領域で前記第 1 のホルダと固定し、

前記第 2 のホルダの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つ第 3 のホルダにより、第 1 のレンズを光軸高さと保持するように、前記第 2 のホルダに固定し、

前記第 1 の光導波路チップから出力された光信号の変調を行う第 2 の光導波路チップの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つ第 4 のホルダで、前記第 2 の光導波路チップを搭載し、

第 5 のホルダにより、前記第 4 のホルダのサイドを把持し、かつ前記第 4 のホルダの底面が他部品と接触しないように宙に浮いた状態を保つように、前記第 2 の光導波路チップ上の光導波路と同一の高さの局所領域で前記第 4 のホルダと固定し、

前記第 2 のホルダと前記第 5 のホルダをパッケージの内部底面に局所領域で固定し、

前記温度制御素子をパッケージの内部底面に固定し、

前記温度制御素子が接触するパッケージ底面の熱伝導率が高くなる材料で構成し、

前記第 2 のホルダと前記第 5 のホルダの熱膨張係数と略等しい熱膨張係数を持つパッケージ側壁に開口部を設け、

第 2 のレンズを第 6 のホルダで保持し、

第 7 のホルダにより、光ファイバを保持して、前記第 6 のホルダに固定し、

前記第 2 のレンズが前記第 6 のホルダを介して前記パッケージ側壁の外部に固定して、前記開口部を通して前記光導波路チップと光接続させ、

前記第 2 のレンズの焦点距離を f_1 とし、前記第 4 のホルダと前記第 5 のホルダの固定点である A 点と、前記第 2 のレンズと光接続する前記第 2 の光導波路チップの端面位置である B 点との間の光軸方向距離を Z_1 とし、A 点と、前記第 5 のホルダと前記底面部との固定点である C 点との間の光軸方向距離を Z_2 とし、C 点と、前記第 2 のレンズが固定される前記側壁部の位置である D 点との間の光軸方向距離を Z_3 とし、D 点と、前記第 6 の

10

20

30

40

50

ホルダによる前記第 2 のレンズの中心保持部である E 点との間の光軸方向距離を Z 4 とし、E 点と、前記第 6 のホルダと前記第 7 のホルダの固定点である F 点との間の光軸方向距離を Z 5 とし、F 点と、前記第 7 のホルダによる前記光ファイバの先端保持位置である G 点との間の光軸方向距離を Z 6 とし、B 点と E 点との間の光軸方向距離を S 1、E 点と G 点との間の光軸方向距離を S 2、前記第 2 の光導波路チップの熱膨張係数を $\alpha 1$ 、前記第 5 のホルダの熱膨張係数を $\alpha 2$ 、前記底面部の熱膨張係数を $\alpha 3$ 、前記第 6 のホルダの熱膨張係数を $\alpha 4$ 、前記第 7 のホルダの熱膨張係数を $\alpha 5$ とし、基準温度における S 1 と S 2 をそれぞれ S 10 と S 20、基準温度からの温度変化を ΔT とし、A 点が C 点を基準として B 点側にあるとき Z 2 を正值とし、A 点が反対側にあるときは Z 2 を負値として扱う場合に、

10

【0238】

【数 1】

$$\frac{1}{S1} + \frac{1}{S2} = \frac{1}{f1} \quad \text{---- (3 a)}$$

$$S1 = S10 + (\alpha 3 \cdot Z3 + \alpha 4 \cdot Z4 - \alpha 1 \cdot Z1 - \alpha 2 \cdot Z2) \cdot \Delta T$$

---- (3 b)

20

$$S2 = S20 + (\alpha 4 \cdot Z5 + \alpha 5 \cdot Z6) \cdot \Delta T \quad \text{---- (3 c)}$$

