

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-264362

(P2004-264362A)

(43) 公開日 平成16年9月24日(2004.9.24)

(51) Int. Cl.⁷

GO2B 6/42
 HO1L 31/02
 HO1L 31/0232
 HO1L 33/00
 HO1S 5/026

F I

GO2B 6/42
 HO1L 33/00 M
 HO1S 5/026 618
 HO1L 31/02 B
 HO1L 31/02 C

テーマコード (参考)

2HO37
 5FO41
 5FO73
 5FO88

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2003-41472 (P2003-41472)

(22) 出願日 平成15年2月19日 (2003.2.19)

(71) 出願人 000236436

浜松ホトニクス株式会社

静岡県浜松市市野町1126番地の1

(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹

(74) 代理人 100089978

弁理士 塩田 辰也

(74) 代理人 100092657

弁理士 寺崎 史朗

(72) 発明者 星野 安司

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜

松ホトニクス株式会社内

(72) 発明者 飯田 孝

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜

松ホトニクス株式会社内

最終頁に続く

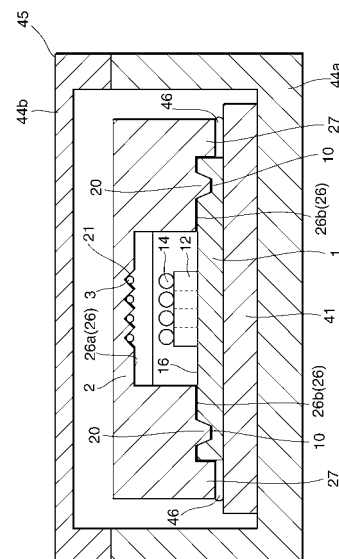
(54) 【発明の名称】 光モジュール

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 量産化および低コスト化が可能な、パッシブアライメント方式による光モジュールを提供する。

【解決手段】 光モジュールは、4個のフォトダイオード12及び2本のガイド溝10を光素子設置面16上に有するサブマウント1と、4本のV溝21、4個の凹面鏡、及び2本のガイドレール20を光ファイバ固定面26上に有するファイバ固定部材2と、ファイバ固定部材2に固定された4本の光ファイバ3と、を備え、サブマウント1とファイバ固定部材2とは、ガイド溝10とガイドレール20とが嵌合することによって、位置合わせされて固定されることを特徴とする。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所定の第 1 面上に設けられた光半導体素子と、前記第 1 面上に形成された第 1 位置合わせ部とを有するサブマウントと、
所定の第 2 面上に形成され、光ファイバを位置決めして固定するための固定溝と、前記固定溝に対して設けられ、前記固定溝に固定される光ファイバ及び対応する前記光半導体素子のいずれか一方から出射した光を他方へと導く凹面鏡と、前記第 2 面上に形成された第 2 位置合わせ部とを有するファイバ固定部材と、
前記固定溝に固定された光ファイバと、を備え、
前記第 1 位置合わせ部及び前記第 2 位置合わせ部は、その一方はガイドレールから、他方は前記ガイドレールと嵌合するガイド溝からなり、
前記サブマウントと前記ファイバ固定部材とは、前記第 1 位置合わせ部と前記第 2 位置合わせ部とが嵌合することによって、位置合わせされて固定されることを特徴とする光モジュール。

【請求項 2】

N（N は 2 以上の整数）個の前記光半導体素子を有する前記サブマウントと、
互いに平行な N 本の前記固定溝と、N 本の前記固定溝それぞれに対して設けられる N 個の前記凹面鏡とを有する前記ファイバ固定部材と、
N 本の前記固定溝それぞれに固定された N 本の前記光ファイバと、
を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の光モジュール。

【請求項 3】

前記光半導体素子は、前記サブマウントと同一の材料から同一の半導体プロセスで作られることにより、前記第 1 位置合わせ部とモノリシックに形成されることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光モジュール。

【請求項 4】

前記サブマウントは、前記第 1 位置合わせ部と同一のマスクプロセスで形成された位置決めマークを有し、前記光半導体素子は、前記位置決めマークを基準として、前記サブマウントに対して位置決めされて設けられることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光モジュール。

【請求項 5】

前記ファイバ固定部材は、樹脂から一体成型されることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の光モジュール。

【請求項 6】

前記第 2 位置合わせ部は、前記固定溝と略平行に形成されることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の光モジュール。

【請求項 7】

前記ガイドレールは、その長手方向に垂直な平面での断面形状がテーパ状であることを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の光モジュール。

【請求項 8】

前記光半導体素子と前記凹面鏡との間に設けられ、前記光ファイバ及び対応する前記光半導体素子のいずれか一方から出射した光を他方へと集光するレンズを備えることを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の光モジュール。

【請求項 9】

前記光半導体素子は、光検出素子であることを特徴とする請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の光モジュール。

【請求項 10】

前記光半導体素子は、発光素子であることを特徴とする請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の光モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光ファイバと光半導体素子とが光学的に接続された光モジュールに関する。

【0002】**【従来の技術】**

近年、光通信市場においては、基幹回線のインフラ整備の拡充に伴い、ユーザ側回線の設備、及びユーザ側回線と基幹回線とを接続する設備の整備に目が向けられている。具体的には、メトロエリアネットワーク、アクセス系、及び学校や会社内のLANの充実、また、プロバイダ内のサーバやルータの高速化・大容量化などが望まれている。

【0003】

特に、学校や会社内のLAN、あるいはプロバイダ内のサーバ、ルータなどでの光接続は、VSR (Very Short Reach) やインターコネクションと呼ばれている。このような光接続は、短距離だが、高速大容量での信号伝送が望まれている。一方、低コストであることが望まれるため、高速といっても、例えば10Gbpsの伝送速度をもつ光接続のように必要な設備が高価なものは適さない。

【0004】

このような要望から、最大2.5Gbps程度の速度で光信号を並列に伝送する光モジュールが注目されている。この光モジュールでは、光ファイバアレイであるテープファイバと光半導体素子アレイとが位置合わせされて接続されることによって、複数の光信号が並列に伝送される。ところが、その位置合わせを調芯で行うのでは、低コストな光モジュールを実現することができない。そこで、パッシブアライメント方式で位置合わせされた光モジュールが提案されている (特許文献1, 2)。

