

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5137393号
(P5137393)

(45) 発行日 平成25年2月6日(2013.2.6)

(24) 登録日 平成24年11月22日(2012.11.22)

(51) Int. Cl. F 1
GO2B 6/42 (2006.01) GO2B 6/42
GO2B 6/122 (2006.01) GO2B 6/12 B

請求項の数 4 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2006-340711 (P2006-340711)	(73) 特許権者	000005290
(22) 出願日	平成18年12月19日(2006.12.19)		古河電気工業株式会社
(65) 公開番号	特開2008-152064 (P2008-152064A)		東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
(43) 公開日	平成20年7月3日(2008.7.3)	(74) 代理人	100114890
審査請求日	平成21年10月1日(2009.10.1)		弁理士 アイゼル・フェリックス＝ライ ンハルト
		(74) 代理人	100123641
			弁理士 茜ヶ久保 公二
		(74) 代理人	100143959
			弁理士 住吉 秀一
		(74) 代理人	100167852
			弁理士 宮城 康史
		(72) 発明者	渡辺 隆裕
			東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 古 河電気工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光結合器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

受光素子と、

前記受光素子を搭載する受光素子搭載基板と、

前記受光素子と電気的に接続され、該受光素子の受光面に対向する部分に空孔が形成された電気配線基板と、

前記電気配線基板の、前記受光素子が電気的に接続されていない面に積層されたマルチモード光導波路と、

光の伝送方向に向かって径が小さくなるコアと該コアを囲むクラッドとからなる受光用光伝送路を介して、前記受光素子に前記マルチモード光導波路を伝送する光を結合させる光結合手段とを備え、

前記マルチモード光導波路は、前記電気配線基板に形成された空孔に対応する位置に、当該マルチモード光導波路内を伝搬してきた光を前記受光素子の受光面側に反射させる反射面が形成されており、

前記電気配線基板に形成された空孔と前記受光用光伝送路との間に、該電気配線基板の面方向において間隙を有し、

前記受光素子搭載基板は半田を介して前記電気配線基板に固定され、

前記受光素子搭載基板、前記受光用光伝送路、前記半田及び前記空孔で囲まれた空隙部には、光透過性樹脂が充填されており、

前記光結合手段の受光用光伝送路は、前記電気配線基板の空孔内部において、前記マル

チモード光導波路の反射面で反射した光が、前記コアに入射する位置に配置されていること
を特徴とする光結合器。

【請求項2】

受光素子と、

前記受光素子を搭載する受光素子搭載基板と、

前記受光素子と電氣的に接続され、該受光素子の受光面に対向する部分に空孔が形成された電気配線基板と、

前記電気配線基板の、前記受光素子が電氣的に接続されていない面に積層されたマルチモード光導波路と、

前記マルチモード光導波路の比屈折率差よりも小さい比屈折率差を有するコアと該コアを囲むクラッドとからなる受光用光伝送路を介して、前記受光素子に前記マルチモード光導波路を伝送する光を結合させる光結合手段とを備え、

前記マルチモード光導波路は、前記電気配線基板に形成された空孔に対応する位置に、当該マルチモード光導波路内を伝搬してきた光を前記受光素子の受光面側に反射させる反射面が形成されており、

前記電気配線基板に形成された空孔と前記受光用光伝送路との間に、該電気配線基板の面方向において間隙を有し、

前記受光素子搭載基板は半田を介して前記電気配線基板に固定され、

前記受光素子搭載基板、前記受光用光伝送路、前記半田及び前記空孔で囲まれた空隙部には、光透過性樹脂が充填されており、

前記光結合手段の受光用光伝送路は、前記電気配線基板の空孔内部において、前記マルチモード光導波路の反射面で反射した光が、前記コアに入射する位置に配置されていること

を特徴とする光結合器。

【請求項3】

受光素子と、

前記受光素子を搭載する受光素子搭載基板と、

前記受光素子と電氣的に接続され、該受光素子の受光面に対向する部分に空孔が形成された電気配線基板と、

前記電気配線基板の、前記受光素子が電氣的に接続されていない面に積層されたマルチモード光導波路と、

コアと該コアを囲むクラッドとからなるシングルモード光導波路である受光用光伝送路を介して、前記受光素子に前記マルチモード光導波路を伝送する光を結合させる光結合手段とを備え、

前記マルチモード光導波路は、前記電気配線基板に形成された空孔に対応する位置に、当該マルチモード光導波路内を伝搬してきた光を前記受光素子の受光面側に反射させる反射面が形成されており、

前記電気配線基板に形成された空孔と前記受光用光伝送路との間に、該電気配線基板の面方向において間隙を有し、

前記受光素子搭載基板は半田を介して前記電気配線基板に固定され、

前記受光素子搭載基板、前記受光用光伝送路、前記半田及び前記空孔で囲まれた空隙部には、光透過性樹脂が充填されており、

前記光結合手段の受光用光伝送路は、前記電気配線基板の空孔内部において、前記マルチモード光導波路の反射面で反射した光が、前記コアに入射する位置に配置されていること

を特徴とする光結合器。

【請求項4】

前記受光用光伝送路は、前記光透過性樹脂と接する面が、当該受光用光伝送路のクラッドのみであることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれか1つに記載の光結合器。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光ファイバ通信や光配線の分野で使用される、受光素子を用いた光結合器に関する。

