

(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2012-220621

(P2012-220621A)

(43) 公開日 平成24年11月12日(2012.11.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2B 6/42 (2006.01)	GO2B 6/42	2H137
HO1L 31/0232 (2006.01)	HO1L 31/02 C	5F088

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2011-84461 (P2011-84461)
 (22) 出願日 平成23年4月6日 (2011.4.6)

(71) 出願人 000006231
 株式会社村田製作所
 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
 (74) 代理人 100079441
 弁理士 広瀬 和彦
 (72) 発明者 大島 啓吾
 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
 株式会社村田製作所内
 Fターム(参考) 2H137 AB05 AC02 AC05 BA01 BB12
 BC09 BC10 BC12 BC52 BC73
 CA15A CA42 CA75 DA12 GA07
 5F088 BB01 JA12 JA14

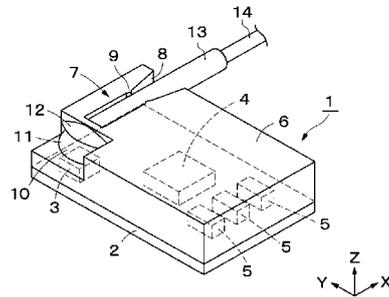
(54) 【発明の名称】 受信モジュール

(57) 【要約】

【課題】 実装ずれに伴う光結合の損失を抑制できると共に、製造コストを低減する。

【解決手段】 基板2の表面には、受光素子3等を封止した状態で樹脂層6を設ける。樹脂層6には、受光素子3を覆う位置に第1、第2のレンズ部11、12を積み重ねた光路変換部10を設けると共に、光路変換部10の近傍にフェルルール13を介して光ファイバ14を取り付ける固定機構7を設ける。第1のレンズ部11は、受光素子3に近い下部側に位置して第1の曲率半径R1で形成された第1の反射面11Aを有する。一方、第2のレンズ部12は、受光素子3から離れた上部側に位置して第1の曲率半径R1よりも大きな第2の曲率半径R2で形成された第2の反射面12Aを有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

受光素子と、該受光素子を表面に実装してなる基板と、該基板の表面を覆う樹脂層とを備え、

該樹脂層は、表面が開口すると共に該開口からフェルールに挿通された光ファイバの先端側を装着する凹部が形成された固定機構と、第 1 および第 2 の反射面を介して前記フェルールの伸長方向と前記受光素子の光路とを一致させる光学的に透明な樹脂材料で形成された光路変換部とを有し、

該光路変換部は、

第 1 の曲率半径で形成された前記第 1 の反射面を有する第 1 のレンズ部と、

前記第 1 の曲率半径よりも大きな第 2 の曲率半径で形成された前記第 2 の反射面を有する第 2 のレンズ部とからなり、

該第 2 のレンズ部の下面における前記第 2 の反射面の外周と前記第 1 のレンズ部の上面における前記第 1 の反射面の外周とが内接するように前記第 1 のレンズ部と前記第 2 のレンズ部とを積層し、

前記光ファイバから出射された光を、前記光路変換部で光路変換して前記受光素子に入射させてなる受信モジュール。

【請求項 2】

前記基板の表面に対して略水平に装着されるフェルールに挿通される光ファイバの中心軸の延長方向に前記第 1 のレンズ部の上面の外周と前記第 2 のレンズ部の下面の外周との内接点が位置するように、前記光路変換部が形成されてなる請求項 1 に記載の受信モジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光ファイバ内を伝播する光信号を受信する受信モジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、光モジュールとして、支持基板上に光素子と光導波路とを備えたものが知られている（例えば、特許文献 1 参照）。特許文献 1 に記載された光モジュールでは、光導波路が支持基板の表面に平行な状態で接着・固定されているから、光素子と光導波路との間で 90° の光路変換を行なう必要がある。このため、光導波路の先端を支持基板に対して 45° の傾斜角度をもってカットし、このカット面を 90° の光路変換を行なうミラーとして機能させている。また、支持基板に搭載された光素子は、透明樹脂によって封止されている。この封止樹脂の硬化時の収縮によって光軸がずれるのを防止するために、光導波路と封止樹脂との間には、空隙が形成されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2007 - 286289 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、上述した従来技術では、光導波路の先端を 45° の傾斜角度でカットしているため、光導波路のカット角度およびカット面の表面粗さを精度良く管理する必要があり、光導波路の加工コストが上昇する傾向がある。

【0005】

また、光素子と光導波路との間には空隙が形成されているから、この空隙に入り込んだ異物が封止樹脂の表面や光導波路に付着して、伝送エラーが発生する可能性もある。さらに、光素子と光導波路との間にレンズ等の集光部品が設けられていないため、光素子や光

10

20

30

40

50

導波路の位置ずれによって光素子と光導波路との間の光結合の損失が増大するという問題もある。

【0006】

本発明は上述した従来技術の問題に鑑みなされたもので、本発明の目的は、受光素子と光導波路との位置ずれに伴う光結合の損失を抑制できると共に、製造コストを低減した受信モジュールを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上述した課題を解決するために、請求項1の発明は、受光素子と、該受光素子を表面に実装してなる基板と、該基板の表面を覆う樹脂層とを備え、該樹脂層は、表面が開口すると共に該開口からフェルールに挿通された光ファイバの先端側を装着する凹部が形成された固定機構と、第1および第2の反射面を介して前記フェールの伸長方向と前記受光素子の光路とを一致させる光学的に透明な樹脂材料で形成された光路変換部とを有し、該光路変換部は、第1の曲率半径で形成された前記第1の反射面を有する第1のレンズ部と、前記第1の曲率半径よりも大きな第2の曲率半径で形成された前記第2の反射面を有する第2のレンズ部とからなり、該第2のレンズ部の下面における前記第2の反射面の外周と前記第1のレンズ部の上面における前記第1の反射面の外周とが内接するように前記第1のレンズ部と前記第2のレンズ部とを積層し、前記光ファイバから出射された光を、前記光路変換部で光路変換して前記受光素子に入射させる構成としている。