【0005】

図7は、従来のパッシブアライメント方式による光モジュールの構成例を示した断面図である (非特許文献1参照)。光ファイバ92と光半導体素子94との位置合わせは、ファイバフェルール91の有するガイドピン95が基板93の有するガイドピン挿入孔96に挿入接着されることによって行われている。ここで、光ファイバ92はガイドピン95に対して位置合わせされたファイバ挿通部に挿通されており、光半導体素子94はガイドピン挿入孔96と同じマスクプロセスで形成された位置決めマークをガイドとして基板93上に位置決めされて固定されている。

【0006】**【特許文献1】**

特開平7-77634号公報

【特許文献2】

特開平7-151940号公報

【非特許文献1】

「電子情報通信学会技術研究報告」、LQE99-130、p. 1-6

【0007】**【発明が解決しようとする課題】**

従来のパッシブアライメント方式の光モジュールにおいては、いずれも光ファイバの取り付けは、光モジュール全体の組立工程のうち早い段階で行われる。例えば、図7に示した光モジュールにおいては、基板93をサブマウントとして回路基板に取り付ける場合、モジュール高さを低く抑えるために、基板93を回路基板に対して垂直に立てて固定する。このとき、基板93を回路基板に固定した後では、ファイバフェルール91を基板93に対して取り付けにくい。そこで、光ファイバ92を有するファイバフェルール91と、光半導体素子94を有する基板93との取り付けは、基板93を回路基板に対して固定する工程よりも前に行われる。

【0008】

このように、光ファイバを取り付ける工程が光モジュール全体の組立ての早い段階で行われる場合、その後の工程におけるハンドリングや自動化に支障を来すという問題がある。例えば、光半導体素子、あるいは光半導体素子が設けられた基板を回路基板に対してダ

イボンディング、ワイヤボンディング等する工程においては、光ファイバが取り付けられていることを考慮した専用の装置が必要である。そして、このような問題は、光モジュールの量産化・低コスト化を妨げてきた要因である。

【0009】

本発明は、以上の問題点を解決するためになされたものであり、量産化および低コスト化に適した光モジュールを提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

このような目的を達成するために、本発明による光モジュールは、(1) 所定の第1面上に設けられた光半導体素子と、第1面上に形成された第1位置合わせ部とを有するサブマウントと、(2) 所定の第2面上に形成され、光ファイバを位置決めして固定するための固定溝と、固定溝に対して設けられ、固定溝に固定される光ファイバ及び対応する光半導体素子のいずれか一方から出射した光を他方へと導く凹面鏡と、第2面上に形成された第2位置合わせ部とを有するファイバ固定部材と、(3) 固定溝に固定された光ファイバと、を備え、(4) 第1位置合わせ部及び第2位置合わせ部は、その一方はガイドレールから、他方はガイドレールと嵌合するガイド溝からなり、サブマウントとファイバ固定部材とは、第1位置合わせ部と第2位置合わせ部とが嵌合することによって、位置合わせされて固定されることを特徴とする。

10

【0011】

上記した光モジュールにおいては、サブマウントの第1位置合わせ部とファイバ固定部材の第2位置合わせ部とが嵌合することによって、光半導体素子と光ファイバとが位置合わせされる。このため、本光モジュールにおいては、パッシブアライメント方式による位置合わせが可能となっている。

20

【0012】

また、位置合わせ部としてガイドレールとガイド溝とを用いているので、光半導体素子と光ファイバとを高精度で位置合わせすることができる。

【0013】

また、光半導体素子が設けられるサブマウントの第1面に対して、光ファイバが固定されるファイバ固定部材の第2面が対向して配置される。これにより、光ファイバが固定されたファイバ固定部材をサブマウントに対して位置合わせして固定する工程を、サブマウントを回路基板にダイボンディング、ワイヤボンディング等する工程よりも後に行うことが可能となる。このため、サブマウントを回路基板にダイボンディング、ワイヤボンディング等する工程におけるハンドリングや自動化に支障が生じることがなく、量産化、低コスト化が可能な光モジュールが実現される。また、光ファイバがサブマウントの第1面に対して平行に配置されるので、モジュール高さが低く抑えられている。

30

【0014】

さらに、光ファイバと光半導体素子との間の導光光学系として、凹面鏡が設けられている。これにより、光ファイバ及び光半導体素子のいずれか一方から出射した光は、集光されて他方へと導かれるので、高い光結合率を実現することができる。

【0015】

本発明による光モジュールは、N (Nは2以上の整数) 個の光半導体素子を有するサブマウントと、互いに平行なN本の固定溝と、N本の固定溝それぞれに対して設けられるN個の凹面鏡とを有するファイバ固定部材と、N本の固定溝それぞれに固定されたN本の光ファイバと、を備えることを特徴としてもよい。この場合、複数の光信号を並列に伝送することができるため、より高速大容量での伝送を可能にする光モジュールが提供される。

40

【0016】

また、光半導体素子は、サブマウントと同一の材料から同一の半導体プロセスで作られることにより、第1位置合わせ部とモノリシックに形成されることを特徴としてもよい。あるいは、サブマウントは、第1位置合わせ部と同一のマスクプロセスで形成された位置決めマークを有し、光半導体素子は、位置決めマークを基準として、サブマウントに対して

50

位置決めされて設けられることを特徴としてもよい。これらの場合、光半導体素子と第1位置合わせ部とが互いに高精度で位置合わせされたサブマウントを得ることができる。

【0017】

また、ファイバ固定部材は、樹脂から一体成型されることを特徴としてもよい。この場合、固定溝、凹面鏡、及び第2位置合わせ部が互いに高精度に位置合わせされたファイバ固定部材を得ることができる。