【背景技術】

【0002】

光ファイバ通信の分野において、信号で変調された光信号を電気信号に変換する場合、一般にフォトダイオード（受光素子）を用いた光結合器が用いられる。

【0003】

また、近年、半導体からなる集積素子の分野では、高速・高密度化への進展が著しく、従来の電氣的な配線による相互接続では、信号の遅延、減衰、干渉等により、十分な特性が期待できなくなることが問題となっている。この問題は、I/Oボトルネックといわれ、これを解決するために光インターコネクション技術が注目されている。光インターコネクション技術は、通信機器相互間や通信機器内のボード間にとどまらず、一つのボード内の集積回路素子間でも行うことが検討されている。従来、ボード内光インターコネクションを実現するための光結合器として、特許文献1に開示されたものは、いわゆる光ピンと呼ばれるものであり、光ファイバを加工した光ピンを回路付光導波路基板に形成された穴に差し込んで使用するものである。この方式では、回路付光導波路基板に沿って導波路を導波してきた信号光を、差し込まれた光ピンの斜面にて反射させ、回路付光導波路基板に垂直な方向に取り出し、プレーナ型(planar type)のフォトダイオードによって受光して電気信号に変換し、又は、回路付光導波路基板に垂直な方向に面発光型レーザ(VCSEL)から出射された信号光を、差し込まれた光ピンの斜面にて反射させ、回路付光導波路基板に沿って導波路を導波させるものである。

【0004】

【特許文献1】：特開2004-085913号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

フォトダイオードを用いて光信号を電気信号に変換する場合、信号光に大きなモード分散があると、光源からフォトダイオードへの信号光の到達時間にばらつきを生じ、伝送容量が十分に確保できない場合がある。

【0006】

特に、基板内の光配線に使用されるマルチモード光導波路では、導波路を伝搬する複数のモードの伝搬角度（コア-クラッド界面での全反射角度）の差によって生じるモード分散により、受光素子への信号到達時間のばらつき（スキュー）が著しくなり、伝送容量が十分に確保できない。

【0007】

このため、光導波路としてシングルモード光導波路を採用したり、屈折率分布型（GRIN）のマルチモード光導波路を採用することも考えられる。しかし、前者の場合には発光素子とシングルモード導波路との光結合が難しくなるという難点がある。また、後者についても、屈折率の制御が難しく、構造が複雑にならざるを得ないという難点がある。

【0008】

また、光ファイバ通信に受光素子を使用する場合にも、同様にモード分散により伝送容量が制限されることは知られている。

【0009】

本発明は、上記課題を解決することのできる光結合器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】

【0012】

すなわち、本第1の発明は、受光素子と、前記受光素子を搭載する受光素子搭載基板と

10

20

30

40

50

、前記受光素子と電氣的に接続され、該受光素子の受光面に対向する部分に空孔が形成された電気配線基板と、前記電気配線基板の、前記受光素子が電氣的に接続されていない面に積層されたマルチモード光導波路と、光の伝送方向に向かって径が小さくなるコアと該コアを囲むクラッドとからなる受光用光伝送路を介して、前記受光素子に前記マルチモード光導波路を伝送する光を結合させる光結合手段とを備え、前記マルチモード光導波路は、前記電気配線基板に形成された空孔に対応する位置に、当該マルチモード光導波路内を伝搬してきた光を前記受光素子の受光面側に反射させる反射面が形成されており、前記電気配線基板に形成された空孔と前記受光用光伝送路との間に、該電気配線基板の面方向において間隙を有し、前記受光素子搭載基板は半田を介して前記電気配線基板に固定され、前記受光素子搭載基板、前記受光用光伝送路、前記半田及び前記空孔で囲まれた空隙部には、光透過性樹脂が充填されており、前記光結合手段の受光用光伝送路は、前記電気配線基板の空孔内部において、前記マルチモード光導波路の反射面で反射した光が、前記コアに入射する位置に配置されていることを特徴とする光結合器である。

10

【 0 0 1 3 】

また、本第2の発明は、受光素子と、前記受光素子を搭載する受光素子搭載基板と、前記受光素子と電氣的に接続され、該受光素子の受光面に対向する部分に空孔が形成された電気配線基板と、前記電気配線基板の、前記受光素子が電氣的に接続されていない面に積層されたマルチモード光導波路と、前記マルチモード光導波路の比屈折率差よりも小さい比屈折率差を有するコアと該コアを囲むクラッドとからなる受光用光伝送路を介して、前記受光素子に前記マルチモード光導波路を伝送する光を結合させる光結合手段とを備え、前記マルチモード光導波路は、前記電気配線基板に形成された空孔に対応する位置に、当該マルチモード光導波路内を伝搬してきた光を前記受光素子の受光面側に反射させる反射面が形成されており、前記電気配線基板に形成された空孔と前記受光用光伝送路との間に、該電気配線基板の面方向において間隙を有し、前記受光素子搭載基板は半田を介して前記電気配線基板に固定され、前記受光素子搭載基板、前記受光用光伝送路、前記半田及び前記空孔で囲まれた空隙部には、光透過性樹脂が充填されており、前記光結合手段の受光用光伝送路は、前記電気配線基板の空孔内部において、前記マルチモード光導波路の反射面で反射した光が、前記コアに入射する位置に配置されていることを特徴とする光結合器である。