【0239】

を満たし、

前記第 1 のレンズの焦点距離を f 2 とし、前記第 3 のホルダによる前記第 1 のレンズの中心保持部である A 4 点と、前記第 1 のレンズと光接続する前記第 1 の光導波路チップの端面位置である B 4 点との間の光軸方向距離を S 3 とし、B 4 点と、前記第 1 のホルダと前記第 2 のホルダの固定点である C 4 点との間の光軸方向距離を Z 50 とし、A 4 点と C 4 点との間の光軸方向距離を Z 51 とし、C 4 点と、前記第 2 のホルダとパッケージ底面との固定点である D 4 点との間の光軸方向距離を Z 52 とし、前記第 1 のレンズと光接続する前記第 2 の光導波路チップの端面位置である E 4 点と、前記第 4 のホルダと前記第 5 のホルダの固定点である F 4 点との間の光軸方向距離を Z 55 とし、F 4 点と、前記第 5 のホルダとパッケージ底面との固定点である G 4 点との間の光軸方向距離を Z 56 とし、A 4 点と E 4 点との間の光軸方向距離を S 4 とし、D 4 点と G 4 点との間の光軸方向距離を Z 54 とし、前記第 1 の光導波路チップ及び前記第 1 のホルダの熱膨張係数を αa 、前記第 2 のホルダ及び前記第 5 のホルダの熱膨張係数を $\alpha 2$ 、前記パッケージ底面の熱膨張係数を $\alpha 3$ 、前記第 2 の光導波路チップ及び前記第 4 のホルダの熱膨張係数を αb とし、基準温度における S 3、S 4 をそれぞれ S 30、S 40、基準温度からの温度変化を ΔT とし、C 4 点が D 4 点を基準として B 4 点側にあるとき Z 52 を正值、C 4 点が反対側にあるとき Z 52 を負値として扱う。また、F 4 点が G 4 点を基準として E 4 点側にあるとき Z 56 を正值、F 4 点が反対側にあるとき Z 56 を負値として扱う場合に、

30

40

【0240】

【数 5】

$$\frac{1}{S3} + \frac{1}{S4} = \frac{1}{f2} \quad \text{---- (7 a)}$$

$$S3 = S30 + (\alpha 2 \cdot Z51 - \alpha a \cdot Z50) \cdot \Delta T \quad \text{---- (7 b)}$$

$$S4 = S40 + (\alpha 3 \cdot Z54 - \alpha 2 \cdot Z53 - \alpha 2 \cdot Z56 - \alpha b \cdot Z55) \cdot \Delta T \quad \text{---- (7 c)}$$

10

【0 2 4 1】

を満たすように製造することを特徴とする光集積デバイス製造方法。

(付記 4 2) 前記第 1 のホルダは凹部を有し、前記第 2 のホルダは凸部を有し、前記第 1 のホルダは、光導波路の高さを示す位置に、前記第 2 のホルダと嵌め合う際に突き当たる突起部を有し、前記第 1 のホルダと前記第 2 のホルダは、高さ方向にスライドして嵌め合って、前記突起部の局所領域で固定することを特徴とする付記 4 1 記載の光集積デバイス製造方法。

【0 2 4 2】

(付記 4 3) 前記第 4 のホルダは凹部を有し、前記第 5 のホルダは凸部を有し、前記第 4 のホルダは、光導波路の高さを示す位置に、前記第 5 のホルダと嵌め合う際に突き当たる突起部を有し、前記第 4 のホルダと前記第 5 のホルダは、高さ方向にスライドして嵌め合って、前記突起部の局所領域で固定することを特徴とする付記 4 1 記載の光集積デバイス製造方法。

20

【0 2 4 3】

(付記 4 4) 前記パッケージの内部底面には、前記第 2 のホルダと前記第 5 のホルダが搭載される部分に、前記第 2 のホルダと前記第 5 のホルダが接触しない凹部が設けられて、前記パッケージに対し、前記第 2 のホルダの接着面積と前記第 5 のホルダの接着面積を小さくしていることを特徴とする付記 4 1 記載の光集積デバイス製造方法。

