

(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2006-91878

(P2006-91878A)

(43) 公開日 平成18年4月6日(2006.4.6)

(51) Int.CI.	F 1	テーマコード (参考)
G02B 6/26 (2006.01)	G02B 6/26	2 H 0 7 9
G02B 6/122 (2006.01)	G02B 6/12	D 2 H 1 3 7
G02B 6/12 (2006.01)	G02B 6/12	H 2 H 1 4 7
G02F 1/035 (2006.01)	G02F 1/035	

審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2005-270720 (P2005-270720)	(71) 出願人	000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番 1号
(22) 出願日	平成17年9月16日 (2005.9.16)	(74) 代理人	100070150 弁理士 伊東 忠彦
(31) 優先権主張番号	10/946029	(72) 発明者	横内 貴志男 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
(32) 優先日	平成16年9月20日 (2004.9.20)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		
			F ターム(参考) 2H079 AA02 AA12 BA01 CA04 EA03 EA04

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】アタッチメント型光カップラー装置

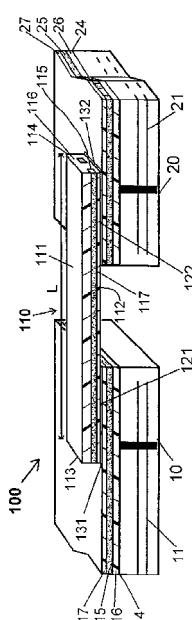
(57) 【要約】

【課題】 光ファイバーをサブストレーに接続等する場合に、サイズ、位置合わせ、コスト等の問題を同時に解決することを課題とする。

【解決手段】 アタッチメント機能を有する光カップラーを開示する。本発明による典型的な光カップラーは、導波路の一部に沿って、光ファイバーのコアとチャネル導波路のコアとを重ね合わせることにより、光ファイバーからの光信号をチャネル導波路にカップリングさせる。コア間のスペーシング距離は、シングルモード光をカップリングする場合には $20 \mu m$ 以下であり、マルチモード光をカップリングする場合には $100 \mu m$ 以下である。これは、2つのコアの端面を向き合わせる従来の光カップラーと対称的である。アタッチメント薄膜を重なり領域に配置して、カップリング構成を有利にし、新しいタイプのオプトエレクトロニックデバイスを作ることができる。

【選択図】 図 2

本発明によるアタッチメント型光カップラーの第1の実施形態を示す図



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

光カップラーであって、

上面、底面、第1の端面、第2の端面、および前記第1と第2の端面の間の長さを有し、前記上面および底面の間に配置された前記長さ方向に伸びたコアマテリアルのボディをさらに有し、前記コアマテリアルのボディと前記上面との間に配置されたクラッドマテリアルの第一の層をさらに有するエレメントと、

前記エレメントの前記底面に配置された第1のアタッチメント領域と、

前記第1のアタッチメント領域上に配置され、上面と前記上面に対応する底面を有する接着剤の第1の薄膜と、

前記コアマテリアルのボディから前記第1の薄膜の前記底面上の点までの距離と、
を有し、

前記コアマテリアルのボディは前記エレメントの前記底面に実質的に平行な方向に光を伝搬するよう構成され、

前記第1の薄膜の前記上面は前記第1のアタッチメント領域において前記エレメントの前記底面と隣接し、

前記コアマテリアルのボディがマルチモード光を伝搬するように構成されているとき、前記距離は $100 \mu m$ 以下であり、前記コアマテリアルのボディがシングルモード光を伝搬するように構成されているとき、前記距離は $20 \mu m$ 以下であることを特徴とする光カップラー。

【請求項 2】

請求項1に記載の光カップラーであって、前記コアマテリアルのボディはシングルモード光のみを伝搬するように構成されており、前記距離は約 $12 \mu m$ 以下であることを特徴とする光カップラー。

【請求項 3】

請求項1に記載の光カップラーであって、前記コアマテリアルのボディはマルチモード光のみを伝搬するように構成されており、前記距離は約 $50 \mu m$ 以下であることを特徴とする光カップラー。

【請求項 4】

請求項1に記載の光カップラーであって、前記第1の薄膜の屈折率は前記コアマテリアルの屈折率より低いことを特徴とする光カップラー。

【請求項 5】

請求項1に記載の光カップラーであって、前記エレメントは前記コアマテリアルのボディと前記エレメントの前記底面との間に配置されたクラッドマテリアルの第2の層を有することを特徴とする光カップラー。

【請求項 6】

請求項1に記載の光カップラーであって、前記第1のアタッチメント領域は前記エレメントの長さ方向に少なくとも $1 mm$ の長さを有していることを特徴とする光カップラー。

【請求項 7】

請求項1に記載の光カップラーであって、前記第1のアタッチメント領域は前記エレメントの長さ方向に少なくとも $2 mm$ の長さを有していることを特徴とする光カップラー。

【請求項 8】

請求項1に記載の光カップラーであって、前記コアマテリアルのボディから前記第1の薄膜の底面までの距離に対する前記第1のアタッチメント領域の長さの比率は少なくとも 200 であることを特徴とする光カップラー。

【請求項 9】

請求項1に記載の光カップラーであって、
前記コアマテリアルのボディはシングルモード光のみを搬送するように構成されており、
前記第1のアタッチメント領域はサブストレートのコアボディの上の前記サブストレー

10

20

30

40

50

トの一面に取り付けられており、前記コアマテリアルのボディから前記サブストレートのコアボディまでの距離Dsは20μm以下であることを特徴とする光カップラー。

【請求項10】

請求項1に記載の光カップラーであって、

前記エレメントの上面に配置された光電子デバイスと、

前記エレメントの上面および底面の間に配置され、前記エレメントの前記コアマテリアルのボディと前記光電子デバイスとの間で光をカップリングするように位置づけられた反射部とをさらに有することを特徴とする光カップラー。