20

【 0 0 1 4 】

また、本第3の発明は、受光素子と、前記受光素子を搭載する受光素子搭載基板と、前記受光素子と電氣的に接続され、該受光素子の受光面に対向する部分に空孔が形成された電気配線基板と、前記電気配線基板の、前記受光素子が電氣的に接続されていない面に積層されたマルチモード光導波路と、コアと該コアを囲むクラッドとからなるシングルモード光導波路である受光用光伝送路を介して、前記受光素子に前記マルチモード光導波路を伝送する光を結合させる光結合手段とを備え、前記マルチモード光導波路は、前記電気配線基板に形成された空孔に対応する位置に、当該マルチモード光導波路内を伝搬してきた光を前記受光素子の受光面側に反射させる反射面が形成されており、前記電気配線基板に形成された空孔と前記受光用光伝送路との間に、該電気配線基板の面方向において間隙を有し、前記受光素子搭載基板は半田を介して前記電気配線基板に固定され、前記受光素子搭載基板、前記受光用光伝送路、前記半田及び前記空孔で囲まれた空隙部には、光透過性樹脂が充填されており、前記光結合手段の受光用光伝送路は、前記電気配線基板の空孔内部において、前記マルチモード光導波路の反射面で反射した光が、前記コアに入射する位置に配置されていることを特徴とする光結合器である。

30

40

【 発明の効果 】**【 0 0 2 0 】**

また、上記構成の本第1の発明の構成によれば、光の伝送方向に向かって径が小さくなるコアと該コアを囲むクラッドとからなる受光用光伝送路を介して、前記マルチモード光導波路を導波する光を前記受光素子に光結合させるものとなっている。このため、前記マルチモード光導波路を伝搬して受光用光伝送路に入射したマルチモードの入力信号光のう

50

ち、基本モードを含む伝搬角度が小さい低次モード光は受光用光伝送路を導波して受光素子に到達するが、該低次モード光以外の伝搬角度が大きい高次モード光は、前記クラッドに放出され、受光素子に到達する強度が低減される。したがって、マルチモード光導波路を導波する光に著しいモード分散が生じていても、基本モードを含む低次モードのみが受光素子により受光されるので、光源から受光素子への信号光の到達時間のばらつきが低減され、伝送容量を向上させることができる。

【 0 0 2 1 】

また、本第2の発明の構成によれば、前記マルチモード光導波路の比屈折率差よりも小さい比屈折率差を有するコアと該コアを囲むクラッドとからなる受光用光伝送路を介して、前記マルチモード光導波路を導波する光を前記受光素子に光結合させるものとなっている。比屈折率差の小さい光伝送路では、コア-クラッド界面での全反射角度が小さいために誘起されるモードの伝搬角度差が小さくなる。このため、前記マルチモード光導波路を伝搬して受光用光伝送路に到達したマルチモードの入力信号光によって、受光用光伝送路のコアに誘起されるモードは、前記マルチモード光導波路のコア中よりも伝搬角度差が小さいものとなり、これが受光素子に到達する。したがって、マルチモード光導波路を導波する光に著しいモード分散が生じていても、伝搬角度差が小さいモードの光が受光素子により受光されるので、光源から受光素子への信号光の到達時間のばらつきが低減され、伝送容量を向上させることができる。

10

【 0 0 2 2 】

また、本第3の発明によれば、コアと該コアを囲むクラッドとからなるシングルモード光導波路である受光用光伝送路を介して、前記マルチモード光導波路を導波する光を前記受光素子に光結合させるものとなっている。このため、受光用光伝送路に到達したマルチモードの入力信号光により、受光用光伝送路のコア内に単一の導波モードのみが誘起され、これが受光素子に到達する。したがって、マルチモード光導波路を導波する光に著しいモード分散が生じていても、主として基本モードが受光素子により受光されるので、光源から受光素子への信号光の到達時間のばらつきが低減され、伝送容量を向上させることができる。

20

【 0 0 2 3 】

また、上記第1乃至第3の発明では、光導波路としてマルチモード光導波路を使用しているので、基板に実装された集積回路素子間の光配線に本発明を適用する場合において、光源である垂直キャビティ型半導体レーザ（VCSEL）等との光結合の容易性を維持しつつ、マルチモード光導波路のモード分散による、信号到達時間のばらつきを低減し、伝送容量を高めることが可能である。