【0018】

また、第2位置合わせ部は、固定溝と略平行に形成されることを特徴としてもよい。この場合、第2位置合わせ部と固定溝とを互いに位置合わせして形成することが容易になる。

【0019】

また、ガイドレールは、その長手方向に垂直な平面での断面形状がテーパ状であることを特徴としてもよい。この場合、ガイドレールとガイド溝との嵌合がし易くなる。

【0020】

また、光モジュールは、光半導体素子と凹面鏡との間に設けられ、光ファイバ及び対応する光半導体素子のいずれか一方から出射した光を他方へと集光するレンズを備えることを特徴としてもよい。この場合、凹面鏡による集光と併せて、光結合率をより向上させることができる。

【0021】

また、サブマウントに設けられる光半導体素子としては、光検出素子を用いることができる。この場合、本光モジュールは、光受信モジュールとなる。あるいは、光半導体素子として、発光素子を用いることができる。この場合、本光モジュールは、光送信モジュールとなる。

【0022】

【発明の実施の形態】

以下、図面とともに本発明による光モジュールの好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明においては、同一要素には同一符号を付し、重複する説明を省略する。また、図面の寸法比率は、説明のものと必ずしも一致していない。

【0023】

図1は、本発明による光モジュールの一実施形態の構成を示す側面断面図である。この図1を用いて、本実施形態による光モジュールの構成の概略を説明する。本光モジュールは、N（Nは自然数）本の光ファイバとN個の光半導体素子とが光学的に接続され、光信号を並列に伝送する光送信用または光受信用の光モジュールである。以下に説明する実施形態では、N=4である。また、図1には、4組のうちの1組の光ファイバと光半導体素子について、それらの光軸を含む平面による断面図が示されている。図1においては、その左右方向が光ファイバの光軸に沿った光伝送方向となっている。

【0024】

本光モジュールは、回路基板41、サブマウント1、ファイバ固定部材2、及び被覆光ファイバアレイ31を備える。回路基板41は、サブマウント1を実装するマウント基板である。また、回路基板41上には、信号処理に必要な配線や電子回路等が実装される。図1においては、回路基板41上には、電気信号を増幅して出力するプリアンプ43が実装されている。

【0025】

サブマウント1は、光半導体素子を設置するための基板である。このサブマウント1は、回路基板41上に載置されている。また、サブマウント1の回路基板41とは反対側の面は、光半導体素子が設けられる光素子設置面（第1面）16となっている。サブマウント1の基板としては、例えばシリコン基板を用いることができる。

【0026】

光素子設置面16上には、フォトダイオードアレイ11が設けられている。このフォトダイオードアレイ11は、光半導体素子として4個のフォトダイオード（光検出素子）12が一定のピッチで配列された光半導体素子アレイである。これらのフォトダイオード12

10

20

30

40

50

は、後述する光ファイバ3の光軸に対して垂直な方向（図1では紙面に垂直な方向）を配列方向として設けられている。また、回路基板41上のプリアンプ43、サブマウント1上のフォトダイオードアレイ11、及び回路基板41、サブマウント1上に設けられた電極、配線等は、それぞれダイボンディングまたはワイヤボンディング等によって電氣的に接続されている。

【0027】

ファイバ固定部材2は、光ファイバを固定する部材である。このファイバ固定部材2は、サブマウント1に対して回路基板41とは反対側に設置されている。また、ファイバ固定部材2のサブマウント1の光素子設置面16に対向する面は、光ファイバが固定される光ファイバ固定面（第2面）26となっている。ファイバ固定部材2は、例えば樹脂から一

10

【0028】

光ファイバ固定面26上には、光ファイバを位置決めして固定するための固定溝として、4本のV溝21が、互いに平行に形成されている。また、これらのV溝21に対して、一定のピッチで配列された4本の光ファイバを有する被覆光ファイバアレイ31が設置されている。この被覆光ファイバアレイ31は、その先端部分が所定の長さにはわたって被覆が除去されて、4本の光ファイバ3が露出されている。そして、これらの露出された光ファイバ3が、それぞれ対応するV溝21に位置決めして固定されている。

【0029】

これらのV溝21及びV溝21に固定される光ファイバ3は、光ファイバ3の光軸に対して垂直な方向を配列方向とし、フォトダイオード12に対応するように同一のピッチで配置されている。また、ファイバ固定部材2には、サブマウント1の上方に位置してV溝21が設けられた光ファイバ固定部2aとともに、サブマウント1及び光ファイバ固定部2aからみて被覆光ファイバアレイ31が伸びる向きへと突出するアレイ収容部2bが設けられている。

20

【0030】

また、光ファイバ固定面26上には、光ファイバ3のそれぞれの光軸上で、その端面に対向する位置に、凹面鏡22が設けられている。この凹面鏡22は、4本のV溝21及び光ファイバ3のそれぞれに対して設けられている。また、凹面鏡22は、サブマウント1からみて、対応するフォトダイオード12の上方へと向かう光軸上に配置されている。凹面鏡22は、光ファイバ3の端面から出射した光の光路を鉛直下方へと略90°変換するとともに平行光として、その光をフォトダイオード12へと集光しつつ導く。

30

【0031】

凹面鏡22とフォトダイオード12との間には、ボールレンズ14が、その光軸がフォトダイオード12の光軸に一致するように位置決めされて設けられている。このボールレンズ14は、光ファイバ3から出射されて凹面鏡22によって光路が変換された光に対応するフォトダイオード12へと集光する。本実施形態においては、これらの凹面鏡22及びボールレンズ14により、光ファイバ3とフォトダイオード12との間の導光光学系が構成されている。ボールレンズ14の位置決めは、例えば、フォトダイオードアレイ11と同じ半導体プロセスにおいてレジスト等を用いて形成されたレンズ取り付け用の台座に固

40

【0032】

上述した回路基板41、サブマウント1、ファイバ固定部材2等は、筐体本体部44aと筐体本体部44aの上部に位置する筐体蓋部44bとから構成される筐体45に収められている。筐体本体部44aの底部45a上に、回路基板41が、サブマウント1が実装されている面と反対側の面が底部45aと対面して設けられている。

【0033】

筐体45の側部のうち、光ファイバ固定部2aからみてアレイ収容部2bの向きにある側部45bには、光ファイバ3の光軸上に開口47が設けられている。この開口47には、被覆光ファイバアレイ31が通されている。