10

【0008】

請求項2の発明では、前記基板の表面に対して略水平に装着されるフェルールに挿通される光ファイバの中心軸の延長方向に前記第1のレンズ部の上面の外周と前記第2のレンズ部の下面の外周との内接点が位置するように、前記光路変換部が形成されている。

20

【発明の効果】

【0009】

請求項1の発明によれば、基板の表面を覆うように光路変換部を設けたので、基板表面に対して垂直方向の光信号を受光する受光素子を用いた場合でも、基板表面に対して平行方向の光信号が垂直方向に向かうように、光信号の光路を容易に変換することができる。このため、受光素子は、光路変換部を介して光ファイバからの光信号を受光することができる。

30

【0010】

また、固定機構および光路変換部を有する樹脂層は、受光素子を封止した状態で基板表面に形成されるので、基板に対する固定機構の接合強度を高めることができる。また、固定機構および光路変換部を一体に形成したので、組立工程を簡略化することができ、製造コストを低減することができる。また、固定機構には表面が開口した凹部を形成したので、光ファイバの先端側が挿通されたフェルールを、開口から挿入して凹部に容易に固定することができる。

【0011】

さらに、樹脂層の内部に受光素子を封止できると共に、樹脂層の固定機構に光ファイバを固定することができる。このとき、透明な樹脂層の内部を通じて光ファイバからの光信号を受光素子に入射させることができるから、光ファイバと受光素子との間に隙間を形成する必要がない。このため、光ファイバと受光素子との間に異物が付着することがなく、伝送エラーの発生を防止することができる。

40

【0012】

また、光路変換部は第1、第2の反射面を有する第1、第2のレンズ部を上下に積層することによって構成したから、光路変換部によって光路変換を行なうと同時に、第1、第2の反射面によって、光ファイバからの光信号を受光素子に向けて集光することができる。このため、光ファイバおよび受光素子に実装ずれが発生したときでも、この実装ずれによる光結合の損失を低減することができる。

【0013】

50

さらに、第1のレンズ部は第1の曲率半径で形成された第1の反射面を有すると共に、第2のレンズ部は第1の曲率半径よりも大きな第2の曲率半径で形成された第2の反射面を有する構成とした。このため、第1の反射面は第1の曲率半径を小さくすることによって、受光素子に集光する集光作用を高めることができる。一方、第2の反射面は第1の曲率半径よりも大きな第2の曲率半径をもって形成する。第2のレンズ部では第1のレンズ部に比べて曲率半径を大きくした分、高さ方向にレンズのサイズが大きくなっている。そのため、光ファイバが第2のレンズ部に近づくように基板の高さ方向に位置ずれしたときでも、レンズ外に光が漏れることなく、より多くの光を集光させることができる。これにより、基板の高さ方向に光ファイバが位置ずれしたときでも、受光素子と光ファイバとの間の光結合の損失を抑制することができ、受光素子および光ファイバの実装ずれの影響を低減することができる。

10

【0014】

請求項2の発明によれば、光ファイバの中心軸の延長方向に第1のレンズ部の上面の外周と第2のレンズ部の下面の外周との内接点が位置するように、光路変換部を形成した。このため、第1のレンズ部と第2のレンズ部におけるそれぞれの光結合の損失の小さい領域を、効率良く利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の第1の実施の形態による受信モジュールを示す斜視図である。

【図2】光ファイバおよびフェルールを取外した状態で図1中の受信モジュールを示す斜視図である。

20

【図3】固定機構側からみた受信モジュールを示す斜視図である。

【図4】光路変換部側からみた受信モジュールを示す斜視図である。

【図5】光路変換部を拡大して示す斜視図である。

【図6】受信モジュールを示す平面図である。

【図7】光路変換部、受光素子、光ファイバ等を図6中の矢示VII-VII方向からみた断面図である。

【図8】第1の比較例による光路変換部を示す図7と同様な位置の断面図である。

【図9】第2の比較例による光路変換部を示す図7と同様な位置の断面図である。

【図10】第1、第2の比較例および第1の実施の形態による光路変換部を用いた場合において、光ファイバのZ軸方向のずれ量と光結合の損失との関係を示す特性線図である。

30

【図11】第2の比較例において、光ファイバを光路変換部の上部側に配置した状態を示す説明図である。

【図12】第2の比較例において、光ファイバを光路変換部の下部側に配置した状態を示す説明図である。

【図13】第2の実施の形態による受信モジュールを示す斜視図である。

【図14】図13中の受信モジュールを分解した状態で示す斜視図である。

【図15】ダイシング工程によって親基板から受信モジュールを取り出す状態を示す説明図である。

【図16】第3の実施の形態による受信モジュールを示す斜視図である。

40

【図17】図16中の受信モジュールを分解した状態で示す斜視図である。

【図18】変形例による受信モジュールを示す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の実施の形態による受信モジュールについて、添付図面を参照しつつ詳細に説明する。

【0017】

図1ないし図7を用いて、第1の実施の形態に係る受信モジュール1について具体的に説明する。受信モジュール1は、基板2、受光素子3、固定機構7および光路変換部10を備える樹脂層6を有する。

50

【 0 0 1 8 】

基板 2 は、絶縁材料を用いて形成された長形状の平板である。基板 2 としては、例えばプリント配線基板が用いられる。基板 2 の表面には、受光素子 3 と、例えば受光素子 3 を駆動や制御し、また受光素子 3 による検出信号を増幅するための例えばリミッティングアンプ等からなる受光用集積回路部品 4 (以下、受光用 IC 部品 4 という) や、抵抗、コンデンサ、コイル等のような各種の電子部品 5 が実装される。そして、受光素子 3、受光用 IC 部品 4 および電子部品 5 は、ボンディングワイヤ、配線パターン等を用いて電氣的に相互に接続されている。

【 0 0 1 9 】

受光素子 3 は、受光素子 3 の受光面が基板 2 の表面と平行になるように、基板 2 の表面角部に実装され、基板 2 の表面に対して垂直方向 (Z 軸方向) に入射される赤外線や可視光線の光を受光する。受光素子 3 としては、例えばフォトダイオード (PD)、フォトトランジスタ等が用いられる。