30

【 0 0 2 4 】

また、本第1乃至第3の発明では、前記マルチモード光導波路を伝搬する光を前記受光素子に向かって反射する反射面が前記マルチモード光導波路に形成されている。このため、マルチモード光導波路内の光の伝搬方向と受光素子に入射する光の光軸とが交差する構成となり、光路を変換することができるので、基板に実装された集積回路素子間の光配線に本発明を適用する場合に適した構成となる。

【 0 0 2 5 】

また、本第1乃至第3の発明では、前記電気配線基板の空孔内部の前記受光用光伝送路が、前記マルチモード光導波路の前記反射面によって反射された光が入射されるように配置されている。本第1乃至第3の発明では、反射面によって光路を変換された光が受光用光伝送路に入射する構成となるので、基板に実装された集積回路素子間の光配線に本発明を適用する場合に、さらに適した構成となる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 7 】

(第1の実施形態例)

以下、図面に基づいて本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【 0 0 2 8 】

50

図1は、本発明の第1の実施形態例に係る光結合器の断面図を示したものである。本第1の実施形態例に係る光結合器1は、電気配線基板上に実装されたLSI等の集積回路素子の光配線に用いられる光結合器であって、受光素子2と、受光素子2を配置固定する電気配線基板3と、マルチモード光導波路4と、マルチモード光導波路4を伝搬してきた光を入射し、受光素子2の方に導波する受光用光伝送路5とを有する。

【0029】

受光素子2は、プレーナ型（面受光型）のもので、受光素子搭載基板6に固定された状態で、受光面が受光用光伝送路5に対向するように電気配線基板3上に配置固定されている。

【0030】

電気配線基板3は、絶縁層3aの片面又は両面に所定の導体パターン層3bを形成してなるもので、受光素子2を固定する位置に対応する部分に空孔3cが形成されている。電気配線基板3としては、絶縁層3aとしてガラスエポキシのような剛体性の材料を使用したもののほか、ポリイミド等を使用したフレキシブル基板を使用することも可能である。なお、絶縁層3aは必須のものではなく、たとえばマルチモード光導波路4上に所望の回路パターンを印刷した導体パターン層3bのみを備えるようにしてもよい。

【0031】

マルチモード光導波路4は、電気配線基板3の導体パターン層3bに沿って順次積層されたクラッド層4b、コア層4a、クラッド層4bからなるもので、エポキシ系樹脂からなる有機導波路である。コア層4aの屈折率がクラッド層4bの屈折率よりも大きくなるよう、適宜材料の配合が調整されている。なお、マルチモード光導波路4の材料としては、エポキシ系樹脂のほか、用途に応じてポリイミド系樹脂やアクリル系樹脂等も使用可能である。

【0032】

マルチモード光導波路4における、電気配線基板3の空孔3cに対応する位置には、コア層4aを伝搬してきた光を受光素子2の方（図1の上方）に反射し、出射部4cから出射させるよう、マルチモード光導波路4の光軸に対して45度の傾きをもつ反射面4dが形成され、該反射面4d上には、反射率を高めるためにAu膜が形成されている。

【0033】

受光用光伝送路5は、エポキシ系樹脂の樹脂から形成されたコア5aとクラッド5bとからなる。受光用光伝送路5は、マルチモード光導波路4を導波し、反射面4dで反射して出力部4cから出射した信号光がコア5aに入射するような、電気配線基板3の空孔3c内の位置でマルチモード光導波路4上に固定されている。なお、受光用光伝送路5の材料としては、エポキシ系樹脂に限るものではなく、用途に応じてポリイミド系樹脂やアクリル系樹脂等も使用可能である。

【0034】

また、受光用光伝送路5のコア5aの先端部は、上記信号光の伝送方向に向かってその径が小さくなるよう、たとえばテーパ形状となっている。そして、受光素子搭載基板6に固定された受光素子2の受光面は上記受光用伝送路5のコア径の小さい側の端部に対向し、その出射光を受光するように位置合わせされている。この状態で、受光素子搭載基板6は半田7を介して空孔3cの周囲にて電気配線基板3の導体パターン層3bに固定されている。さらに、受光素子搭載基板6、受光用光伝送路5、半田7、空孔3cで囲まれた空隙部には、光透過性樹脂8が充填されている。

【0035】

なお、受光素子搭載基板6の表面には所定の回路パターンが形成されており、半田7を介して電気配線基板3の導体パターン層3bと電氣的に接続されている。

【0036】

上記構成の光結合器は、たとえば次のように作製される。まず第1に、絶縁層3aの片面又は両面に所定の回路を構成する導体パターン層3bを形成した電気配線基板3の一方の面に、エポキシ系樹脂をスピンコートし、クラッド層4b、コア層4aを形成する。フ

10

20

30

40

50

オートリソグラフィによりコア層 4 a をパターンニングした後、さらにエポキシ樹脂をスピニングコートしてクラッド層 4 b を形成し、マルチモード光導波路 4 を完成する。そして、ダイシング加工により、マルチモード光導波路 4 の所定の位置に斜面（反射面）4 d を形成し、スパッタリングで Au を蒸着する。また、上記所定の位置に対応した電気配線基板 3 の部分は、レーザ加工及びエッチングにより、空孔 3 c を形成する。かくして、電気配線基板 3 とマルチモード光導波路 4 とからなる光回路基板 9 が構成される。