【図面の簡単な説明】

30

【0 2 4 4】

【図 1】光集積デバイスの構造を示す図である。

【図 2】光集積デバイスの熱膨張差の補正を説明するための図である。

【図 3】第 1 の実施の形態の光集積デバイスの構造を示す図である。

【図 4】光導波路ユニットの断面構造を示す図である。

【図 5】光導波路ユニットの断面構造を示す図である。

【図 6】光導波路ユニットの断面構造を示す図である。

【図 7】光導波路ユニットの断面構造を示す図である。

【図 8】突起部が設けられたホルダを示す図である。

【図 9】ホルダの嵌合の様子を示す図である。

40

【図 10】パッケージの内部底面を示す図である。

【図 11】光導波路チップがパッケージの内部底面に実装している様子を示す図である。

【図 12】第 1 の実施の形態の光集積デバイスの構造を示す図である。

【図 13】パラメータの具体数値を示す図である。

【図 14】熱伸縮における理想値と実験値の差を示す図である。

【図 15】第 2 の実施の形態の光集積デバイスの構造を示す図である。

【図 16】パラメータの具体数値を示す図である。

【図 17】熱伸縮における理想値と実験値の差を示す図である。

【図 18】第 3 の実施の形態の光集積デバイスの構造を示す図である。

【図 19】パラメータの具体数値を示す図である。

50

- 【図 20】 熱伸縮における理想値と実験値の差を示す図である。
 【図 21】 第 4 の実施の形態の光集積デバイスの構造を示す図である。
 【図 22】 パラメータの具体数値を示す図である。
 【図 23】 熱伸縮における理想値と実験値の差を示す図である。
 【図 24】 パラメータの具体数値を示す図である。
 【図 25】 熱伸縮における理想値と実験値の差を示す図である。
 【図 26】 第 5 の実施の形態の光集積デバイスの構造を示す図である。
 【図 27】 パラメータの具体数値を示す図である。
 【図 28】 熱伸縮における理想値と実験値の差を示す図である。
 【図 29】 パラメータの具体数値を示す図である。
 【図 30】 熱伸縮における理想値と実験値の差を示す図である。
 【図 31】 WDM 伝送に用いられる光送信器の概略構成を示す図である。
 【図 32】 従来の光集積デバイスの構成を示す図である。

10

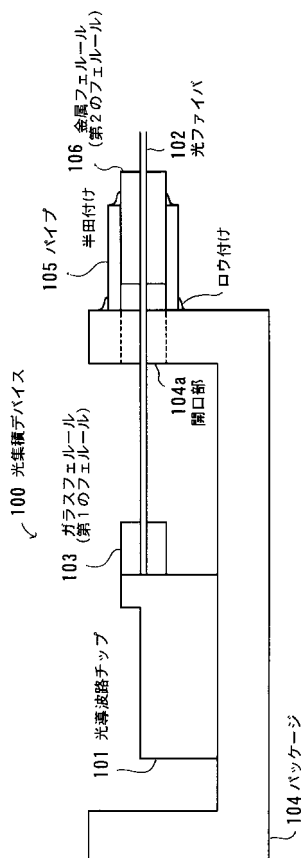
【符号の説明】

【0245】

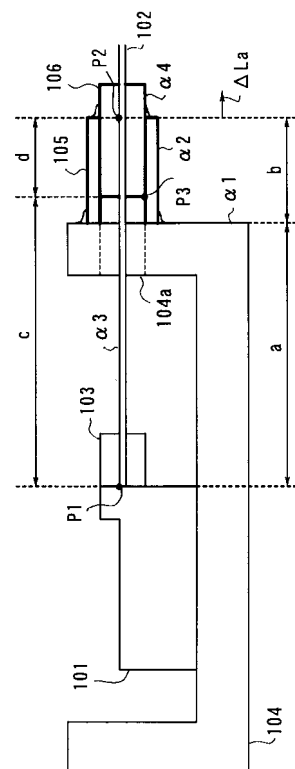
- 100 光集積デバイス
- 101 光導波路チップ
- 102 光ファイバ
- 103 第 1 のフェルルール
- 104 パッケージ
- 104 a 開口部
- 105 パイプ
- 106 金属フェルルール (第 2 のフェルルール)