【請求項11】

光カップラーであって、

上面と底面を有するエレメントと、

前記上面と底面との間に配置されたコアマテリアルのボディと、

前記コアマテリアルのボディの少なくとも一部の周りに配置されたクラッドマテリアルとを有し、

前記コアマテリアルのボディは第1の端面と第2の端面を有し、一方の端面から他方の端面に光を搬送するように構成され、

前記第2の端面は前記底面より前記上面の近くにあり、前記上面に対して角度をなす方向に前記上面を通して光をカップリングするように位置決めされ、

前記コアマテリアルのボディは前記第2の端面より前記第1の端面の近くにある、前記エレメントの底面と実質的に平行な方向に光を搬送するため前記エレメントの底面に実質的に平行に配置された第1のセグメントをさらに有し、

前記コアマテリアルのボディは前記第2の端面と前記第1のセグメントの間にある第2のセグメントをさらに有し、

前記第1のセグメント中の前記コアマテリアルのボディから前記エレメントの底面までの距離は、前記コアマテリアルのボディがマルチモード光を搬送するように構成されているときは100μm以下であり、前記コアマテリアルのボディがシングルモード光のみを搬送するように構成されているときは20μm以下であることを特徴とする光カップラー。

【請求項12】

請求項11に記載の光カップラーであって、前記第1のセグメントの長さは少なくとも1mmであることを特徴とする光カップラー。

【請求項13】

請求項11に記載の光カップラーであって、前記第1のセグメント中の前記コアマテリアルのボディから前記エレメントの底面までの距離に対する前記第1のセグメント領域の長さの割合は少なくとも200であることを特徴とする光カップラー。

【請求項14】

請求項11に記載の光カップラーであって、

前記エレメントの底面は、前記第1のセグメントがサブストレートのコアボディの上に来るよう前記サブストレートの一面に取り付けられ、

前記第1のセグメント中の前記コアマテリアルのボディから前記サブストレートのコアボディまでの距離Dsは、前記コアマテリアルのボディがマルチモード光を搬送するとき100μm以下であり、前記コアマテリアルのボディがシングルモード光のみを搬送するとき20μm以下であることを特徴とする光カップラー。

【請求項15】

光カップラーであって、

上面、底面、第1の端面、第2の端面、前記第1と第2の端面の間の長さを有し、前記上面と底面の間に配置された前記長さ方向に伸びたエレクトロオプティックマテリアルのボディをさらに有するエレメントと、

前記エレクトロオプティックマテリアルのボディの少なくとも一部に電場を生成するように位置決めされた第1の電極および第2の電極と、

10

20

30

40

50

前記エレメントの前記底面にあるアタッチメント領域と、
 前記アタッチメント領域に配置され、上面と前記上面と対向する底面とを有する接着剤の薄膜とを有し、
 前記エレクトロオプティックマテリアルの屈折率は印加された電場の関数であり、
 前記薄膜の上面は前記アタッチメント領域において前記エレメントの前記底面と隣接しており、
 前記コアマテリアルのボディから前記薄膜の前記底面までの距離は 100 μm 以下であることを特徴とする光カップラー。

【請求項 16】

請求項 15 に記載の光カップラーであって、前記距離は約 20 μm 以下であることを特徴とする光カップラー。 10

【請求項 17】

請求項 15 に記載の光カップラーであって、前記エレクトロオプティックマテリアルのボディは前記エレメントの長さ方向の長さは少なくとも 1 mm であることを特徴とする光カップラー。

【請求項 18】

光モジュレータであって、
 底面と、前記底面上に配置された下部クラッド層と、前記下部クラッド層の上に形成されたコア層と、前記コア層の上の上面とを有する光導波路と、

請求項 15 に記載の光カップラーとを有し、
 前記光カップラーの前記接着剤の薄膜は前記光導波路の上面の第 1 の部分に貼り付けられていることを特徴とする光モジュレータ。 20

【請求項 19】

光カップラーであって、
 上面、底面、第 1 の端面、第 2 の端面、前記第 1 と第 2 の端面の間の長さを有し、前記上面と底面の間に配置され前記長さ方向に伸びたコアマテリアルのボディをさらに有し、前記コアマテリアルのボディの少なくとも一部の方向に沿って配置されたクラッドマテリアルのボディをさらに有するエレメントと、

前記エレメントの底面の前記第 2 の端面より前記第 1 の端面に近いところにある第 1 のアタッチメント領域と、 30

前記エレメントの底面の前記第 1 の端面より前記第 2 の端面に近いところにある第 2 のアタッチメント領域と、

前記第 1 のアタッチメント領域と前記第 2 のアタッチメント領域に配置された、上面と前記上面に対向する底面を有する接着剤の薄膜とを有し、

前記コアマテリアルのボディは前記エレメントの底面と実質的に平行な方向に光を搬送し、

前記コアマテリアルのボディと前記クラッドのボディの少なくとも一方は印加された電場の関数である屈折率を有するエレクトロオプティックマテリアルを有し、

前記薄膜の上面は前記アタッチメント領域の各々において前記エレメントの底面に隣接し、 40

前記コアマテリアルのボディから前記薄膜の底面までの距離は前記アタッチメント領域の各々において 100 μm 以下であることを特徴とする光カップラー。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光信号のサブストレートへの接続、サブストレート間の接続等に関する。特に、上記接続のための光カップラーに関する。

【背景技術】

50

【0002】

多数のコンピュータや通信システムの帯域幅や通信速度を上げるために、電子システムには光ファイバーや光部品があります。集積されつつある。このような光ファイバーや光部品の集積により、サブストレート間で数百から数千の光信号がファイバーを用いて搬送されるようになっている。図1は従来のカップラー1を示す断面図であり、光ファイバー4がサブストレート9上のチャネル導波路8に結合されている。図示したように、光ファイバー4の一端はチャネル導波路8の一端に向き合うように配置されている。光ファイバーのコアは一般的には円形の断面を有し、一方、チャネル導波路のコアは一般に四角形の断面を有している。