10

【 0 0 2 0 】

固定機構 7 および光路変換部 10 が一体に形成された樹脂層 6 は、トランスファーモールド等の一般的な成形方法や、ポッティング等の簡易な方法を用いて基板 2 の表面に形成される。樹脂層 6 は、基板 2 を全面に亘って覆う略立方体状に形成され、受光素子 3、受光用 IC 部品 4 および電子部品 5 を封止する。なお、樹脂層 6 は、光ファイバ 14 から出射される光に対して透明、即ち、光が透過可能であって、空気の屈折率よりも大きい屈折率をもった樹脂材料が用いられる。

20

【 0 0 2 1 】

固定機構 7 は、凹部としての嵌合溝 8 と、係止突起 9 A1, 9 A2 を備える係止部 9 とから構成される。

【 0 0 2 2 】

嵌合溝 8 は、樹脂層 6 の短辺縁に形成された、受光素子 3 の近傍から樹脂層 6 の長辺側面に設けられた開口 8 B にまで伸長する溝である。なお、嵌合溝 8 は、嵌合溝 8 の伸長方向 (X 軸方向) に垂直な断面形状が四角形に形成された、受光素子 3 側に位置してフェルール 13 の外径寸法と略同じ溝幅寸法をもった固定溝部 8 C と、開口 8 B 側に位置して開口 8 B に近づくに従って幅寸法が徐々に広がる案内溝部 8 D とから構成される。なお、嵌合溝 8 は、樹脂層 6 の上面に開口 8 A を有する。フェルール 13 は、樹脂層 6 の上面の開口 8 A を介して、あるいは、長辺側面の開口 8 B から案内溝部 8 D を介して装着される。

30

【 0 0 2 3 】

係止突起 9 A1, 9 A2 は、嵌合溝 8 を挟む両壁面を、内側に向けて突出させたものである。係止突起 9 A1, 9 A2 は、例えば嵌合溝 8 のうち固定溝部 8 C と案内溝部 8 D との境界位置付近に配置されている。係止突起 9 A1, 9 A2 により、先端を固定溝部 8 C の閉塞端に当接した状態で嵌合溝 8 に装着されたフェルール 13 は、嵌合溝 8 の幅方向両側から挟持される。これにより、フェルール 13 に挿通された光ファイバ 14 の先端側は、フェルール 13 と一緒に嵌合溝 8 内に係止される。なお、フェルール 13 の先端側は、透明接着剤等を用いて嵌合溝 8 内に固定される。このとき、光ファイバ 14 の端面 14 A は、固定溝部 8 C の閉塞端と当接または対面した状態で透明接着剤等を用いて固定される。

40

【 0 0 2 4 】

なお、係止部 9 は、嵌合溝 8 の伸長方向に対して複数箇所に設ける構成としてもよい。また、フェルール 13 の外周側には、係止突起 9 A1, 9 A2 と係合するように、円環状の溝を形成してもよい。

【 0 0 2 5 】

フェルール 13 は、例えば金属材料または樹脂材料によって円筒状に形成される。

【 0 0 2 6 】

一般的に、嵌合溝 8 にフェルール 13 および光ファイバ 14 を取り付けるときには、最初に光ファイバ 14 の先端側をフェルール 13 に装着し、この状態で光ファイバ 14 と一緒にフェルール 13 を嵌合溝 8 に挿入する。そして、透明接着剤を用いて、フェルール 1

50

3 および光ファイバ 14 を嵌合溝 8 に固定する。

【0027】

但し、この取付け方法に限らず、予め嵌合溝 8 にフェルール 13 を取付けた後に、フェルール 13 内に光ファイバ 14 の先端側を挿入してもよい。この場合は、予め嵌合溝 8 内に透明接着剤を塗布しておき、この状態でフェルール 13 だけを取り付ける。その後、フェルール 13 内に光ファイバ 14 を挿入し、フェルール 13 の全体が覆われるように透明接着剤を追加で塗布する。このとき、フェルール 13 および光ファイバ 14 の先端と嵌合溝 8 の閉塞端との間に隙間が形成されないように、これらの間にも屈折率を整合する機能を有する透明接着剤を充填する。

【0028】

光路変換部 10 は、外部に露出した湾曲面をもったドーム状の第 1, 第 2 のレンズ部 11, 12 によって構成され、受光素子 3 を覆うように設けられる。なお、第 1, 第 2 のレンズ部 11, 12 は、基板 2 の表面に対して垂直方向 (Z 軸方向) に積層され、第 1 のレンズ部 11 は、受光素子 3 に近い下部側に配置される。このとき、第 2 のレンズ部 12 の下面における第 2 の反射面 12A の外周と第 1 のレンズ部 11 の上面における第 1 の反射面 11A の外周とが内接するように、第 1 のレンズ部 11 と第 2 のレンズ部 12 とが重ね合わされる。また、基板 2 の表面に対して略水平に装着されるフェルール 13 に挿着される光ファイバ 14 の中心軸 (光路 $Lr1$) の延長方向に第 1 のレンズ部 11 の上面の外周と第 2 のレンズ部 12 の下面の外周との内接点 10A が位置するように、光路変換部 10 は配置形成される。また、第 1 のレンズ部 11 および第 2 のレンズ部 12 の共通する接平面 T は、基板 2 の表面に対して例えば略 45° 傾斜している。また、第 1 のレンズ部 11 は、例えば数 mm 程度の第 1 の曲率半径 $R1$ で形成された第 1 の反射面 11A を有し、その焦点位置は受光素子 3 の周囲に配置されている。

【0029】

また、第 2 のレンズ部 12 は、第 1 の曲率半径 $R1$ よりも大きな第 2 の曲率半径 $R2$ ($R2 > R1$) で形成された第 2 の反射面 12A を有している。第 2 の曲率半径 $R2$ は、例えば第 1 の曲率半径 $R1$ の 2 倍以上の値に設定されている。

【0030】

光ファイバ 14 から出射した光信号は、第 1, 第 2 の反射面 11A, 12A で反射した後、集光されて受光素子 3 に入射する。即ち、第 1, 第 2 の反射面 11A, 12A は、反射面としてだけでなく、光信号を受光素子 3 に集光するレンズとしても機能する。これにより、光路変換部 10 は、第 1, 第 2 の反射面 11A, 12A を介して受光素子 3 の光路 $Lr2$ とフェルール 13 および光ファイバ 14 の伸長方向 (X 軸方向) とを一致させる。