20

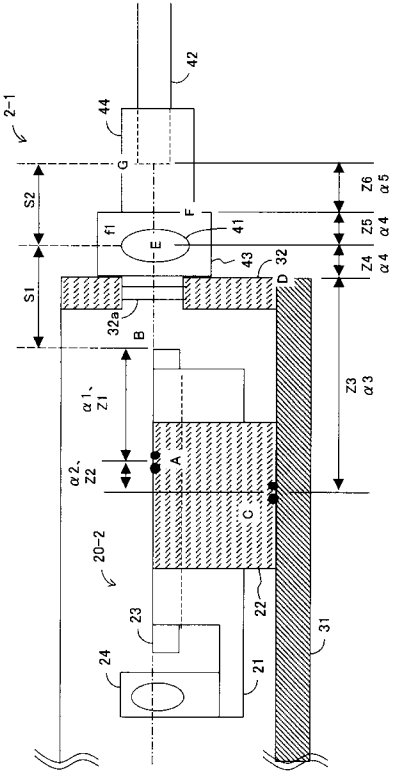
【図 1】



【図 2】



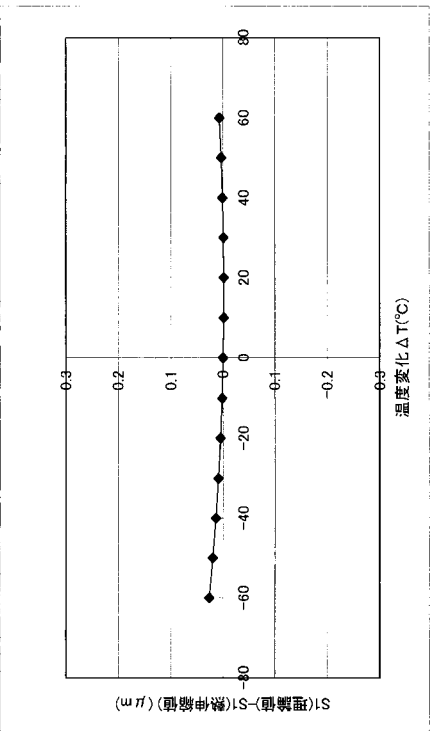
【図 1 2】



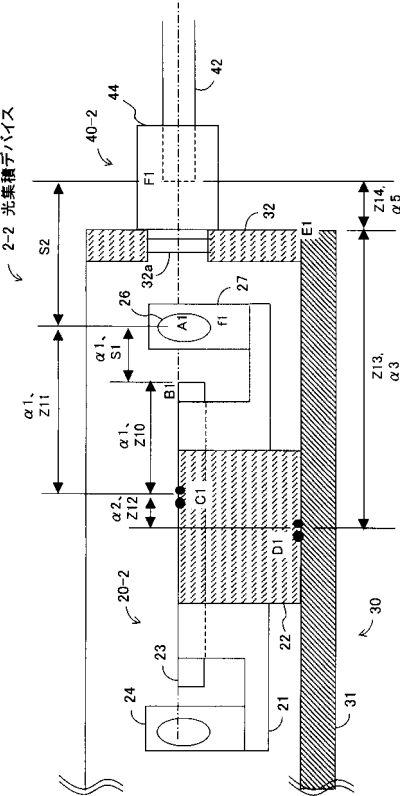
【図 1 3】

区間	材料	熱膨張係数 (1/°C)	光軸方向距離 (mm)
A-B	LN	$\alpha 1 = 16.7 \times 10^{-6}$	Z1 = 2.5
A-C	Al10050	$\alpha 2 = 9.2 \times 10^{-6}$	Z2 = 0
C-D	CuW(20)	$\alpha 3 = 8.1 \times 10^{-6}$	Z3 = 31.7
D-E	SUS304	$\alpha 4 = 17.3 \times 10^{-6}$	Z4 = 1.3
E-F	SUS304	$\alpha 4 = 17.3 \times 10^{-6}$	Z5 = 5
F-G	SUS304	$\alpha 5 = 17.3 \times 10^{-6}$	Z6 = 3