【発明の開示】

10

【発明が解決しようとする課題】**【0003】**

現在の光ファイバー技術では、光ファイバーを基板に取り付けるために用いるコネクターが比較的大きく、電子システムに組み込むことができる光信号の数に実際上制限があることを、本願発明者は本発明を完成するに至る過程で認識した。また、このコネクターが光ファイバーのコアとサブストレートのチャネル導波路のコアとの間の位置ずれ(alignment)を引き起こすことを認識した。こうした位置ずれ問題は精密製造したコネクターパーツを用いることにより解決できるが、コストが非常に高くなってしまう。

【0004】

従って、光ファイバーをサブストレートに接続等する場合に、サイズ、位置合わせ、コスト等の問題を同時に解決する必要がある。

【課題を解決するための手段】**【0005】**

本発明による典型的な光カップラーは、導波路の一部に沿って、光ファイバーのコアとチャネル導波路のコアとを重ね合わせることにより、光ファイバーからの光信号をチャネル導波路にカップリングする。コア間のスペーシング距離は、シングルモード光をカップリングする場合には $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、マルチモード光をカップリングする場合には $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下である。これは、2つのコアの端面を向き合わせる従来の光カップラーと対称的である。アタッチメント薄膜を重なり領域に配置して、カップリング構成を有利にし、新しいタイプのオプトエレクトロニックデバイスを作ることができる。

30

【0006】

従って、本発明の目的の一つは、サブストレート間の光カップリングを提供するために必要なエリアを縮小することである。

【0007】

本発明の他の目的の一つは、光カップラーの光サブストレートに対する位置合わせ(alignment)の制度を高めることである。

【0008】

本発明のさらに別の目的の一つは、光カップラーのコスト、および光カップラーの光サブストレートに対する位置合わせのコストを下げるることである。

40

【0009】

本発明のさらに別の目的の一つは、新しいオプトエレクトロニックデバイスの創造を可能とすることである。

【0010】

本発明の上記その他の目的は、この明細書、特許請求の範囲、添付した図面を考慮すれば、当業者に明らかとなるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】**【0011】**

図2は本発明の第1の実施形態100を示しており、2つのサブストレート10と20の間で光信号を結合する本発明の第1のアプリケーションとして使用するものである。サブストレート10はその上面に形成された導波層14と配線(electrical trace)とを

50

有している。導波層 14 は好ましく複数のチャネル導波路を有する。オプトエレクトロニクスデバイス(図2には示さず)は導波層14との間で光信号を送受信するため、導波層14の上、中、または下に配置される。同様に、サブストレート20はその上面に形成された導波層24と配線(electrical trace)とを有している。導波層24は好ましく複数のチャネル導波路を有する。オプトエレクトロニクスデバイス(図2には示さず)は導波層24との間で光信号を送受信するため、導波層24の上、中、または下に配置される。

【0012】

光カップラー100は、上面111、底面112、第1の端面113、第2の端面114を有するエレメント110を含み、前記第1の端面と第2の端面の間の長さはLである。¹⁰(ここで、「エレメント」という用語は、広い意味で使用し、より大きなコンポーネント(この場合、光カップラー100)の一部を意味する。)エレメント110は上面111と底面112の間に配置された長さLに伸びるコアマテリアルのボディ115をさらに有する。(ここで、「ボディ」という用語は、体積を有し他のオブジェクトとは区別できる個別の3次元オブジェクトという一般的な意味で使用する。)ボディ115は、長さLの方向と実質的に平行に走る細長い形状をしており、その断面は(例えば、光ファイバー²⁰やチャネル導波路のコアのように)正方形、長方形、円形、または橿円形である。エレメント110は、コアマテリアルのボディ115と、エレメント110の上面111との間に配置されたクラッドマテリアルの第1層116とをさらに有し、ボディ115とエレメント110の底面112との間に配置された任意的なクラッドマテリアルの第2層117を有する。ここで、「コアマテリアル」および「クラッドマテリアル」という用語は光技術における広義の意味で用いられている。具体的に、光は、クラッドマテリアルにより閉じこめられつつ、主にコアマテリアルにより搬送されるが、それは2つのマテリアルの屈折率が異なるからである。例えば、(「複素数」の屈折率に対して)「実数」の屈折率を有する単純かつ一般的な光学マテリアルの場合、クラッドマテリアルの屈折率はコアマテリアルの屈折率(一般的には少なくとも0.2%、より一般的には0.2%と5%の間である)より低い。このように、コアマテリアルのボディ115はエレメント110の底面112と実質的に平行な方向に光を搬送するように構成されている。