【0037】

一方、受光用光伝送路 5 は、図 2 に示すように、型枠 10 の内部にクラッド 5 b となる樹脂材を充填し、これが未硬化の状態ではテーパ状の先端部を有する型材 11 を押し込み、クラッド樹脂を硬化させ、クラッド 5 b を形成する。そして、型材 11 を除去し、コアとなる樹脂材を充填して硬化させ、コア 5 a を形成する。しかるのち、型枠 10 を除去することにより、受光用光伝送路 5 を得る。

10

【0038】

このようにして得られた受光用光伝送路 5 を、コア径の小さい方の端部が上部となるように電気配線基板 3 の空孔 3 c 内に配置し、マルチモード光導波路 4 に光を入射させながら、反射面 4 d で反射され出力部 4 c から出力される光がコア 5 a に入射するように位置合わせして接着剤等により固定する。

【0039】

次に、受光素子 2 を受光素子搭載基板 6 に固定し、受光素子搭載基板を半田（半田ボール）7 を介して受光面を受光用光伝送路 5 のコア 5 a の端部に対向するように配置し、加熱して半田ボールを溶融・凝固させることによって、受光素子 2 を固定する。

20

【0040】

最後に、半田 7 の隙間から、受光素子搭載基板 6、受光用光伝送路 5、半田 7、空孔 3 c で囲まれた空隙部に光透過性樹脂 8 を注入し、固化させる。

【0041】

以上のように構成された本第 1 の実施形態に係る光結合器において、不図示の面発光型半導体レーザ素子（VCSEL）からマルチモード光導波路に光結合し、伝搬する信号光 12 は、マルチモード光導波路内を複数のモードで伝搬する。これら複数のモードは、コア層 4 a とクラッド層 4 b との界面で異なった角度での全反射を繰り返しながら伝搬するため、光源たる半導体レーザ素子から受光素子にまで到達するのに要する時間がそれぞれ異なる。

30

【0042】

このようなマルチモード信号光 12 は、反射面 4 d にて反射し、出力部 4 c から受光用光伝送路に結合する。このとき、受光用光伝送路のコア 5 a の先端部は、光の進行方向に向かってコア径が小さくなるテーパ形状となっているので、伝搬光のうち、高次モードの光 12 b は、図 1 に示すようにクラッドに放射され、主として基本モードを含む伝搬角度が小さい低次モードの光 12 a がコア 5 a を導波伝搬して他端に到達し、受光素子 2 に入射する。このため、伝搬角度が大きいためにコアとクラッドとの間でより多くの全反射を繰り返して伝搬する高次モード光 12 b が受光素子に到達する強度が低減されるので、光源たる半導体レーザ素子から受光素子にまで到達するのに要する時間のモードによるばらつきが低減されることになる。よって、伝送容量を向上させることができる。

40

【0043】

なお、受光用光伝送路 5 のコア 5 a の形状としては、図 1 又は図 2 のようなものとしたが、図 3 に示すように、光の伝送方向に向かって径が減少し、その先端に、シングルモード伝送路部分 5 a 1 を有するものとしてもよい。このような構成によれば、受光用光伝送路 5 を介して基本モードの光を受光素子に到達させ、基本モード以外の高次モードの到達強度を低くすることができるので、より好ましい。

【0044】

なお、図 4 は、本第 1 の実施形態例の第 1 の変形例に係る光結合器 1' を示したものである。上記第 1 の実施形態例では、受光用光伝送路 5 は、電気配線基板 3 の空孔 3 c に露

50

出したマルチモード光導波路 4 上に固定されている。これに対し、図 4 に示す第 1 の変形例では、受光用光伝送路 5 が、受光素子 2 を埋め込むように受光素子搭載基板 6 上に一体化されている。このような構成は、受光素子とマルチモード光伝送路との位置あわせ作業が簡略化されるという利点を有する。

【 0 0 4 5 】

また、図 5 は、本第 1 の実施形態例の第 2 の変形例に係る光結合器 1' を示したものである。上記第 1 の実施形態例では、電気配線基板 3 は、マルチモード光導波路 4 の上側において一つの絶縁層 3 a の両面に導体パターン層 3 b、3 b を形成したものであったが、図 5 に示す第 2 の変形例では、電気配線基板 3 は、マルチモード光導波路 4 の上側に複数の絶縁層 3 a と所定の導体パターン層 3 b とが交互に積層されるとともに、マルチモード光導波路 4 の下方にも絶縁層 3 a と導体パターン層 3 b とを有している。これにより、複雑な電気回路パターンを形成している。その結果、電気配線基板 3 は、第 1 の実施形態における電気配線基板 (図 1) よりも、マルチモード光導波路 4 の上側の領域において厚くなっている。本発明では、マルチモード光導波路 4 を導波し、反射面 4 d で受光素子 2 の方に反射した光が、受光用光伝送路 5 を介して受光素子の方に導波されるので、本第 2 の変形例のように、マルチモード光導波路 4 の出力部 4 c から受光素子 2 までの距離が大きくならざるを得ない場合であっても、基本モードを含む低次モードの光を、効率よく受光素子 2 に導くことができる。