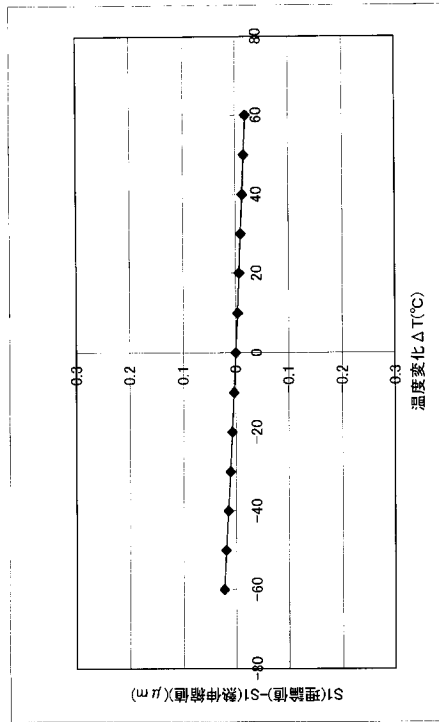
【図 1 4】



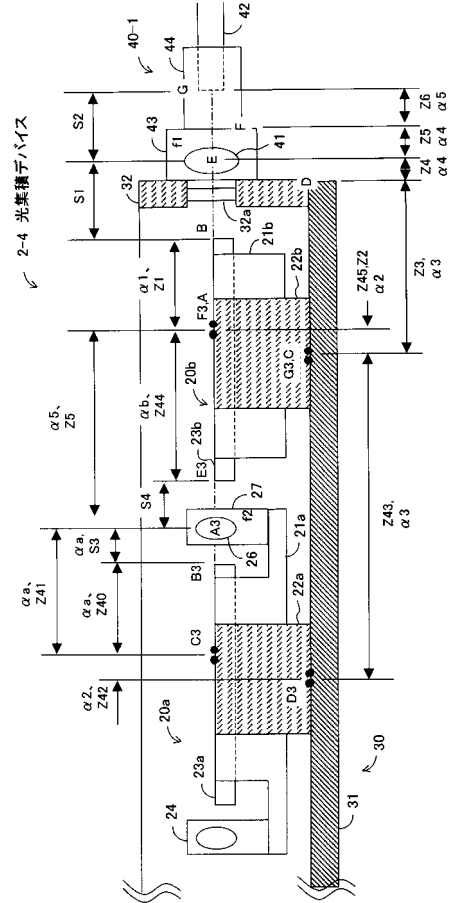
【図 1 5】



【図 20】



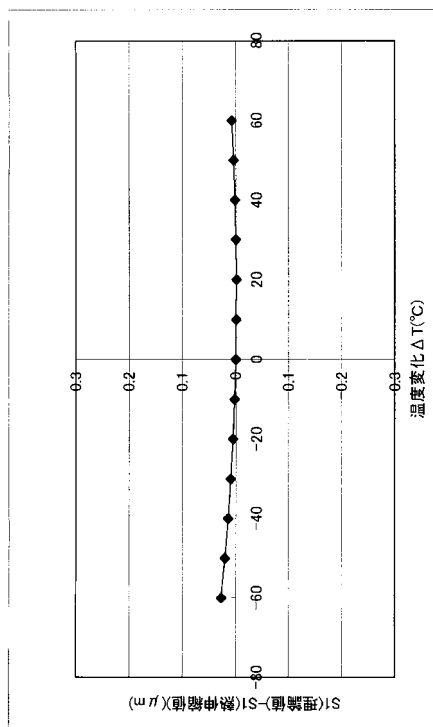
【図 21】



【図 22】

区間	材料	熱膨張係数 ($1/^{\circ}\text{C}$)	光軸方向距離 (mm)
A-B	LN	$\alpha_1 = 16.7 \times 10^{-6}$	$Z_1 = 2.5$
A-C	Kovar	$\alpha_2 = 5.3 \times 10^{-6}$	$Z_2 = 0$
C-D	CuW (20)	$\alpha_3 = 8.1 \times 10^{-6}$	$Z_3 = 31.7$
D-E	SUS304	$\alpha_4 = 17.3 \times 10^{-6}$	$Z_4 = 1.3$
E-F	SUS304	$\alpha_4 = 17.3 \times 10^{-6}$	$Z_5 = 5$
F-G	SUS304	$\alpha_5 = 17.3 \times 10^{-6}$	$Z_6 = 3$