【0013】

光カップラー100は、第1の端面113の近くに、エレメント110の底面112に第1のアタッチメント領域121をさらに有する。³⁰第1のアタッチメント領域121はサブストレート10の一部の上に配置され、第1のアタッチメント領域121に配置された接着剤の第1の薄膜131によりそのサブストレート10の一部に取り付けられている。薄膜131の様子は図3の方がわかりやすい。図3は光カップラー100のサブストレート10に取り付けられた領域の部分断面図である。図3に示した参照番号は図2に示したものと同じである。第1の接着薄膜131は上面とそれに対向する底面とを有し、上面は第1のアタッチメント領域121においてエレメント110の底面112に隣接して接着されている。接着薄膜131は、好ましくは、サブストレート10の上面に接着される前はその底面が粘着性を有するように製造される。接着薄膜131が有する接着剤は、接着薄膜131とエレメント110とがサブストレート10から容易に取り外しができるようなものであり、これによりサブストレート10のテストと交換が可能である。接着薄膜131の剥離強度は少なくとも10~15 g/cm(言い換えると、接着薄膜131をはがすには少なくとも0.1~0.15 N/cmの剥離力が必要)であり、好ましくは少なくとも100 g/cm(1 N/cmの剥離力)である。アタッチメント領域121の下にはサブストレート10の光導波路14がある。この光導波路14は下部クラッド層16、コアボディ15、および任意的上部クラッド層17を有する。アタッチメント領域121の大部分において、光カップラー100のコアボディ115の底面とコアボディ15の上面の間の距離は小さく、図3において参照記号Dsで示した。以下により詳しく説明するように、コアボディ15と115の光がシングルモードのとき、距離Dsは20 μm以下であり、コアボディ15と115の光がマルチモードのとき、距離Dsは100 μm以下である。このようにコアマテリアルの底面112とコアボディ115の底面との間の距離は、シングルモードのとき20 μm以下であり、マルチモードのとき100 μm以下である。

10

20

30

40

50

テリアルのボディ間の距離が短いので、光は進行方向にかかわらず（すなわち、右から左でも、左から右でも）、コアボディ115と15間で結合される。

【0014】

また、光カップラー100は、第2の端面114の近くに、エレメント110の底面112に第2のアタッチメント領域122をさらに有する。第2のアタッチメント領域122はサブストレート20の一部の上に配置され、第2のアタッチメント領域122に配置された接着剤の第2の薄膜132によりそのサブストレート20の一部に取り付けられている。第2の接着薄膜132は上面とそれに対向する底面とを有し、上面は第2のアタッチメント領域122においてエレメント110の底面112に隣接して接着されていて、底面はサブストレート20の上面の一部に隣接して接着されている。接着薄膜132は、好ましくは、サブストレート20の上面に接着される前はその底面が粘着性を有するように製造される。接着薄膜132が有する接着剤は、接着薄膜132とエレメント110とがサブストレート20から容易に取り外しができるようなものであり、これによりサブストレート20のテストと交換が可能である。接着薄膜132の剥離強度は少なくとも10~15g/cm（言い換えると、接着薄膜132をはがすには少なくとも0.1~0.15N/cmの剥離力が必要）であり、好ましくは少なくとも100g/cm（1N/cmの剥離力）である。アタッチメント領域122の下にはサブストレート20の光導波路24がある。この光導波路24は下部クラッド層26、コアボディ25、および任意的上部クラッド層27を有する。アタッチメント領域122の大部分において、光カップラー100のコアボディ115の底面とコアボディ25の上面の間の距離は小さく、図3において参照記号Dsで示した。（図3はサブストレート10とエレメント110との結合を示す図であるが、サブストレート20とエレメント110との結合も同様である。）以下により詳しく説明するように、コアボディ25（図3の15に対応する）と115の光がシングルモードのとき、距離Dsは20μm以下であり、コアボディ25（図3の15に対応する）と115の光がマルチモードのとき、距離Dsは100μm以下である。このようにコアマテリアルのボディ間の距離が短いので、光は進行方向にかかわらず（すなわち、右から左でも、左から右でも）、コアボディ115と25間で結合される。

【0015】

本技術分野において周知の技術により、コアボディ15はシングル横モードの光（「シングルモード光」と呼ぶ）だけを伝搬するように構成され、またはマルチ横モードの光（「マルチモード光」と呼ぶ）だけを伝搬するように構成される。ここでの記載と請求項において、「光を通すように構成され」とは、コアボディがそれに沿った特定のモードの光の伝搬をサポートするように構成されていることを意味する。一般に、コアボディ115はコアボディ15と同じタイプの光（シングルモード光またはマルチモード光）を通すように構成されている。導波コアを伝搬することができるモード数は、光の波長に対する導波コアの横方向の大きさ、およびコアマテリアルとクラッドマテリアルの屈折率の差によって決まる。一般に、赤領域の波長（約0.9μm~約1.6μm）をもつ光について、コアボディの横方向の大きさは、シングルモード伝搬の場合約5μm~約9μmであり、マルチモード伝搬の場合約15μm~約100μmである。波長設計の教科書の多くには、導波コアの横方向の大きさが与えられた場合に、シングルモード導波路またはマルチモード導波路を実現するために必要な屈折率の違いを計算したグラフや式が示されている。この分野になじみのない読者は、これらの教科書を参照すればよい。

【0016】

シングルモード光とマルチモード光の区別は重要である。その理由は、アタッチメント領域を通した光の結合の仕方が、各モードで異なるからである。一般に、シングルモード光が必要とするスペーシング距離Dsはマルチモード光が必要とするスペーシング距離より小さい。本発明において、一般に、スペーシング距離Dsは、コアボディ15と115内の光がシングルモードであるとき20μm以下であり、コアボディ15と115内の光がマルチモードであるとき100μm以下である。

【0017】

10

20

30

30

40

50

コアボディ間のカップリング効率はスペーシング距離Dsとコアボディが互いに重なり合う大きさとに依存する。この重なり合いの大きさは図3において重なり長さLopで示されている。一般に、第1のアタッチメント薄膜131の長さは、エレメント110の長さLの方向（およびコアボディ115の長さ方向）で測定され、重なり長さLopと実質的に等しい。同様に、第2のアタッチメント薄膜132の長さはエレメント110とサブストレート20の間の重なり長さに実質的に等しい。カップリング効率は、スペーシング距離Dsが減少すると増加し、重なり長さLopが増加するとある点までは増加する。

【0018】

カップリング効率を例示するために、シングルモード、 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ 波長帯域の光を搬送するように構成されたコアボディ115と15を例にとる。各コアボディの断面は一辺の長さが $7\text{ }\mu\text{m}$ のほぼ正方形で、屈折率は 1.567 である。クラッド層16、116は屈折率が 1.563 であり、厚さは約 $15\text{ }\mu\text{m}$ である。アタッチメント薄膜131の屈折率は約 1.563 である。