50

【0034】

被覆光ファイバアレイ 31 が通された開口 47 には、半田 48 が充填されている。この半田 48 は、被覆光ファイバアレイ 31 を筐体 45 に対して固定するとともに、開口 47 を塞いで筐体 45 を気密に保っている。このように、被覆光ファイバアレイ 31 を半田 48 によって固定する場合、被覆光ファイバアレイ 31 の被覆としては、例えばメタライズファイバのように金属製のものを用いることが好ましい。あるいは、被覆光ファイバアレイ 31 の筐体 45 への固定は、樹脂等によって行ってもよい。

【0035】

筐体 45 の側部 45b と対向する側部 45c には、出力端子 42 が挿通されている。この出力端子 42 は、プリアンプ 43 で増幅されたフォトダイオード 12 からの電気信号を筐体外部に導くものである。 10

【0036】

図 2 は、ファイバ固定部材 2 の側から見たサブマウント 1 の斜視図である。この図 2 を用いて、サブマウント 1 の構成を詳細に説明する。

【0037】

サブマウント 1 の光素子設置面 16 上には、第 1 位置合わせ部として、互いに平行に延びる 2 本のガイド溝 10 が形成されている。ガイド溝 10 は、光ファイバ 3 とフォトダイオード 12 とをパッシブアライメント方式で位置合わせするためのものである。このガイド溝 10 の形成方向は、フォトダイオード 12 の配列方向と垂直な方向である。また、ガイド溝 10 は、ファイバ固定部材 2 が有する第 2 位置合わせ部に対応する所定の位置に設けられて 20 いる。また、ガイド溝 10 の長手方向に垂直な平面での断面形状は、光素子設置面 16 からサブマウント 1 の内側に向かって次第に幅が狭くなるテーパ状である。

【0038】

また、光素子設置面 16 上には、位置決めマーク 13 が形成されている。この位置決めマーク 13 は、フォトダイオードアレイ 11 をサブマウント 1 に対して位置決めして固定する際に基準となるものである。位置決めマーク 13 は、2 本のガイド溝 10 に対して位置合わせされており、好ましくはガイド溝 10 と同一のマスクプロセスで形成される。

【0039】

位置決めマーク 13 に対して光ファイバ 3 の光伝送方向の上流側となる位置に、フォトダイオードアレイ 11 が設置されている。フォトダイオードアレイ 11 のサブマウント 1 に対する固定は、例えばフリップチップボンディングによって行うことができる。また、第 1 位置合わせ部であるガイド溝 10 は、フォトダイオードアレイ 11 に対して位置合わせ 30 されている。

【0040】

図 3 は、サブマウント 1 側から見たファイバ固定部材 2 の斜視図である。この図 3 を用いて、ファイバ固定部材 2 の構成を詳細に説明する。

【0041】

ファイバ固定部材 2 の光ファイバ固定面 26 上には、第 2 位置合わせ部として、互いに平行に延びる 2 本のガイドレール 20 が形成されている。ガイドレール 20 は、ガイド溝 10 と嵌合することによって、光ファイバ 3 とフォトダイオード 12 とをパッシブアライメント方式で位置合わせするためのものである。このガイドレール 20 は、その長手方向に 40 垂直な平面での断面形状がガイド溝 10 と同様に、光ファイバ固定面 26 からサブマウント 1 側に向かって次第に幅が狭くなるテーパ状をしている。このガイドレール 20 の形成方向は、V 溝 21 の形成方向と平行である。

【0042】

光ファイバ固定面 26 は、光伝送方向に垂直な方向である光ファイバ 3 の配列方向からみて、その中央部分が光伝送方向に沿って凹状に低く形成されている。この凹状部分が光ファイバ 3 を固定するための V 溝 21 が形成される V 溝形成部 26a となっている。このような構成により、光ファイバ固定面 26 上に設置される光ファイバ 3 及び凹面鏡 22 と、サブマウント 1 の光素子設置面 16 上に設置されるフォトダイオード 12 との間の距離が 50

好適に設定される。

【0043】

本実施形態においては、このV溝形成部26aのうちで光伝送方向の上流側部分がアレイ収容部2b、下流側部分が光ファイバ固定部2aとなっている。光ファイバ固定部2aには、図1に関して上述したように、光伝送方向に沿った4本のV溝21が形成され、さらにその下流側に4個の凹面鏡22が設けられている。

【0044】

光ファイバ3の配列方向からみて、V溝形成部26aの両側は、それぞれガイドレール形成部26bとなっている。上記した2本のガイドレール20は、両側のガイドレール形成部26bにそれぞれ1本ずつ、V溝形成部26aに形成された4本のV溝21を挟むように設けられている。これらの第2位置合わせ部であるガイドレール20は、V溝21及びV溝21に固定される光ファイバ3に対して位置合わせされている。また、V溝形成部26aとガイドレール形成部26bとを合わせた光ファイバ固定面26の、光ファイバ3の配列方向についての幅は、サブマウント1の幅と略一致している。

【0045】

光ファイバ3の配列方向からみてガイドレール形成部26bの外側となる光ファイバ固定面26の両側には、それぞれガイド部27が設けられている。このガイド部27は、光ファイバ固定面26から見てサブマウント1が配置される側へと突出しており、ファイバ固定部材2をサブマウント1に対して位置合わせして固定する際に、ガイドレール20とガイド溝10との嵌合をガイドする部分となっている。また、このガイド部27の突出高さは、サブマウント1の高さよりも小さく設定されている。

【0046】

図4は、図3に示したファイバ固定部材2に被覆光ファイバアレイ31及び光ファイバ3が固定された状態を示した斜視図である。図4に示すように、4本のV溝21それぞれに対して、光ファイバ3が固定される。この固定は、光ファイバ3をV溝21内に入れた後、接着剤で接着固定することによって行われる。なお、固定に際しては、ガラス板等を光ファイバ押さえとして用いてもよい。