【0031】

次に、第 1 の実施の形態に係る受信モジュール 1 における、光信号の伝播について具体的に説明する。

【0032】

光ファイバ 14 内を伝搬した光信号は、光ファイバ 14 の端面 14A から基板 2 の表面に対して水平方向 (X 軸方向) に出射され、受信モジュール 1 に入力する。受信モジュール 1 に入力した光信号は、光路変換部 10 における第 1, 第 2 の反射面 11A, 12A によって、基板 2 に対して垂直方向 (Z 軸方向) に光路変換され、受光素子 3 によって受光される。受光素子 3 によって受光された光信号は電気信号に変換される。

【0033】

ここで、受信モジュール 1 では、受信モジュール 1 を構成する部品の組み立て精度や寸法精度に起因して、受光素子 3 と光ファイバ 14 との間に光結合の損失が生じる。具体的には、受光素子 3 については、基板 2 の面内における実装ずれが生じる。また、光ファイバ 14 については、フェルール 13 の寸法精度や組み立て精度によって、基板 2 の表面に対して平行方向 (XY 平面) および垂直方向 (Z 軸方向) に装着ずれが生じる。このため、受光素子 3 と光ファイバ 14 との間に発生する相対的位置ずれによって、光ファイバ 14 から出射された後に光路変換されて受光素子 3 に入射する光信号の光量が変わり、光結

10

20

30

40

50

合に損失が生じる。

【0034】

受光素子3と光ファイバ14との間の相対的位置ずれを許容するためには、予測される相対的位置ずれの範囲内において、光結合の損失の変化が小さいことが必要とされる。従って、このような観点から、光路変換部10の形状についての光学シミュレーション結果を以下に示す。

【0035】

光路変換部10の反射面の形状を変えた際に、受光素子3と光ファイバ14との間の光結合の損失に最も影響を及ぼすのは、基板2の厚さ方向（Z軸方向）における光ファイバ14の変位、即ち、光ファイバ14が基板2から遠ざかる方向（+方向）および基板2に近づく方向（-方向）の変位であることが、光学シミュレーションにより確かめられている。このため、基板2の厚さ方向（Z軸方向）における受光素子3と光ファイバ14との相対的位置ずれ量を優先的に考慮して、光路変換部10の反射面の形状を検討した。

10

【0036】

まず、第1の比較例として、図8に示すように第1のレンズ部11と同じ第1の曲率半径R1をもって形成した光路変換部21について、受光素子3および光ファイバ14のずれ量と光結合の損失との関係を調べた。その結果を図10中の破線に示す。なお、図10では、一例として光ファイバ14がZ軸方向に位置ずれしたときのずれ量と光結合の損失との関係を示している。

【0037】

第1の比較例では、図10中の破線に示すように、光ファイバ14のZ軸方向のずれ量がマイナス側に増加したときに比べて、プラス側に増加したときの方が光結合の損失が増加する傾向がある。即ち、図8中で、光ファイバ14を受光素子3に近い下側に配置したときの方が、光ファイバ14を受光素子3から離れた上側に配置したときよりも光結合の損失が低下する。但し、光ファイバ14のZ軸方向のずれ量がプラス側に増加したときには、光結合の損失は大きく増大する。

20

【0038】

次に、第2の比較例として、図9に示すように第2のレンズ部12と同じ第2の曲率半径R2をもって形成した光路変換部22について、受光素子3および光ファイバ14のずれ量と光結合の損失との関係を調べた。その結果を図10中の一点鎖線に示す。

30

【0039】

第2の比較例では、図10中の一点鎖線に示すように、光ファイバ14のZ軸方向のずれ量がプラス側に増加したときに比べて、マイナス側に増加したときの方が光結合の損失が増加する傾向がある。即ち、図9中で、光ファイバ14を受光素子3から離れた上側に配置したときの方が、光ファイバ14を受光素子3に近い下側に配置したときよりも光結合の損失が低下する。このように、曲率半径の大きさと光ファイバ14が位置ずれする方向に応じて、光結合の損失が増加する特性は異なる。

【0040】

光ファイバ14のZ軸方向のずれ量がマイナス側に増加したとき、第2の比較例よりも第1の比較例の損失が小さい理由は、第2の比較例に比べて第1の比較例の光路変換部における曲率半径が小さいためである。図12において、光路変換部の曲率半径が小さくなるほど、光の入射角は大きくなる。このとき、入射角が臨界角 c よりも大きく（ $> c$ ）になると、光路変換部の反射面で全反射が起き、屈折して空気中に漏れる光がなくなる。このため、入射角が大きくなるほど、光路変換部における光の全反射成分が増えて受光素子3に入射される光が増加して、光結合の損失が抑制される。なお、臨界角 c は、空気の屈折率と光路変換部の透明樹脂材料の屈折率との比率によって決まる。

40

【0041】

光ファイバ14のZ軸方向のずれ量がプラス側に増加したとき、第1の比較例よりも第2の比較例の方が損失が小さい理由は、第1の比較例に比べて第2の比較例の光路変換部における曲率半径が大きいことにより、Z軸方向で光路変換部＝レンズ部分のサイズが大

50

きくなっているためである。図 12 において、光路変換部の曲率半径が大きいと、Z 軸方向のプラス側に光ファイバ 14 がずれた場合でも、光路変換部の反射面でより多くの光を受光し、受光素子 3 に光を入射することができる。一方、光路変換部の曲率半径が小さいと Z 軸方向のプラス側に光ファイバ 14 がずれた場合は、光路変換部に光が入射することなく空气中に光が漏れてしまう。その結果、光結合の損失が増加する。