【0019】

図4は、重なり長さLopの関数としてカップリング効率（単位：パーセンテージ）を示し、スペーシング距離Dsは $2\text{ }\mu\text{m}$ 、 $4\text{ }\mu\text{m}$ 、 $6\text{ }\mu\text{m}$ 、 $8\text{ }\mu\text{m}$ 、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 、および $12\text{ }\mu\text{m}$ である。市販されている光波シミュレーションソフトウェア（例えば、オプティウェイブ社の3D-OptiBPM）を用いて曲線を計算した。コアボディ15の基本モードを最初のビームフィールドとしてシミュレーションした。コアボディ115へのカップリング効率をコアボディ115の基本モードフィールドで重なり積分により計算した。

【0020】

図示した通り、重なり長さLopが 1.1 mm 、 2 mm 、 3.7 mm 、約 6.5 mm のとき、スペーシング距離がそれぞれ $2\text{ }\mu\text{m}$ 、 $4\text{ }\mu\text{m}$ 、 $6\text{ }\mu\text{m}$ 、 $8\text{ }\mu\text{m}$ に対して 95% のカップリング効率が得られた。各場合において、LopのDsに対する比率（ Lop/Ds ）は 500 以上である。曲線は事実上周期的であり、重なりが一定の大きさを超えるとLopが増加してもカップリング効率は減少する。最大値が得られてからのカップリング効率の減少は後方反射効果（back reflection）によるものである。このように、カップリング効率が最大となる値よりも重なり長さLopを大きくすることは望ましくないが、それはコアボディ15にノイズが発生して望ましくないからである。それゆえ、Lopは（与えられたDsの値に対して）最大カップリング効率を与える長さの 150% 以下であることが好ましく、さらに最大カップリング効率を与える長さの 100% 以下であることが好ましい。

【0021】

一般的なシングルモードカップリングのアプリケーションについては、カップリング効率は少なくとも 65% であることが望ましい。図4に示した例から、重なり長さLopが 0.7 mm 、 1.23 mm 、 2.23 mm 、 4.05 mm であるとき、 $2\text{ }\mu\text{m}$ 、 $4\text{ }\mu\text{m}$ 、 $6\text{ }\mu\text{m}$ 、および $8\text{ }\mu\text{m}$ のスペーシング距離Dsのカップリング効率が 65% となる。各場合では、LopのDsに対する比率（ Lop/Ds ）は 300 以上である。カップリング効率が 80% のとき、LopのDsに対する比率（ Lop/Ds ）は 400 以上である。カップリング効率を同じにするには、スペーシング距離Dsが減少したとき重なり長さLopを増加させ、スペーシング距離Dsが増加したとき重なり長さLopを減少させる。例えば、 $Lop = 2.1\text{ mm}$ かつ $Ds = 5\text{ }\mu\text{m}$ の光カップラー100のカップリング効率は、 $Lop = 1.1\text{ mm}$ かつ $Ds = 2\text{ }\mu\text{m}$ の光カップラーのカップリング効率とほぼ同じである。カップリング効率はスペーシング距離Dsに比較的敏感なので、Dsの値を目標値の誤差 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 以内に維持することが好ましい。

【0022】

特殊なマルチレイヤー光ワイヤリング技術を使えば、 $5\text{ }\mu\text{m}$ より小さいスペーシング距離Ds（例えば、 $2\text{ }\mu\text{m}$ から $5\text{ }\mu\text{m}$ までの範囲）を実現することは可能である。一般的なマルチレイヤー光ワイヤリング技術でも、 $4\text{ }\mu\text{m}$ 以上のスペーシング距離Dsを実現することは十分可能である。いずれの場合も、シングルモードカップリングの場合は、スペーシング距離Dsを $12\text{ }\mu\text{m}$ から $14\text{ }\mu\text{m}$ より大きくしたとき、距離Lopは一般に望ましい値より長くなる。このように、シングルモードカップリングの場合、一般的なマルチレイヤー光ワイ

ヤリング技術では、スペーシング距離Dsは約4 μmから約14 μmの範囲とすることが有用であり、12 μm、9 μm、および6 μmを選択してもよい。

【0023】

典型的にはLopは少なくとも1mmであり、より典型的には少なくとも2mmである。少なくとも約35%のカップリング効率を実現するため、比率Lop/Dsは少なくとも200とする。好ましい実施形態において、比率Lop/Dsは、カップリング効率を大きく（普通、少なくとも約65%）するためには300以上とし、カップリング効率をより大きく（普通、少なくとも約80%）するためには400以上とする。これらの比率は、コアが一辺7 μmの正方形の断面と1.567の屈折率を有し、クラッド層が1.563の屈折率を有する場合の一例として挙げたものであるが、当業者には一般的な指針となる。当然のことながら、当業者は導波路の構成に合わせてLopとDsの値を選択し、カップリング効率を少なくとも35%、65%、または80%等を満足することができる。LopとDsの値を変化させたサンプルを作り必要以上の実験をして、その結果生じるカップリング効率を測定し、望ましいカップリング効率を満たすLopとDsの値を見つけなくても、LopとDsの値を選択することができる。市販の導波路光学シミュレーションプログラムを用いてLopとDsの値を決めることもできる。

【0024】

一般的のマルチモードカップリングアプリケーションの場合、DsとLopの値の選択はより複雑になるが、それはカップリングがモードの構成により変わるからである。典型的には、Dsの値は100 μm以下であり、より典型的には50 μm以下である。Lopはカップリング効率が所望の値になるように選択し、典型的には数ミリメートルから数十ミリメートルの範囲である。シングルモード導波路は光信号の密度が高いので、以下の説明で焦点を当てる。