【0047】

図5は、図1に示した光モジュールのI-I線に沿った正面断面図である。ファイバ固定部材2は、そのガイド部27がサブマウント1を両側から挟み込むとともに、ファイバ固定部材2の光ファイバ固定面26のうちのガイドレール形成部26bと、サブマウント1の光素子設置面16とが接するように設置される。このとき、図5に示すように、サブマウント1に形成されたガイド溝10とファイバ固定部材2に形成されたガイドレール20とが嵌合する。これにより、ガイド溝10に対して位置合わせされたフォトダイオード12と、ガイドレール20に対して位置合わせされた光ファイバ3とが、パッシブアライメント方式により位置合わせされる。

【0048】

また、ファイバ固定部材2と、サブマウント1の下方にある回路基板41とは、接着剤により固定される。図5においては、ファイバ固定部材2に設けられたガイド部27の下面、及び回路基板41の上面の間に充填された接着剤46が示されている。

【0049】

次に、図1を用いて、本光モジュールの組立て工程を説明する。まず、筐体本体部44aに対して回路基板41を取り付ける。さらに、この回路基板41に対してサブマウント1及びプリアンプ43を取り付ける。これらの取り付けは、樹脂によるダイボンディング、金線又はアルミ線によるワイヤボンディング等によってすることができる。

【0050】

一方、サブマウント1の取り付け工程とは別工程で、ファイバ固定部材2に対して光ファイバ3を固定する。そして、ガイドレール20をガイド溝10に嵌合させることによって、光ファイバ3が固定されたファイバ固定部材2をサブマウント1に対して位置合わせして固定する。この状態で、接着剤46を所定の空間に充填し、ファイバ固定部材2を回路

基板 4 1 に対して接着固定する。

【0051】

最後に、開口 4 7 に被覆光ファイバアレイ 3 1 を通してから、筐体蓋部 4 4 b を筐体本体部 4 4 a に対して封じ固定することで光モジュールが完成する。この封じ固定は、樹脂を用いた接着固定によって行うことができる。

【0052】

本実施形態の光モジュールの効果について説明する。本光モジュールにおいては、サブマウント 1 のガイド溝 1 0 とファイバ固定部材 2 のガイドレール 2 0 とが嵌合することによって、光ファイバ 3 とフォトダイオード 1 2 とが位置合わせされている。このため、本光モジュールにおいては、パッシブアライメント方式による位置合わせが実現されている。

10

【0053】

また、第 1 位置合わせ部としてガイド溝 1 0 を、第 2 位置合わせ部としてガイドレール 2 0 を用いている。このため、光ファイバ 3 とフォトダイオード 1 2 とが高精度に位置合わせされている。なお、サブマウント 1 に形成される第 1 位置合わせ部をガイドレール、ファイバ固定部材 2 に形成される第 2 位置合わせ部をガイド溝としてもよい。

【0054】

また、光素子設置面 1 6 に対して光ファイバ固定面 2 6 が対向して配置されるので、光ファイバ 3 が固定されたファイバ固定部材 2 をサブマウント 1 に対して位置合わせして固定する工程を、サブマウント 1 を回路基板 4 1 にダイボンディング、ワイヤボンディング等する工程よりも後に行うことができる。このため、サブマウント 1 を回路基板 4 1 にダイ

20

【0055】

さらに、光ファイバ 3 とフォトダイオード 1 2 との間の導光光学系として凹面鏡 2 2 が設けられている。これにより、光ファイバ 3 から出射した光は集光されてフォトダイオード 1 2 へと導かれるので、高い光結合率が実現されている。

【0056】

また、本実施形態においては、凹面鏡 2 2 は、光ファイバ 3 からの光を平行光にする。したがって、光ファイバ 3 からの光は凹面鏡 2 2 からボールレンズ 1 4 までの光路を平行光として進むこととなるため、光モジュールのトレランスが緩やかになる。例えば、光学シミュレータを用いた計算によると、凹面鏡 2 2 とフォトダイオード 1 2 との位置関係が、 $\pm 40 \mu\text{m}$ 程度動いても光結合が可能であるという結果が得られている。なお、凹面鏡 2 2 は、必ずしも反射光を平行光束にするものに限られない。

30

【0057】

また、本光モジュールによれば、光ファイバ 3 及びフォトダイオード 1 2 がそれぞれ複数設けられているため、複数の光信号を並列に伝送することができる。このため、高速大容量での伝送が可能な光モジュールが実現されている。

【0058】

また、フォトダイオード 1 2 と凹面鏡 2 2 との間に、集光のためのボールレンズ 1 4 が設けられている。このため、高い光結合率が実現されている。ただし、凹面鏡 2 2 による集光のみで十分な光結合率を得られる場合には、ボールレンズ 1 4 を設けなくてもよい。例えば、光ファイバ 3 としてコア径 $10 \mu\text{m}$ のシングルモードファイバを用いる場合、あるいは使用するフォトダイオード 1 2 の光検出径が充分大きい場合などである。

40

【0059】

また、ボールレンズ 1 4 の位置決めは、フォトダイオードアレイ 1 1 と同じ半導体プロセスにおいてレジスト等を用いて形成されたレンズ取り付け用の台座に固定することによって行うことができる。このようにすれば、ボールレンズ 1 4 を $\pm 1 \sim 2 \mu\text{m}$ 以下の精度で位置決めすることができる。

50

【0060】

また、位置決めマーク13とガイド溝10とを同一のマスクプロセスで形成した場合、位置決めマーク13をガイド溝10に対して $\pm 1 \sim 2 \mu\text{m}$ 以下の精度で位置合わせすることができる。したがって、この場合、フォトダイオードアレイ11とガイド溝10とを互いに高精度に位置合わせすることができる。

【0061】

なお、フォトダイオードアレイ11をサブマウント1と同一の材料から同一の半導体プロセスで作ることにより、ガイド溝10とモノリシックに形成してもよい。このように形成した場合も、フォトダイオードアレイ11とガイド溝10とは互いに高精度に位置合わせされる。このとき、位置決めマーク13は不要であるため形成しなくてもよい。

10

【0062】

また、フォトダイオードアレイ11をサブマウント1に対してフリップチップボンディングによって実装する場合、 $\pm 5 \mu\text{m}$ 以下の精度で位置決めすることができる。