【 0 0 4 6 】

(第 2 の実施形態例)

本発明の第 2 の実施形態例を、図 6 を用いて説明する。なお、第 1 の実施形態例と同一機能を有する各構成部については同一符号を付して示し、その重複説明は省略する。

【 0 0 4 7 】

図 6 は、本発明の第 2 の実施形態例に係る光結合器 20 を示したものである。本第 2 の実施形態例が第 1 の実施形態例と異なる特徴的部分は、受光用伝送路として、マルチモード光導波路 4 の比屈折率差よりも小さな比屈折率差を有する受光用光伝送路 13 を有する点にある。なお、図 6 に示されているように、受光用光伝送路 13 のコア 13 a は、光の進行方向に沿って一様な径を有している。

【 0 0 4 8 】

受光用光伝送路 13 とマルチモード光導波路 4 とは、そのコアサイズはほぼ同一であるが、受光用光伝送路 13 の比屈折率差がマルチモード光導波路 4 のものよりも小さい点で異なっている。このため、受光用光伝送路 13 では、コア 13 a とクラッド 13 b との界面における全反射可能角度が小さくなるので、本第 2 の実施形態例における受光用光伝送路 13 のコア 13 a を導波可能なモードの伝搬角度は、マルチモード光導波路 4 のコア層 4 a を導波するモードの伝搬角度の範囲でも小さいものに限定される。したがって、マルチモード光導波路 4 を導波し、反射面 4 d で反射され、出力部 4 c から出射する光により、受光用光伝送路 13 には、マルチモード光導波路 4 a を導波していたモードの伝搬角度の範囲の中でも、特に小さいモードが誘起される。このモードの光が、受光素子 2 に到達する。よって、マルチモード光導波路 4 のコア 4 a とクラッド 4 b との間でより多くの全反射を繰り返して伝搬する伝搬角度が大きな高次モード光 12 b が受光素子 2 に到達する強度が低減されるので、光源たる不図示の半導体レーザ素子から受光素子 2 にまで到達するのに要する時間のモードによるばらつきが低減されることになる。したがって、本第 2 の実施形態例による光結合器を用いて、伝送容量を向上させることができる。

【 0 0 4 9 】

(第 3 の実施形態例)

本発明の第 3 の実施形態例を、図 7 を用いて説明する。なお、第 1 の実施形態例と同一機能を有する各構成部については同一符号を付して示し、その重複説明は省略する。

【 0 0 5 0 】

図 7 は、本発明の第 3 の実施形態例に係る光結合器 30 を示したものである。本第 3 の実施形態例が第 1 の実施形態例と異なる特徴的部分は、受光用伝送路として、シングルモー

10

20

30

40

50

ド光導波路である受光用光伝送路 1 3 を有する点にある。シングルモード光導波路は、コア 1 3 a のサイズを、基本モード以外の高次モードがカットオフとなるようなサイズに選択することによって実現できることは周知の事項である。

【 0 0 5 1 】

本第 3 の実施形態例では、受光用光伝送路 1 4 は、使用する光の波長に対してシングルモード導波路であるため、マルチモード光導波路 4 を導波し、反射面 4 d で反射され、出力部 4 c から出射する光により、受光用光伝送路 1 4 のコア 1 4 a には、基本モードのみが誘起され、主としてこの基本モードの光が受光素子 2 に到達する。このため、光源たる不図示の半導体レーザ素子から受光素子 2 にまで到達するのに要する時間のモードによるばらつきが低減されることになる。したがって、本第 3 の実施形態例による光結合器を用いて、伝送容量を向上させることができる。

10

【 0 0 5 2 】

(第 4 の実施形態例)

本発明の第 4 の実施形態例を、図 8 を用いて説明する。図 8 は、本発明の第 4 の実施形態例に係る光結合器 4 0 を示したものである。

【 0 0 5 3 】

本発明の第 4 の実施形態に係る光結合器 4 0 は、受光素子搭載基板 6 に搭載された受光素子 2 と、受光素子 2 を埋め込むように受光素子搭載基板 6 上に一体化された受光用光伝送路 1 5 と、受光用光伝送路 1 5 に接続されたマルチモード光ファイバ (マルチモード光導波路) 1 6 とからなる。本第 4 の実施形態例では、受光用光伝送路 1 5 は、第 1 の実施形態例における受光用光伝送路 5 と同様、コア 1 5 a の径が、信号光の伝送方向に向かって小さくなるよう、たとえばテーパ形状となっている。また、本第 4 の実施形態例では、受光用光伝送路 1 5 とマルチモード光ファイバ 1 6 とは、光透過性の接着剤樹脂 1 7 によって、コア 1 6 a と 1 5 a とが調芯された状態で直接接合されている。