【0025】

第1のアタッチメント領域121のエリアで上部のクラッド層17を取り除くことにより、コアボディ115と15の間のスペーシング距離Dsを小さくすることができる。このことは、上部クラッド層117と第1の接着薄膜131を合わせた厚さが距離Dsとなることを意味する。このように、シングルモードアプリケーションの場合にDsを約12 μm、約9 μm、または約6 μm以下の値にするには、これらの層を合わせた厚さがそれぞれ約12 μm、約9 μm、または約6 μm以下であればよい。コアボディ115と15の間のスペーシング距離Dsは、第1のアタッチメント領域121のエリアで上部クラッド層117を取り除くことによっても小さくすることができる。このことは、距離Dsが上部クラッド層17と第1の接着薄膜131を合わせた厚さとなることを意味する。上部クラッド層17の厚さが3 μmであるとき、Dsを約12 μm、約9 μm、または約6 μm以下の値にするには、第1の接着薄膜131の厚さを、それぞれ約9 μm、約6 μm、または約3 μm以下に設定すればよい。最後に、シングルモードカップリングを用いる実施形態でも特殊な場合には、第1のアタッチメント領域121のエリアの上部クラッド層17と117の両方を取り除くことにより、コアボディ115と15の間のスペーシング距離Dsを非常に小さくすることができる。このことは、距離Dsは第1の接着薄膜131の厚さのみによって決まり、2 μmから5 μmまでくらい小さくすることができることを意味する。

【0026】

第1のアタッチメント領域121の場合と同様に、第2のアタッチメント領域122のエリアで上部クラッド層27を取り除くことにより、第2のアタッチメント領域のコアボディ115と25の間のスペーシング距離Dsを小さくすることができる。このことは、上部クラッド層117と第2の接着薄膜132を合わせた厚さを距離Dsとすることを意味する。このように、シングルモードアプリケーションの場合にDsを約12 μm、約9 μm、または約6 μm以下の値にするには、これらの層を合わせた厚さがそれぞれ約12 μm、約9 μm、または約6 μm以下であればよい。コアボディ115と25の間のスペーシング距離Dsは、第2のアタッチメント領域122のエリアで上部クラッド層117を取り除くことによっても小さくすることができる。このことは、距離Dsを上部クラッド層27と

10

20

30

40

50

第2の接着薄膜132を合わせた厚さとすることを意味する。この場合、上部クラッド層27の厚さが3μmであるとき、Dsを約12μm、約9μm、または約6μm以下の値にするには、第2の接着薄膜132の厚さを、それぞれ約9μm、約6μm、または約3μm以下に設定すればよい。最後に、シングルモードカップリングを用いる実施形態でも特殊な場合には、第2のアタッチメント領域122のエリアの上部クラッド層27と117の両方を取り除くことにより、コアボディ115と25の間のスペーシング距離Dsを非常に小さくすることができる。このことは、距離Dsは第2の接着薄膜132の厚さのみによって決まり、2μmから5μmまでくらい小さくすることができることを意味する。

【0027】

カップラー100の他の実施形態(図示せず)として、第2の端面114はサブストレート20の光導波層24と一緒に形成してもよく、その場合コアボディ115と25の端面は第2の端面114で互いに境を接する。この場合、第2のアタッチメント領域122と第2の薄膜132は必要ではない。

【0028】

任意的な特徴として、上記実施形態のいずれに含まれてもよいものであるが、図3に示したように、第2のクラッド層117は第1と第2のアタッチメント領域121と122の間の領域に付加的部分118を有していてもよい。コアボディ115の伝送特性、特にコアボディ115内を伝播する光波の有効屈折率は、クラッド層117の厚さによって変化する。クラッド層117の厚さを大きくすることにより、この変化は小さくすることができる。付加部分118を付け加えることにより、この変化をさらに小さくし、カップラー100の生産における均一性を高めることができる。

【0029】

図5は、他の実施形態による光カップラー100を示している。光カップラー100は光カップラー100の構成をすべて有し(図中同じ参照番号を使用する)、エレメント100の上面111上に配置された配線(electrical trace)140を有する。配線(electrical trace)140はサブストレート間の電気信号を搬送する(図5には図示せず)。配線(electrical trace)140の先端は端面113より先まで伸びて、クラッド層116の延伸部146により支持されている(他のアプローチとして、クラッド層116の上に他の絶縁層を配置してもよい)。サブストレート10の配線の電気的ネットワーク11に配線(electric trace)140を結合するため、導体のボディ144(例えば、ハンダや導電接着剤等)を使用してもよい。ハンダボールの接合面を濡らすため、延伸部146の下側にコンタクトパッド142を配置し、サブストレート10の上面にコンタクトパッド13が配置される。第1の電気的ビア141はコンタクトパッド142を配線(electrical trace)140に結合し、第2の電気的ビア12はコンタクトパッド13を電気的ネットワーク11に結合する。図に点線で示したように、ビア12の位置はコアボディ15とぶつからないように決められている。141-144および12-13と同様の構成を用い、配線140がサブストレート20の配線の電気的ネットワーク21に電気的に結合される。また、サブストレート10と20の間で別の電気信号を搬送するため、エレメント110の上面に複数の配線140を配置してもよい。このように、光カップラー100はサブストレート10と20の間に電気的相互接続を複数備えるだけでなく、光学的相互接続も複数備えている。

【0030】

図6は別の実施形態による光カップラー200を示す斜視断面図であり、この光カップラー200はサブストレート10の導波路14とサブストレート10の上面の上に配置したファイバーアレイ(図示せず)との間で光信号をカップリングするのに好適である。上述したように、導波路14はコアボディ15とクラッド層16、17とを有する。ファイバーアレイ中の光信号の伝搬経路はサブストレート10の上面に対して角度をなす(普通は直角である)。カップラー200内で、伝搬経路の方向が変えられ、サブストレート10の上面と実質的に平行となる。このため、カップラー200は、上面211と底面212とを有するエレメント210を有し、上面211と底面212の間に配置されたコアマ