【0063】

また、ファイバ固定部材2を樹脂から一体成型した場合、V溝21及び凹面鏡22それぞれのピッチ、V溝21と凹面鏡22との相対的な位置関係、並びにガイドレール20とV溝21との相対的な位置関係を、 $\pm 10 \mu\text{m}$ 以下の精度で高精度に作ることができる。なお、ファイバ固定部材2は、MIM (Metal Injection Mold) によって一体成型することもできる。このように成型した場合、樹脂から一体成型する場合と同様の高精度で作ることができる。

20

【0064】

また、ファイバ固定部材2において、光ファイバ3と凹面鏡22との間に、屈折率整合特性を有した接着剤を充填してもよい。このようにすれば、光ファイバ3の先端からの戻り光を抑えることができる。

【0065】

また、ガイドレール20は、V溝21と略平行に形成されている。このため、ガイドレール20とV溝21とを容易に位置合わせして形成することができる。さらに、ガイドレール20がV溝21の両側に位置するガイドレール形成部26b上に1本ずつ形成されているため、サブマウント1とファイバ固定部材2とが高精度に位置合わせされている。

【0066】

また、ガイド溝10及びガイドレール20は、その長手方向に垂直な平面での断面形状がテーパ状をしている。このため、ガイド溝10とガイドレール20との嵌合が容易である。また、ファイバ固定部材2にガイド部27を設けているため、ガイド溝10とガイドレール20との嵌合をワンタッチで容易に行うことができる。

30

【0067】

ところで、ガイドレールとガイド溝とが嵌合することによって、光ファイバと光半導体素子とが位置合わせされた光モジュールについては、特許文献1、2にも記載がある。

【0068】

特許文献1には、光ファイバが固定される基板上に形成されたガイドレールと光半導体素子に直接形成されたガイド溝とを嵌合させることによって、光ファイバと光半導体素子とがパッシブアライメント方式で位置合わせされた光モジュールが記載されている。

40

【0069】

しかし、この光モジュールにおいては、光ファイバと光半導体素子とが同一の光軸に沿って配置される構成となっている。そのため、基板には、光軸に沿って、光ファイバの固定部分に加えて光半導体素子の設置部分を設ける必要がある。したがって、この光モジュールは小型化することができないという問題がある。

【0070】

これに対し、本発明による光モジュールにおいては、光ファイバ3から出射した光の光路を変換する凹面鏡22が設けられ、光ファイバ3からの光は光ファイバ固定面26に対向する位置にあるフォトダイオード12に入射する構成をとっている。このため、ファイバ

50

固定部材 2 にフォトダイオード 1 2 の設置部分を設ける必要がない。したがって、本光モジュールは小型化することができる。

【0071】

また、特許文献 2 には、ファイバ固定部材およびサブマウントの他に位置合わせ用の基板が設けられた光モジュールが記載されている。

【0072】

しかし、この光モジュールにおいては、位置合わせ部を、ファイバ固定部材 2 とサブマウントだけでなく、基板に対しても形成する必要がある。そのため、位置合わせ部の形成工程、ひいては光モジュール全体の製造工程が複雑になる。また、位置合わせ部どうしの嵌合箇所が独立して 2 箇所（ファイバ固定部材－基板間、及びサブマウント－基板間の 2 箇所）あるため、位置合わせの誤差が増幅されてしまうという問題がある。 10

【0073】

これに対し、本発明による光モジュールにおいては、サブマウント 1 とファイバ固定部材 2 にのみ位置合わせ部 10, 20 を設けて、これらを直接嵌合して位置合わせしている。このため、本光モジュールは、製造工程が簡素化されているとともに、高精度で位置合わせされている。

【0074】

また、パッシブアライメント方式による光モジュールとしては、例えば、図 6 に示す構成も考えられる。図 6 の光モジュールにおいては、光ファイバ 8 2 と光半導体素子 8 4 との位置合わせは、基板 8 1 上に同一のマスクプロセスで形成された V 溝と位置合わせ用マークとによって行われている。基板 8 1 上には、光ファイバ 8 2 と光半導体素子 8 4 との間で光を導く平面鏡 8 5 が設けられている。 20

【0075】

しかし、この光モジュールにおいては、光ファイバ 8 2 が光半導体素子 8 4 の下に入り込むため、光ファイバ 8 2 を V 溝に接着固定した後で、光半導体素子 8 4 が位置合わせ用マークをガイドとしてフリップチップ実装される。このため、光半導体素子 8 4 をフリップチップ実装する工程におけるハンドリングや自動化に支障を来す。したがって、この光モジュールは、量産化、低コスト化することができないという問題がある。

【0076】

これに対し、図 1 の光モジュールにおいては、サブマウント 1 を回路基板 4 1 にダイボンディング、ワイヤボンディング等した後で、光ファイバ 3 が固定されたファイバ固定部材 2 をサブマウント 1 に対して位置合わせして固定することができる。このため、本光モジュールは、量産化、低コスト化することができる。 30

【0077】

さらに、図 6 の光モジュールにおいては、光半導体素子 8 4 の裏面（光検出面と反対側の面）がフローティングとなっている。このため、光半導体素子 8 4 からの放熱を効率良く行うことができないという問題がある。このことは、特に VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) 等の発熱量の多い素子を用いる場合、光モジュールの動作を不安定にする要因となる。

【0078】

これに対し、図 1 の光モジュールにおいては、フォトダイオード 1 2 がサブマウント 1 上に設けられているため、その裏面はフローティングとならない。このため、本光モジュールは、フォトダイオード 1 2 からの放熱を効率良く行うことができる。 40

【0079】

また、図 6 及び図 7 に示すような光モジュールにおいては、凹面鏡等の集光光学系を使っていないため光結合率が低いという問題がある。すなわち、2.5 Gbps 程度の高速動作を考えた場合、光半導体素子 8 4, 9 4 としては、通常光検出径が 40～80 μm ものが使われる。一方、光ファイバ 8 2, 9 2 から光半導体素子 8 4, 9 4 までの光軸に沿った距離は、図 6 ではファイバのクラッド径 (125 μm) 以上、図 7 ではボンディングに使われているワイヤのループ高さ (約 100 μm) 以上にする必要がある。その結果、光 50