20

【 0 0 5 4 】

以上のように構成された本第 4 の実施形態例に係る光結合器 4 0 では、不図示の光源 (半導体レーザ素子など) からマルチモード光ファイバ 1 6 に光結合し、伝搬する信号光 1 2 は、マルチモード光ファイバ 1 6 内を複数のモードで伝搬する。これら複数のモードは、コア 1 6 a とクラッド 1 6 b との界面で異なった角度での全反射を繰り返しながら伝搬するため、光源たる半導体レーザ素子等から受光素子にまで到達するのに要する時間がそれぞれ異なる。

30

【 0 0 5 5 】

このようなマルチモード光 1 2 が受光用光伝送路 1 5 に結合するとき、受光用光伝送路 1 5 のコア 1 5 a の先端部は、光の進行方向に向かってコア径が小さくなるテーパ形状となっているので、伝搬光のうち、高次モードの光 1 2 b は、図 8 に示すようにクラッドに放射され、主として基本モードを含む低次モードの光 1 2 a がコア 1 5 a を導波伝搬して受光素子 2 に入射する。このため、コアとクラッドとの間でより多くの全反射を繰り返して伝搬する高次モード光 1 2 b が受光素子に到達する強度が低減されるので、光源から受光素子にまで到達するのに要する時間のモードによるばらつきが低減されることになる。よって、伝送容量を向上させることができる。

40

【 0 0 5 6 】

なお、光の伝送方向に向かって径が減少するコア 1 5 a を有する受光用光伝送路 1 5 に代えて、第 2 の実施形態例で用いた受光用光伝送路 1 3 のように比屈折率差がマルチモード光ファイバ 1 6 のものよりも小さい受光用光伝送路を使用してもよいし、第 3 の実施形態例で用いた受光用光伝送路 1 4 のようにシングルモード光導波路である受光用光伝送路を使用してもよい。

【 0 0 5 7 】

(第 5 の実施形態例)

本発明の第 5 の実施形態例を、図 9 を用いて説明する。図 9 は、本発明の第 5 の実施形態例に係る光結合器 5 0 を示したものである。

50

【 0 0 5 8 】

本発明の第5の実施形態に係る光結合器50は、光ファイバ通信に用いられるものであって、受光素子搭載基板51に搭載された受光素子2と、受光素子2を埋め込むように受光素子搭載基板51上に一体化された受光用光伝送路18と、受光素子搭載基板51を支持するベース53と、信号光12を通過させる窓部55を有するケース54と、受光素子搭載基板51とベース53とを貫通して外部に導出されたリードピン52とを有する。受光用光伝送路18は、第1の実施形態例における受光用光伝送路5と同様、コア18aの径が、信号光の伝送方向に向かって小さくなるよう、たとえばテーパ形状となっている。窓部55を有するケース54は、ベース53の周縁部において溶接固定されて受光素子52を気密に封止している。なお、外部に導出されたリードピン52は受光素子2に電氣的に接続されている。

10

【 0 0 5 9 】

本第5の実施形態例において、外部から種々のモードで伝搬してきた信号光が、受光用光伝送路18に入射すると、入射した光のうち、高次モードの光はクラッド18bに放出され、主として基本モードを含む低次モードの光がコア18aを伝搬して受光素子2に到達する。したがって、不図示の光源から受光素子にまで到達するのに要する時間のモード、伝搬経路によるばらつきが低減されることになる。よって、伝送容量を向上させることができる。

【 0 0 6 0 】

なお、光の伝送方向に向かって径が減少するコア15aを有する受光用光伝送路15に代

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 6 1 】

【 図 1 】 本発明の光結合器の第1の実施形態例を示す模式図である。

【 図 2 】 受光用光伝送路の作製プロセスを示す図である。

【 図 3 】 受光用光伝送路5の別の構成を示す図である。

【 図 4 】 本発明の光結合器の第1の実施形態例の第1の変形例を示す模式図である。

【 図 5 】 本発明の光結合器の第1の実施形態例の第2の変形例を示す模式図である。

【 図 6 】 本発明の光結合器の第2の実施形態例を示す模式図である。

30

【 図 7 】 本発明の光結合器の第3の実施形態例を示す模式図である。

【 図 8 】 本発明の光結合器の第4の実施形態例を示す模式図である。

【 図 9 】 本発明の光結合器の第5の実施形態例を示す模式図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 2 】