10

20

30

40

50

テリアルのボディ 215 をさらに有し、コアボディ 215 の少なくとも一部の周りに配置されたクラッドマテリアル 216 をさらに有する。コアボディ 215 は底面 212 の近く（すなわち、上面 211 よりも底面 212 に近く）に配置された第 1 の端面 213 と、上面 211 の近く（すなわち、底面 212 より上面 211 に近く）に配置された第 2 の端面 214 とを有する。図 6 の斜視断面図には、コアボディとクラッドマテリアル 216 の断面が示されている。コアボディ 215 は第 1 の端面 213 から第 2 の端面 214 へ、またはその逆に光を搬送するように構成されている（例えば、端面 213 と 214 の間で細長くなっている）。光信号はコアボディ 115 のセグメント 218 に沿った第 1 の端面 213 に近いカップリング領域 221 においてコアボディ 15 とコアボディ 215 の間でカップリングされる。セグメント 218 は底面 212 と実質的に平行に配置されている。接着剤の薄膜 231 はエレメント 210 の底面 212 とサブストレート 10 の上面との間に配置され、アタッチメント領域 221 を中に含んでいる。光信号は第 2 の端面 214 で直接ファイバーアレイにカップリングされる。接着薄膜 231 は、その底面がサブストレート 10 の上面に接着される前に粘着状態であるように製造されることが好ましい。接着薄膜 231 はテストや交換のために、エレメント 210 とともにサブストレート 10 から容易に取り外しできる接着剤を含む。接着薄膜 231 は典型的には少なくとも 100 ~ 150 g/cm² の剥離強度を有する（言い換えると、接着薄膜 231 をはがすには少なくとも 1 ~ 1.5 N/cm の剥離力が必要である）。

10

20

30

【0031】

カップリング領域 221 において、コアボディ 215 と 15 は重なり長さ Lop の方向にスペーシング距離 Ds だけ互いに離れている。重なり長さ Lop はセグメント 218 の長さである。Lop、Ds、およびこれらの比率は、光カップラー 100 と 100 に関する上で説明した値を有する。シングルモードカップリングの場合、Ds は 20 μm 以下であり、Lop は 1 mm 以上であることが好ましい。スペーシング距離 Ds を短くするには、セグメント 218 の下のクラッドマテリアル 216（参照番号 216 b で示す）を薄くするか取り除く。クラッドマテリアル 216 b を取り除いた場合、スペーシング距離 Ds は上部クラッド層 17 の厚さと接着薄膜 231 の厚さを合わせた厚さになる。上部クラッド層 17 の厚さが 3 μm の場合、スペーシング距離 Ds を約 12 μm、約 9 μm、または約 6 μm とするには、接着薄膜 231 の厚さをそれぞれ約 9 μm、約 6 μm、約 3 μm 以下とすればよい。コアボディ 215 と 15 の間のスペーシング距離 Ds をより小さくするには、光カップラー 200 が取り付けられているエリアにおいてクラッド層 17 を取り除く。これは、クラッド層 216 b の厚さと接着薄膜 231 の厚さとを合わせた厚さをスペーシング距離 Ds とすることを意味する。このように、スペーシング距離 Ds の値を約 12 μm、約 9 μm、約 6 μm 以下とするには、これらの層の厚さを合わせてそれぞれ約 12 μm、約 9 μm、約 6 μm 以下とする必要がある。最後に、上で説明したように、上部クラッド層 17 とクラッドマテリアル 216 b の両方を取り除くことにより、コアボディ 215 と 15 の間のスペーシング距離 Ds を非常に小さくすることができる。これはスペーシング距離 Ds を接着薄膜 231 の厚さだけにすることを意味し、2 μm から 5 μm にすることもできるが、20 μm より小さいことが好ましい。

40

【0032】

マルチモードカップリングの場合、スペーシング距離 Ds は一般に 100 μm 以下であり、50 μm 以下であることが好ましい。Lop は数ミリメートルから数十ミリメートルである。

50

【0033】

好ましい実施形態において、コアボディ 215 はセグメント 218 と第 2 の端面 214 の間にカーブしたセグメント 219 をさらに有する。カーブしたセグメント 219 は上面 211 と底面 212 の間にあり、コアボディ 215 中の光伝搬の方向を徐々に変えて、光がゼロでない角度（例えば、90°）でコアボディ 215 に入り、またはコアボディ 215 から出る。セグメント 219 は好ましくはカーブしているが、当然のことながら、まっすぐなセグメント 219 と、そのまっすぐなセグメント 219 とセグメント 218 の

間に配置された反射エレメント（例えば、ミラー）とでカーブしたセグメント219を置き換えてよい。

【0034】

上面211はコアボディ215の端面214と位置決めされた複数の光ファイバーを有するMTカップラーを取り付ける構成となっていてよい。この場合、上面211にフェルールを備えてもよい。他の実施態様として、カップラー200をファイバーアレイ（図示せず）の終端カップラーとして一体で形成してもよい。図6に示した構成にファイバーアレイの端面を一体化し、エレメント210の底面を研磨してスペーシング距離Dsを所望の値にすることにより、構成することができる。

【0035】

サブストレート10に対するカップラー200の位置決めのため、エレメント210のボディは透過または半透過マテリアルで形成され、従来のアライメントマーク（図示せず）をエレメント210とサブストレート10の両方に形成してもよい。カップラー200は本技術分野で知られた、または使用されているいかなる手段によってサブストレート10に固定されていてもよく、薄膜131と同様の接着薄膜によってサブストレート10に固定されてもよい。