半導体素子 84, 94 上でのスポット径は、コア径 $62.5\ \mu\text{m}$ 、開口数 0.275 の場合で $117.5\ \mu\text{m}$ 、コア径 $50\ \mu\text{m}$ の場合で $92\ \mu\text{m}$ となるため、光半導体素子 84, 94 において全光量を検出することができない。特にコア径及び開口数が大きいマルチモードファイバを用いる場合には、さらに光結合率が低下してしまう。

【0080】

これに対し、図 1 の光モジュールにおいては、光ファイバ 3 からの光は凹面鏡 22 によってフォトダイオード 12 へと導かれるとともに集光されるため、高い光結合率が実現されている。

【0081】

本発明による光モジュールの光学設計の一例を説明する。ここでは、光ファイバ 3 として 10
コア径 $62.5\ \mu\text{m}$ 、開口数 0.275 のマルチモードファイバを、フォトダイオード 12 として $2.5\ \text{Gbps}$ までの高速動作が可能な光検出径 $80\ \mu\text{m}$ のものを用いた場合を想定している。また、フォトダイオードアレイ 11 におけるフォトダイオード 12 の配列ピッチは、 $250\ \mu\text{m}$ である。

【0082】

この場合、1 本の光ファイバ 3 からの光が 2 つ以上のフォトダイオード 12 の光検出部に 20
入射するクロストークを防ぐためには、マージンを考えて、光束の広がりをも $200\ \mu\text{m}$ 以下に抑えることが必要である。このため、光ファイバ 3 と凹面鏡 22 との間隔は、 $250\ \mu\text{m}$ が上限である。

【0083】

一方、凹面鏡 22 とフォトダイオード 12 との間隔は、ボールレンズ 14 を設けない場合 20
であっても、ボンディングワイヤのスペースを考慮して $250\ \mu\text{m}$ 以上にすることが必要である。これに加えて、凹面鏡 22 の反射中心から光ファイバ 3 までの距離も考慮しなければならないので、凹面鏡 22 とフォトダイオード 12 との間隔は、 $312.5\ \mu\text{m}$ 以上にすることが必要である。なお、光ファイバ押さえとしてガラス板等を設けた場合には、その厚みも考慮しなければならないため、その間隔の下限値は $312.5\ \mu\text{m}$ よりも大きくなる。

【0084】

以上より、本発明による光モジュールにおいては、光ファイバ 3 と凹面鏡 22 との間隔より 30
も凹面鏡 22 とフォトダイオード 12 との間隔の方が大きくなり、拡大系の光学系となってしまう。前者の間隔を上限値の $250\ \mu\text{m}$ 、後者の間隔を下限値の $312.5\ \mu\text{m}$ として構成した場合であっても、拡大倍率は 1.25 となり、径 $62.5\ \mu\text{m}$ のコアの像がフォトダイオード 12 上で径 $78\ \mu\text{m}$ の像となる。このとき、フォトダイオード 12 の光検出径は $80\ \mu\text{m}$ であるが、各部材 1, 2 の製造及びそれらの組立てにおける公差を考慮すると 100% の光結合率を実現することは困難である。

【0085】

そこで、本光モジュールにおいては、凹面鏡 22 等の集光光学系を設けることによって、 40
光ファイバ 3 からの光を集光した上でフォトダイオード 12 へと導く構成としている。このため、本光モジュールにおいては、 100% の光結合率を実現することが可能となっている。

【0086】

なお、図 1 ～図 5 に示した光モジュールにおいては、光ファイバ 3 の本数およびフォトダイオード 12 の個数等を表す N を 4 としたが、この個数 N については、適宜設定してよい 40
。 N を 2 以上に設定した場合、上述のように、複数の光信号を並列に伝送することができるため、より高速大容量での伝送が可能になる。また、 N を 1 に設定した場合も、光ファイバ 3 とフォトダイオード 12 との位置合わせ等について、図 1 ～図 5 に示した光モジュールと同様の効果が奏される。

【0087】

また、光半導体素子としては、フォトダイオード 12 以外の光検出素子を用いてもよいし、あるいは、VCSEL 等の発光素子を用いてもよい。発光素子を用いる場合、凹面鏡 22 は発光素子から出射した光を光ファイバ 3 へと導き、またボールレンズ 14 は発光素子 50

から出射した光を集光する。

【0088】

【発明の効果】

本発明による光モジュールにおいては、第1位置合わせ部と第2位置合わせ部とが嵌合することによって、光ファイバと光半導体素子とが位置合わせされる。このため、パッシブアライメント方式による光ファイバと光半導体素子との位置合わせが実現されている。

【0089】

また、位置合わせ部としてガイドレールとガイド溝とを用いているので、光ファイバと光半導体素子とが高精度で位置合わせされている。

【0090】

また、光ファイバが固定されたファイバ固定部材をサブマウントに対して位置合わせして固定する工程を、サブマウントを回路基板にダイボンディング、ワイヤボンディング等する工程よりも後に行うことができる。このため、量産化、低コスト化が可能な光モジュールが実現されている。また、光ファイバがサブマウントの第1面に対して平行に配置されるので、モジュール高さが低く抑えられている。

【0091】

さらに、光ファイバと光半導体素子との間の導光光学系として、凹面鏡が設けられている。これにより、光ファイバ及び光半導体素子のいずれか一方から出射した光は、集光されて他方へと導かれるので、高い光結合率が実現されている。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による光モジュールの一実施形態の構成を示す側面断面図である。