【0042】

以上の結果を考慮して、本実施の形態では、下部側に位置して第 1 の曲率半径 R1 をもった第 1 のレンズ部 11 と、上部側に位置して第 1 の曲率半径 R1 よりも大きな第 2 の曲率半径 R2 をもった第 2 のレンズ部 12 とによって光路変換部 10 を形成した。第 1, 第 2 のレンズ部 11, 12 を用いて形成した光路変換部 10 について、受光素子 3 および光ファイバ 14 のずれ量と光結合の損失との関係を調べた。その結果を図 10 中の実線に示す。

10

【0043】

この場合、図 10 中の実線に示すように、光ファイバ 14 の Z 軸方向のずれ量がマイナス側に増加したときには、光ファイバ 14 から出射された光は主として第 1 のレンズ部 11 に入射されるから、第 1 のレンズ部 11 の集光作用によって光結合の損失が抑制される。一方、光ファイバ 14 の Z 軸方向のずれ量がプラス側に増加したときには、光ファイバ 14 から出射された光は主として第 2 のレンズ部 12 に入射されるから、第 2 のレンズ部 12 から空气中に漏れる漏洩光が減少して、光結合の損失が抑制される。この結果、光ファイバ 14 の Z 軸方向のずれ量がマイナス側とプラス側のいずれの方向で増加したときでも、光結合の損失を抑制でき、光ファイバ 14 等の実装ずれを許容できることが分かる。なお、図 10 に示されるように、光ファイバ 14 の中心軸の延長方向、具体的には、図 10 に示される光ファイバの Z 軸方向のずれ量 [μm] における 0 の位置に、第 1 のレンズ部 11 の上面の外周と第 2 のレンズ部 12 の下面の外周との内接点を一致させることにより、第 1 のレンズ部 11 と第 2 のレンズ部 12 におけるそれぞれの光結合の損失の小さい領域を効率良く利用することができる。

20

【0044】

また、受信モジュール 1 では、基板 2 の表面には受光素子 3 を覆って光路変換部 10 を設けたので、基板 2 の表面に対して垂直方向の光信号を受光する受光素子 3 を用いた場合でも、基板 2 の表面に対して平行方向の光信号が垂直方向に向かうように、光信号の光路を容易に変換することができる。このため、受光素子 3 を基板 2 に対して横置き状態で実装することができ、受信モジュール 1 全体を低背化することができる。

30

【0045】

また、固定機構 7 および光路変換部 10 を有する樹脂層 6 は、受光素子 3 を封止した状態で基板 2 の表面に形成されるので、基板 2 に対する固定機構 7 の接合強度を高めることができる。さらに、固定機構 7 および光路変換部 10 を一体に形成したので、組立工程を簡略化することができ、製造コストを低減することができる。これに加え、固定機構 7 には表面が開口した嵌合溝 8 を形成したので、光ファイバ 14 の先端側が挿通されたフェルール 13 を、開口 8A から挿入して嵌合溝 8 に容易に固定することができる。さらに、嵌合溝 8 には係止部 9 が設けられているから、係止部 9 がフェルール 13 を係止することによって、フェルール 13 と一緒に光ファイバ 14 の先端側を係止することができる。これにより、固定機構 7 に対して、フェルール 13 および光ファイバ 14 を容易に取り付けることができる。

40

【0046】

また、樹脂層 6 の内部に受光素子 3 を封止すると共に、樹脂層 6 の固定機構 7 に光ファイバ 14 を固定する構成とした。このとき、透明な樹脂層 6 の内部を通じて光ファイバ 14 からの光信号を受光素子 3 に供給することができるから、光ファイバ 14 と受光素子 3 との間に隙間を形成する必要がない。このため、光ファイバ 14 と受光素子 3 との間に異物が付着することがなく、伝送エラーの発生を防止することができる。

【0047】

50

次に、図 1 3 および図 1 4 に、本発明の第 2 の実施の形態による受信モジュール 3 1 を示す。第 2 の実施の形態による受信モジュール 3 1 と第 1 の実施の形態による受信モジュール 1 との差異は、受信モジュールを構成する樹脂層の表面に金属カバーを取り付けたことである。本実施の形態では、上述した第 1 の実施の形態と同一の構成要素には同一符号を付し、その説明を省略するものとする。

【 0 0 4 8 】

受信モジュール 3 1 は、基板 3 2、受光素子 3、固定機構 7 および光路変換部 1 0 を備える樹脂層 3 3、金属カバー 3 4 を有する。

【 0 0 4 9 】

基板 3 2 は、樹脂層 3 3 よりも大きな面積を有している。これにより、基板 3 2 の外周縁には、基板 3 2 を覆う樹脂層 3 3 の周囲よりも外側に突出する鍔部 3 2 A が形成される。

10

【 0 0 5 0 】

樹脂層 3 3 の表面には、固定機構 7 および光路変換部 1 0 の形成領域の周囲を避けて、表面の一部をわずかに窪ませてなる窪み部 3 3 A と、窪まずに同一水平面を構成する表面の残部である平坦部 3 3 B とが形成されている。また、平坦部 3 3 B の表面には、突起 3 7 が形成される。なお、突起 3 7 は、嵌合溝 8 を挟む位置であって、後述の金属カバー 3 4 を樹脂層 3 3 に被せた際に、金属カバー 3 4 に形成された平面開口 3 6 から露出する平坦部 3 3 B の表面に形成される。それ以外は、第 1 の実施の形態による受信モジュール 1 の樹脂層 6 と同様に形成されている。

20

【 0 0 5 1 】

金属カバー 3 4 は、長方形の角部に四角形の切欠き 3 4 C を有する L 字状の天板部 3 4 A と、切欠き 3 4 C を除く天板部 3 4 A の周縁に垂設して設けられた 4 枚の壁面 3 4 B とから構成される。切欠き 3 4 C には壁面が垂設されないため、金属カバー 3 4 の角部には角部開口 3 5 が形成される。また、天板部 3 4 A には、切欠き 3 4 C に沿って四角状の平面開口 3 6 が形成されている。なお、壁面 3 4 B の高さは、樹脂層 3 3 の高さとはほぼ同じ寸法に形成されている。