1, 1', 1'' 光結合器

2 受光素子

3 電気配線基板

3a 絶縁層

3b 導体パターン層

40

3c 空孔

4 マルチモード光導波路

4a コア層

4b クラッド層

4c 出力部

4d 反射面

5 受光用光伝送路

5a コア

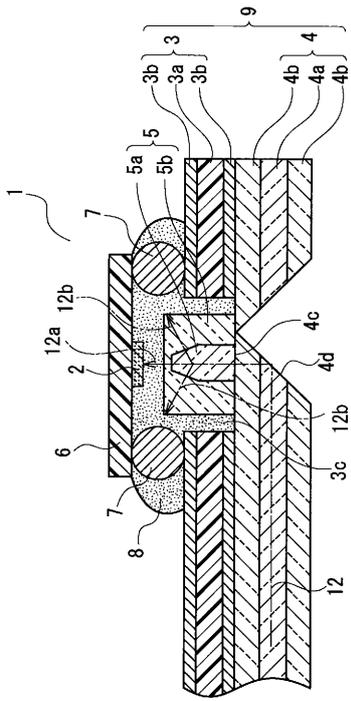
5a1 シングルモード光伝送路部分

5b クラッド

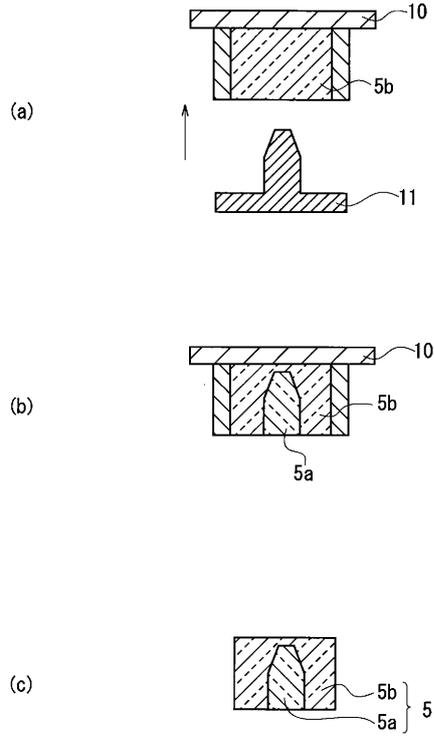
50

6	受光素子搭載基板	
7	半田	
8	光透過性樹脂	
9	光回路基板	
10	型枠	
11	型材	
12	信号光	
12a	基本モードを含む低次モード光	
12b	高次モード光	
13	受光用光伝送路	10
13a	コア	
13b	クラッド	
14	受光用光伝送路	
14a	コア	
14b	クラッド	
15	受光用光伝送路	
15a	コア	
15b	クラッド	
16	マルチモード光ファイバ	
16a	コア	20
16b	クラッド	
17	光透過性接着剤樹脂	
18	受光用光伝送路	
18a	コア	
18b	クラッド	
20	光結合器	
30	光結合器	
40	光結合器	
50	光結合器	
51	受光素子搭載基板	30
52	リードピン	
53	ベース	
54	ケース	
55	窓部	

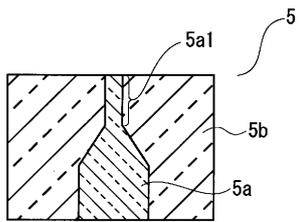
【 図 1 】



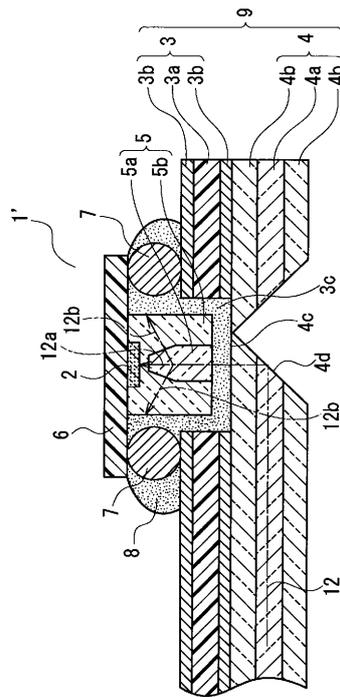
【 図 2 】



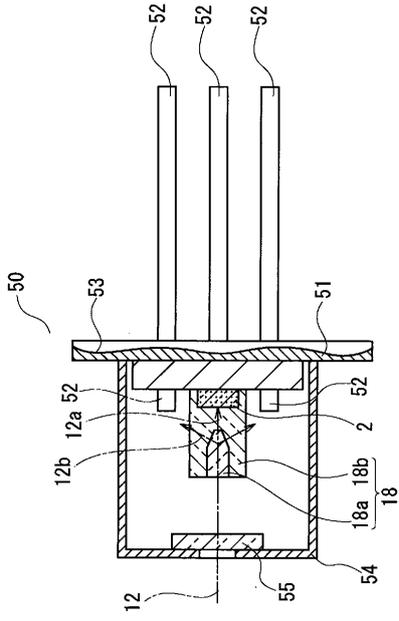
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 児島 直之

東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 古河電気工業株式会社内

審査官 吉田 英一

(56)参考文献 特開平09-090153(JP,A)
特開2006-323027(JP,A)
特開2005-157128(JP,A)
特開2006-178001(JP,A)
特開2002-043611(JP,A)
特開平11-183743(JP,A)
国際公開第01/001176(WO,A1)
特開平02-236505(JP,A)
特開平11-023805(JP,A)
特開2003-060213(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 6/42

G02B 6/122