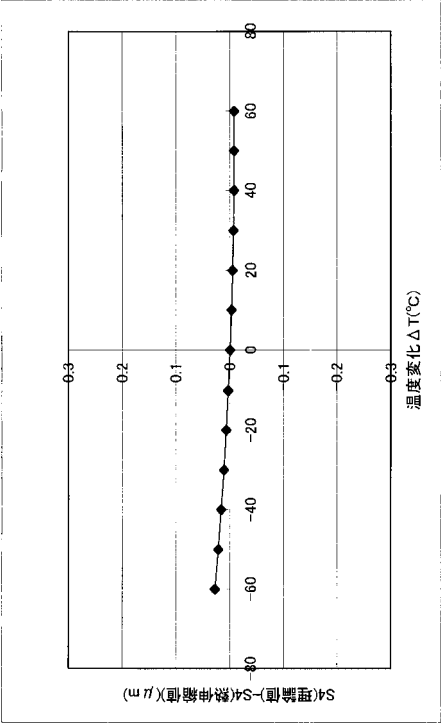
【図 23】



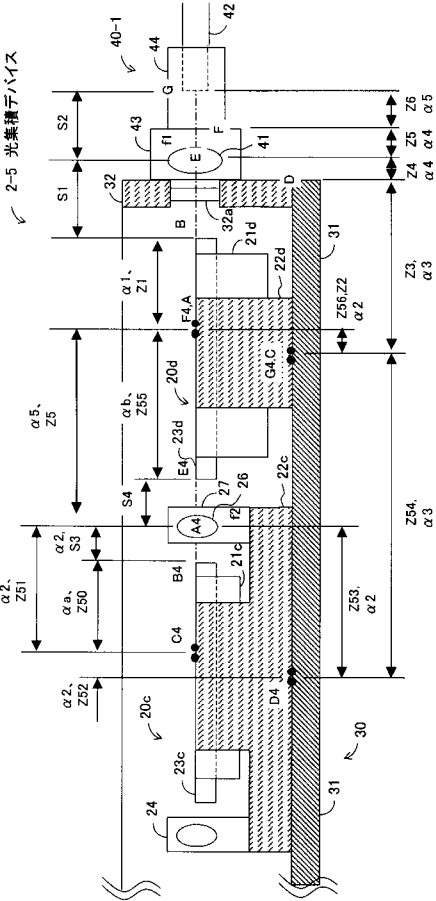
【図 2 4】

区間	材料	熱膨張係数 (1/℃)	光軸方向距離 (mm)
A3-B3	Kovar	$\alpha a=5.3 \times 10^{-6}$	$S30=1.25$
A3-C3	Kovar	$\alpha a=5.3 \times 10^{-6}$	$Z41=5$
C3-D3	Kovar	$\alpha 2=5.3 \times 10^{-6}$	$Z42=1.25$
E3-F3	LN	$\alpha b=16.7 \times 10^{-6}$	$Z44=19.5$
F3-G3	Kovar	$\alpha 2=5.3 \times 10^{-6}$	$Z45=0$
D3-G3	CuW (20)	$\alpha 3=8.1 \times 10^{-6}$	$Z43=30.75$

【図 2 5】



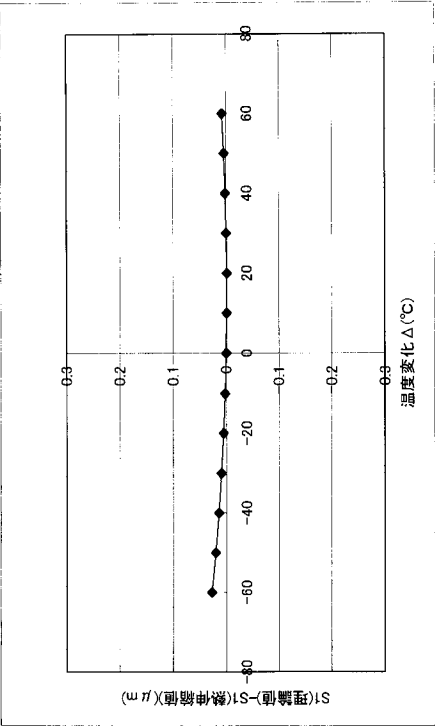
【図 2 6】



【図 2 7】

区間	材料	熱膨張係数 (1/℃)	光軸方向距離 (mm)
A-B	LN	$\alpha 1=16.7 \times 10^{-6}$	$Z1=25$
A-C	Kovar	$\alpha 2=5.3 \times 10^{-6}$	$Z2=0$
C-D	CuW (20)	$\alpha 3=8.1 \times 10^{-6}$	$Z3=31.7$
D-E	SUS304	$\alpha 4=17.3 \times 10^{-6}$	$Z4=1.3$
E-F	SUS304	$\alpha 4=17.3 \times 10^{-6}$	$Z5=5$
F-G	SUS304	$\alpha 5=17.3 \times 10^{-6}$	$Z6=3$