【 0 0 5 2 】

金属カバー 3 4 は、窪み部 3 3 A に接着剤 G を塗布した樹脂層 3 3 に被せられる。このとき、突起 3 7 が平面開口 3 6 に嵌め合わされ、金属カバー 3 4 は樹脂層 3 3 に位置決めされる。この後、接着剤 G を硬化させると、金属カバー 3 4 の天板部 3 4 A と樹脂層 3 3 の平坦部 3 3 B とが当接した状態で固着される。このとき、固定機構 7 に嵌合されたフェルール 1 3 および光ファイバ 1 4 は、角部開口 3 5 を通じて外部に引き出されている。

30

【 0 0 5 3 】

受信モジュール 3 1 は、第 1 の実施の形態の受信モジュール 1 と比べて、樹脂層 3 3 に金属カバー 3 4 を取付けたから、金属カバー 3 4 によって外部の電磁波や光が混入するのを防ぐことができ、EMI、イミュニティ、ESD 等のノイズ耐性を向上することができると共に、静電気に対する耐性も高めることができる。

【 0 0 5 4 】

基板 3 2 には、鍔部 3 2 A が設けられる。例えば図 1 5 に示すように、親基板 M に複数の受信モジュール 3 1 をマトリックス状に一体に形成した後、ブレード B で親基板 M を切断して個々の受信モジュール 3 1 に分離する製造方法の場合は、隣接する受信モジュール 3 1 の間の親基板 M にはスペーサ S が設けられ、スペーサ S の中央部がブレード B によって切断される。このため、ブレード B は樹脂層 3 3 とは直接接触せず、ダイシング時における樹脂層 3 3 の変形を防ぐことができる。なお、鍔部 3 2 A は、カットされたスペーサ S に相当する。従って、受信モジュール 3 1 における樹脂層 3 3 の変形が小さいため、金属カバー 3 4 を樹脂層 3 3 にスムーズに被せることができる。

40

【 0 0 5 5 】

次に、図 1 6 および図 1 7 に、本発明の第 3 の実施の形態による受信モジュール 4 1 を示す。第 3 の実施の形態による受信モジュール 4 1 と第 2 の実施の形態による受信モジュ

50

ール31との差異は、低透明樹脂膜を用いて金属カバーを樹脂層に接着して、光路変換部を密閉した構造としたことにある。なお、本実施の形態では、上述した第2の実施の形態と同一の構成要素には同一符号を付し、その説明を省略するものとする。

【0056】

受信モジュール41は、基板32、受光素子3、固定機構7および光路変換部10を備える樹脂層42、金属カバー44を有する。

【0057】

樹脂層42は、表面に窪み部33Aが設けられていない点が第2の実施の形態による樹脂層33と異なり、それ以外は同様に形成されている。

【0058】

金属カバー44は、天板部44A、壁面44Bおよび切欠き44Cを備え、天板部44Aと4枚の壁面44Bの間および壁面44B同士の間隙がないように形成されている点が第2の実施の形態による金属カバー34と異なり、それ以外は同様に形成されている。

【0059】

光路変換部10およびその近傍領域を除く樹脂層42の表面全体に、低透明樹脂膜43が塗布される。低透明樹脂膜43は、樹脂層42よりも光信号の透過率が低い樹脂材料を用いて形成される。具体的には、低透明樹脂膜43は、金属粉またはセラミック粉のフィラーが混入されたフィラー入り樹脂膜である。この結果、低透明樹脂膜43の線膨脹係数は、樹脂層42の線膨脹係数と金属カバー44の線膨脹係数との間の値に設定される。金属カバー44は、低透明樹脂膜43を塗布した樹脂層42に被せられる。このとき、突起37と平面開口36とが嵌め合わされ、金属カバー44が樹脂層42に位置決めされる。その後、低透明樹脂膜43を硬化させると、金属カバー44が樹脂層42に固着される。このとき、固定機構7に嵌合されたフェルール13および光ファイバ14は、角部開口45を通じて外部に引き出されている。

【0060】

かくして、受信モジュール41でも、第1、第2の実施の形態とほぼ同様な作用効果を得ることができる。特に、第3の実施の形態では、樹脂層42の外表面に低透明樹脂膜43を設けると共に、該低透明樹脂膜43を用いて金属カバー44を樹脂層42に接着したから、金属カバー44を用いて光路変換部10の周囲を密閉状態で覆うことができる。このため、光路変換部10を外気と接触しない状態にでき、耐湿性を向上して信頼性を高めることができる。

【0061】

また、低透明樹脂膜43は金属またはセラミックの粉からなるフィラーが混入されたフィラー入り樹脂膜によって形成したから、樹脂層42と金属カバー44との間の線膨脹係数差を小さくすることができ、耐熱衝撃性を高めることができる。

【0062】

なお、前記第3の実施の形態では、基板32は鍔部32Aを備える構成としたが、第1の実施の形態による基板2と同様に、鍔部を省く構成としてもよい。さらに、第3の実施の形態では、低透明樹脂膜43はフィラー入り樹脂膜によって形成したが、例えば樹脂材料自体の線膨脹係数が樹脂層42の線膨脹係数と金属カバー44の線膨脹係数との間の値となる場合、樹脂層42と金属カバー44との間の線膨脹係数差が小さい場合、受信モジュール41を温度変化が小さい環境で使用する場合等には、フィラーを省いた樹脂膜によって形成してもよい。

【0063】

また、第2、第3の実施の形態では、樹脂層33、42の外表面に金属カバー34、44を取り付ける構成とした。しかし、本発明はこれに限らず、例えば図18に示す変形例による受信モジュール51のように、樹脂層6の外表面を、金属材料や導電性樹脂材料等からなる導電性膜52によって覆う構成としてもよい。この場合でも、導電性膜52によって外部の電磁波等が混入するのを防ぐことができ、ノイズ耐性を向上することができる。