【図2】図1に示した光モジュールに備えられたサブマウントの斜視図である。

【図3】図1に示した光モジュールに備えられたファイバ固定部材の斜視図である。

【図4】図3に示したファイバ固定部材に光ファイバが固定された状態を示す斜視図である。

【図5】図1に示した光モジュールのI-I線に沿った正面断面図である。

【図6】パッシブアライメント方式による光モジュールの構成例を示した側面断面図である。

【図7】従来のパッシブアライメント方式による光モジュールの構成例を示した断面図である。

【符号の説明】

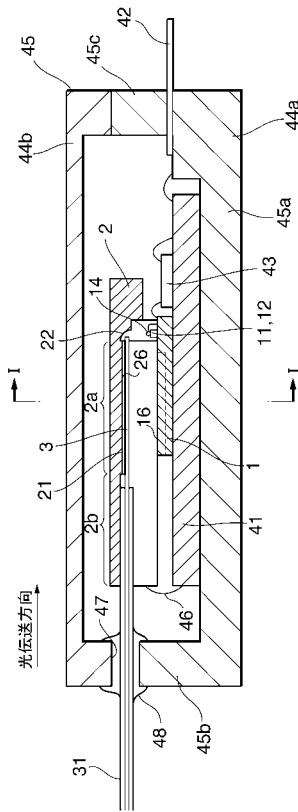
1・・・サブマウント、2・・・ファイバ固定部材、2a・・・光ファイバ固定部、2b・・・アレイ収容部、3・・・光ファイバ、10・・・ガイド溝、11・・・フォトダイオードアレイ、12・・・フォトダイオード、13・・・位置決めマーク、14・・・ボールレンズ、16・・・光素子設置面、20・・・ガイドレール、21・・・V溝、22・・・凹面鏡、26・・・光ファイバ固定面、26a・・・V溝形成部、26b・・・ガイドレール形成部、27・・・ガイド部、31・・・被覆光ファイバアレイ、41・・・回路基板、43・・・プリアンプ、45・・・筐体

10

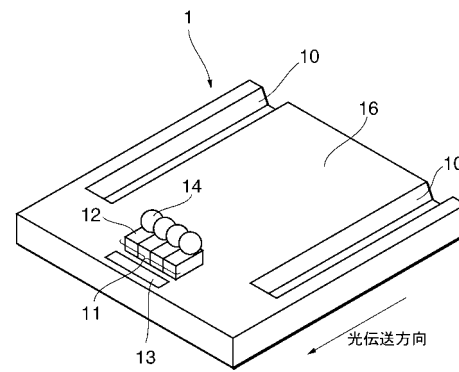
20

30

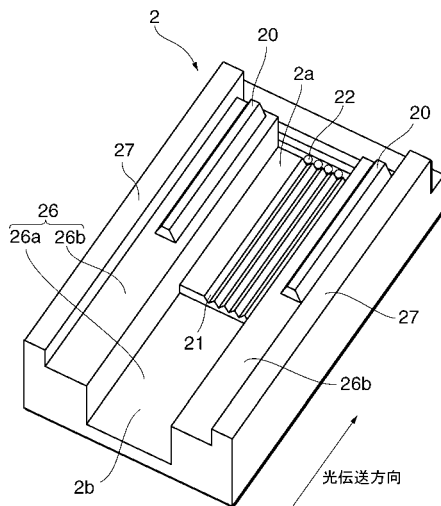
【図 1】



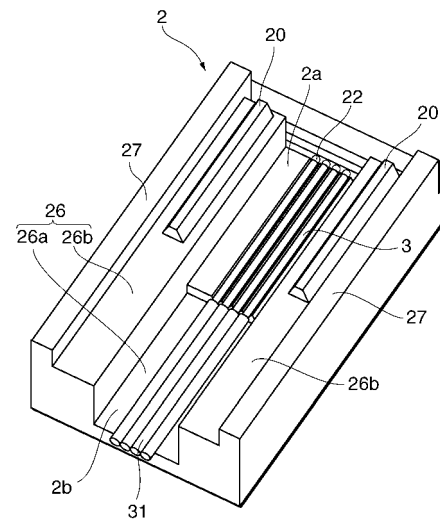
【図 2】



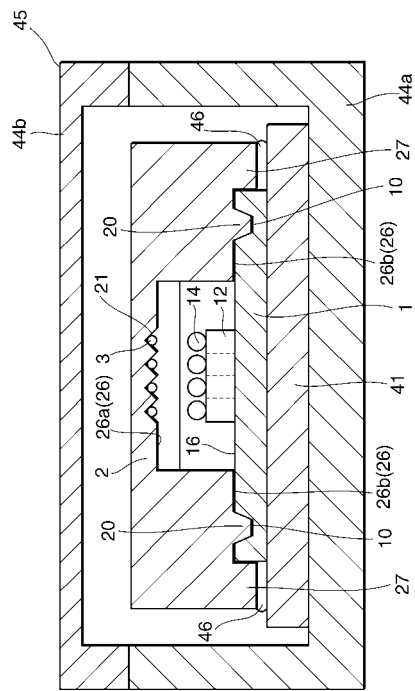
【図 3】



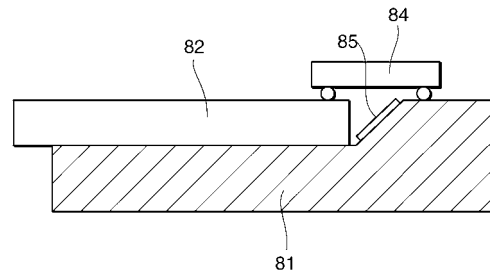
【図 4】



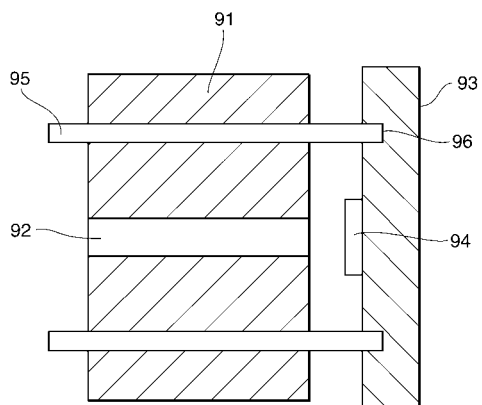
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 藁科 禎久

静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内

(72)発明者 田畑 桂

静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内

F ターム(参考) 2H037 AA01 BA03 BA05 BA12 BA14 CA14 CA38 DA03 DA04 DA06

DA11 DA12 DA17 DA36

5F041 AA37 DA13 DA32 EE03 EE04 EE05 EE08 EE23 FF14

5F073 AB16 AB28 AB29 BA01 FA07

5F088 AA01 BA16 BB01 EA03 JA14 JA20