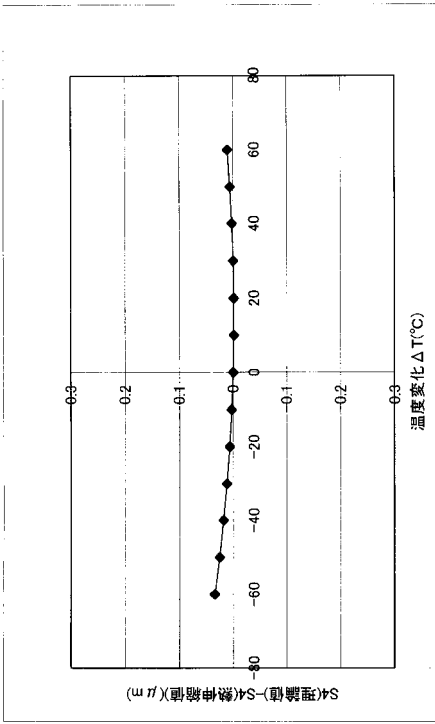
【図 28】



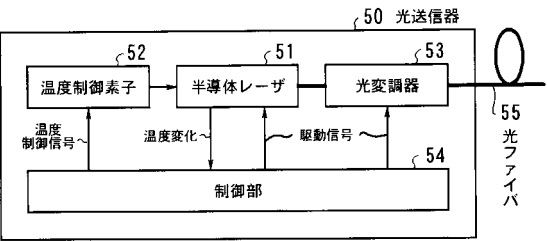
【図 29】

区間	材料	熱膨張係数 ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	光軸方向距離 (mm)
B4-C4	InP	$\alpha a=4.5 \times 10^{-6}$	Z50=4
A4-C4	Kovar	$\alpha 2=5.3 \times 10^{-6}$	Z51=5.25
C4-D4	Kovar	$\alpha 2=5.3 \times 10^{-6}$	Z52=1
A4-D4	Kovar	$\alpha 2=5.3 \times 10^{-6}$	Z53=6.25
E4-F4	LN	$\alpha b=16.7 \times 10^{-6}$	Z55=25
F4-G4	Kovar	$\alpha 2=5.3 \times 10^{-6}$	Z56=0
D4-G4	CuW (20)	$\alpha 3=8.1 \times 10^{-6}$	Z54=36.25

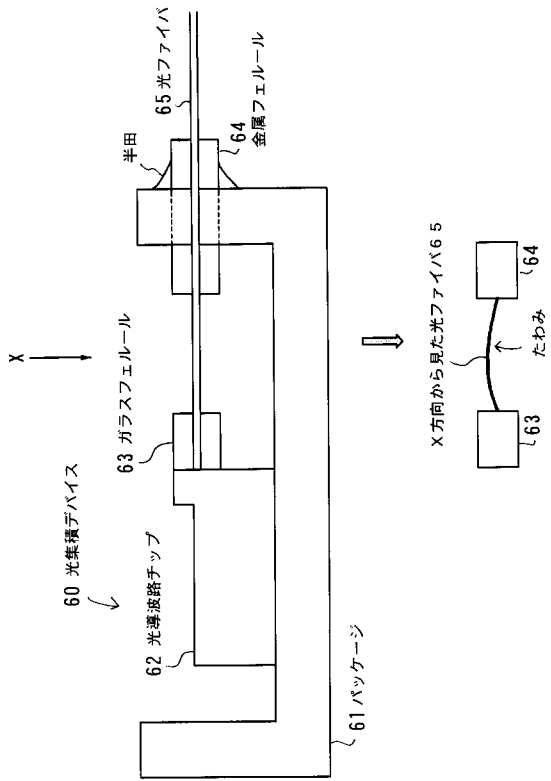
【図 30】



【図 31】



【図 32】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-295142 (JP, A)
特開昭60-210890 (JP, A)
特開平01-229208 (JP, A)
特開2000-277843 (JP, A)
実開平04-063669 (JP, U)
特開2001-272572 (JP, A)
特開平11-176967 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 6/26
G02B 6/30 - 6/34
G02B 6/42
G02F 1/00 - 1/125
H01S 5/00 - 5/50