10

20

30

40

50

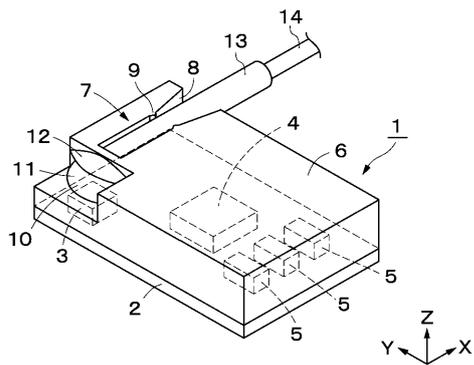
。

【符号の説明】

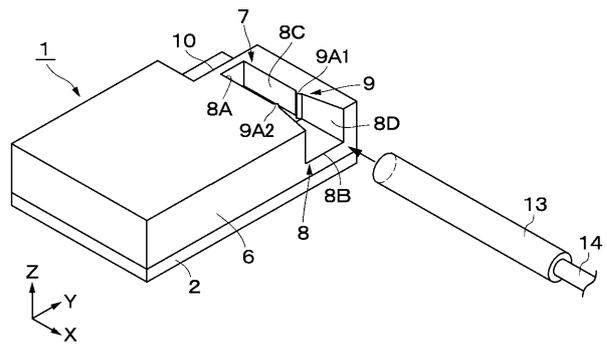
【0064】

- 1, 31, 41, 51 受信モジュール
- 2, 32 基板
- 3 受光素子
- 6, 33, 42 樹脂層
- 7 固定機構
- 8 嵌合溝(凹部)
- 9 係止部
- 10 光路変換部
- 10A 内接点
- 11 第1のレンズ部
- 11A 第1の反射面
- 12 第2のレンズ部
- 12A 第2の反射面
- 13 フェルール
- 14 光ファイバ
- 14A 端面

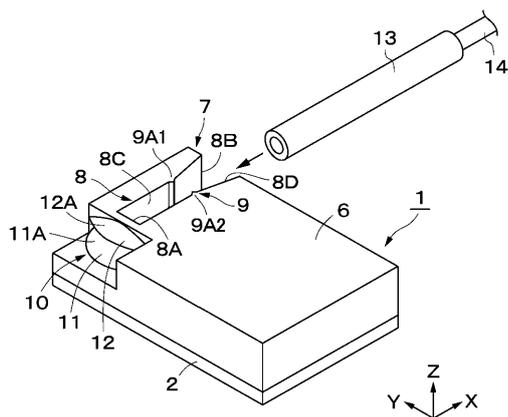
【図1】



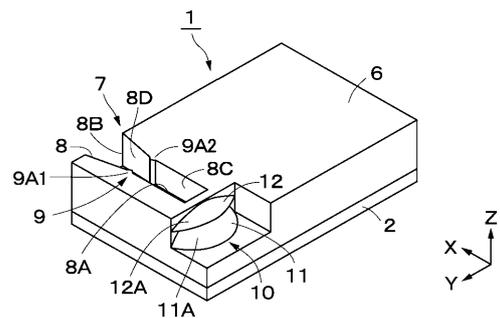
【図3】



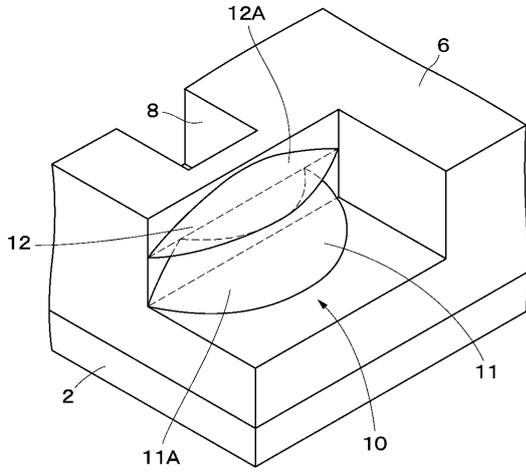
【図2】



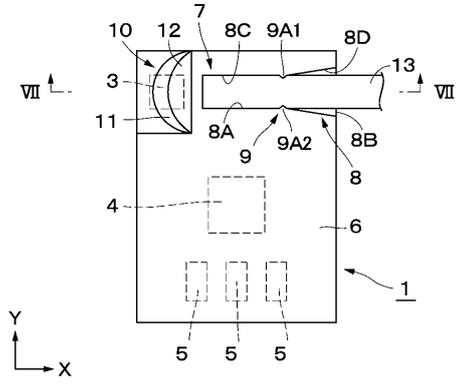
【図4】



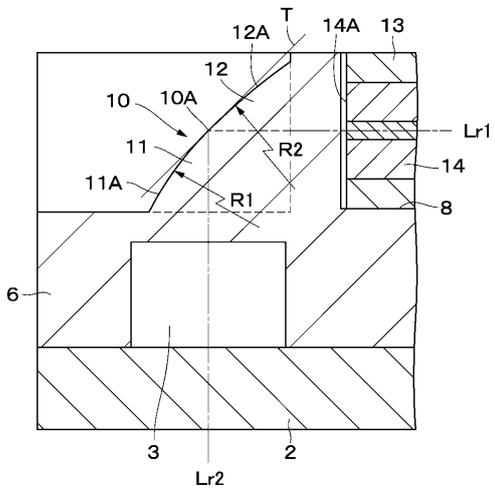
【 図 5 】



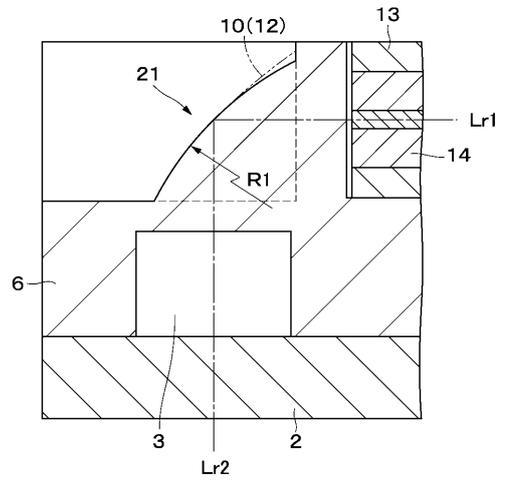
【 図 6 】



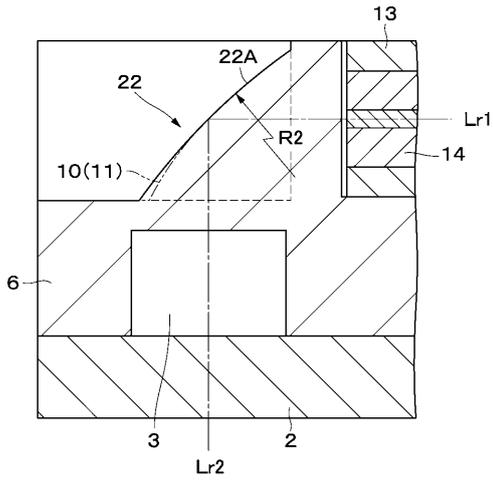
【 図 7 】



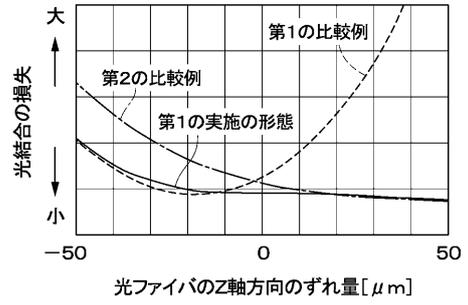
【 図 8 】



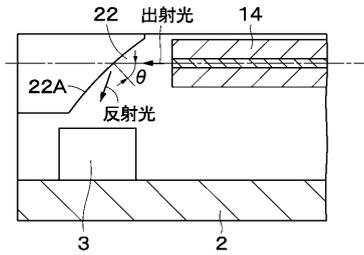
【 図 9 】



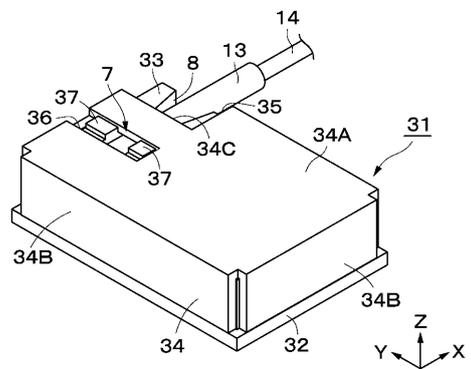
【 図 1 0 】



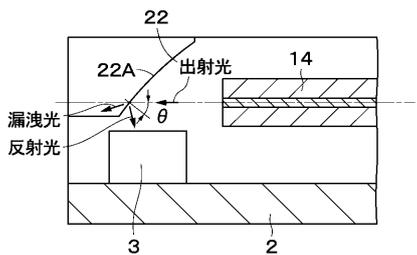
【 図 1 1 】



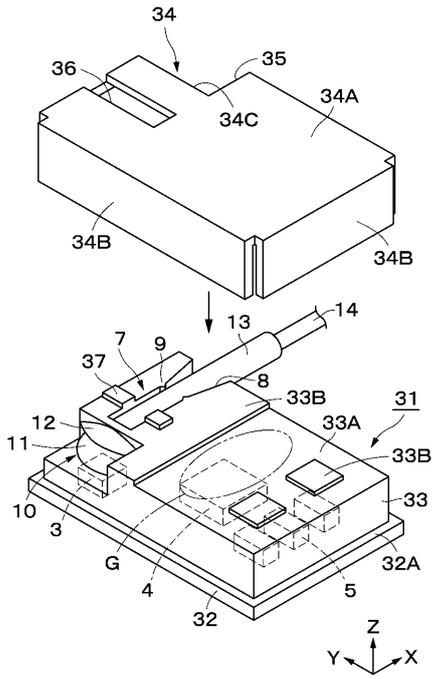
【 図 1 3 】



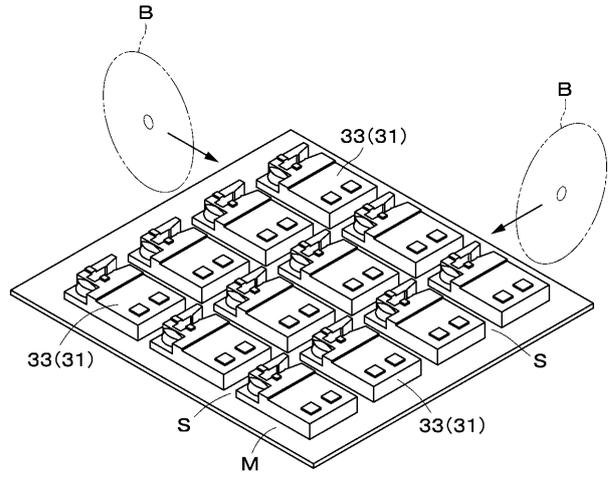
【 図 1 2 】



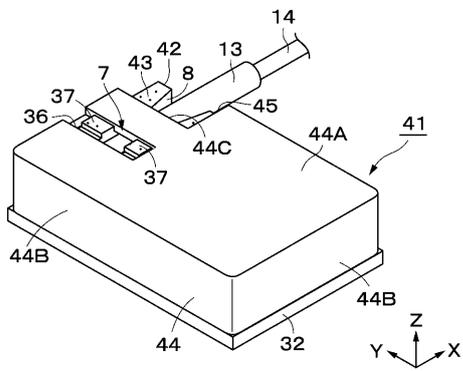
【 図 1 4 】



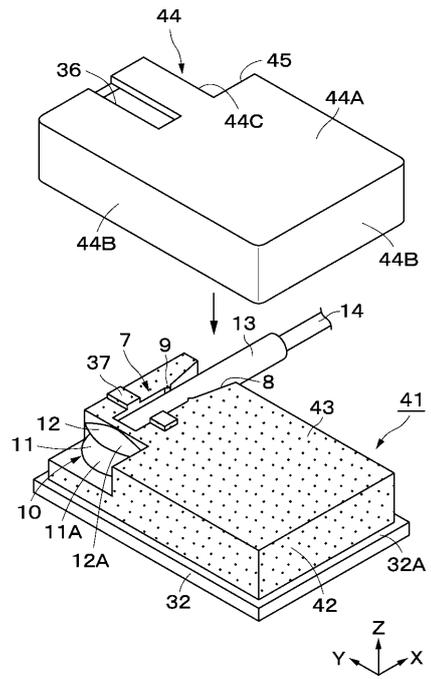
【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



【 図 18 】