【0036】

図7はサブストレート10の導波路14とサブストレート10の上面の上に配置されたオプトエレクトロニックデバイス330との間で光信号をカップリングさせるのに好適な他の実施形態による光カップラー300を示す図である。上述したように、導波路14はコアボディ14とクラッド層16および17とを有する。オプトエレクトロニックデバイス330はサポートサブストレート331とデバイス332を有し、デバイス332は光エミッタまたは光レシーバである。光エミッタの例としては、（斜角カップリングミラーを有する）端面発光レーザ、面発光レーザ（VCSEL）、発光ダイオード等がある。光レシーバの例としてはフォトダイオード、フォトトランジスタ等がある。（図2と3に示した）光カップラー100と同様に、光カップラー300は、上面111と底面112とを有するエレメント110と、上面111と底面112の間に配置されたコアボディ115、コアボディ115と上面111の間に配置されたクラッド層116と、コアボディ115と底面112の間に配置された任意的クラッド層117、アタッチメント領域121と、アタッチメント薄膜131とを有する。これらは上ですでに説明した。光カップラー300はエレメント110の上面111と底面112の間に配置され、コアボディ115とデバイス332の間で光をカップリングするためにコアボディ115の近くにある反射部310を有する。反射部310は光が通過するとその進行方向を変える。反射部310は屈折率が低い金属または絶縁体で背面コーティングされたミラー、または背面エアギャップを有するミラーを有する。反射部310は従来の格子構造を有していてもよい。

【0037】

接着薄膜131は屈折率がコアボディ115よりも低いことが好ましいが、コアボディ115以上の屈折率を有していてもよい。光カップラー300は、剛性を高めるために任意的支持層312をさらに有していてもよい。この支持層312は光カップラー300をサブストレート10と位置合わせて取り付ける役に立つ。光カップラー300をサブストレート10に位置合わせるために、エレメント110の本体と支持層312は透過または半透過マテリアルで形成され、光カップラー300とサブストレート10の両方に従来のアライメントマーク（図示せず）をつけてよい。

【0038】

L_{op} 、 D_s 、およびそれらの比率は、シングルモードカップリングの場合とマルチモードカップリングの場合に、光カップラー100と100に関する上で説明した好ましい値を有する。上述の通り、第1のアタッチメント領域121のエリアにおいて上部クラッド層17を取り除くことにより、コアボディ115と15の間のスペーシング距離Dsを小さくすることもできる。また、上述の通り、第1のアタッチメント領域121のエリアにおいて上部クラッド層17と117を両方取り除くことにより、コアボディ115と15の

10

20

30

40

50

間のスペーシング距離Dsをより小さくすることができる。これは、スペーシング距離Dsを第1の接着薄膜131の厚さのみとすることを意味し、 $2 \mu\text{m}$ から $5 \mu\text{m}$ 程度に小さくすることができる。しかし、シングルモードカップリングの場合には $20 \mu\text{m}$ 以下であり、マルチモードカップリングの場合には $100 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

【0039】

上で説明したように、本発明の目的の一つは光カップラーの製造コストを削減することである。上で説明した光カップラーも、以下に説明する別の光カップラーも各々を従来の導波路製造プロセスで量産することができ、それにより図1に示した光カップラーと比較して製造コストを大幅に下げることができる。本発明の他の一つの目的は、光カップラーの光サブストレートに対する位置合わせを容易にすることである。エレクトロニクス産業において従来から使用されている表面実装装置を用いて、ここで説明した光カップラーを光サブストレートと容易に位置決めし取り付けることができる。また、大量生産プロセスで光カップラーにアライメントマークを容易に組み込むことができ、光カップラーを半透明にして上から見て光サブストレートと容易に位置合わせができるようになることができる。これらの特徴により位置合わせのコストも下がることができる。本発明の他の一つの目的は、サブストレート間の光カップリングに必要な面積を減らすことである。シングルモードカップリングの場合、重なり長さLopは典型的には 1mm から 4mm なので、光カップラーによるカップリングのために光サブストレート上に必要なスペースは、図1に示した光カップラーに必要なスペースと比較して小さい。また、光カップラー内に平行して複数のコアボディ115を形成することにより（図1には2本示し、図6には4本示した）、1つの光カップラーで多数の光信号をカップリングすることができる。コアボディがシングルモード光を搬送するように構成されているとき平行なコアボディ115の間のスペーシング距離は約 $30 \mu\text{m}$ くらい小さくでき、光信号の密度を高くすることができる。本発明の他の一つの目的は、新しいオプトエレクトリックデバイスを創造するためである。以下に詳しく説明する。

【0040】

本発明は新しいタイプのオプトエレクトロニクスデバイスを可能とする。図8は上記デバイスの一例である減衰光カップラー400を示す斜視図である。減衰光カップラー400は、コアボディ15Bを有する光導波路の上に、サブストレート10の上面に接着される。カップラー400はコアボディ15Bから光信号の一部を選択的にカップリングして消すことにより、コアボディ15Bを進行する光信号を選択的に減衰させるように動作する。カップリングの強さは2つの端子401と402に印加される電圧によって制御される。この2つの端子401と402は、それぞれのハンダバンプによりサブストレート10上の電気的パッドに電気的に結合されている。図9は図8に示したカットラインに沿った光カップラー400を示す断面図である。図8と9をともに参照して、カップラー400は上面411、底面412、第1の端面413、第2の端面414、両端面413と414の間の距離Lを有する。エレメントは、上面411と底面412の間に配置され長さL方向に伸びるエレクトロオプティックマテリアルのボディ420（図9）をさらに有する。ボディ420のエレクトロオプティックマテリアルの屈折率は、印加された電場の関数である。

【0041】

エレメント410はエレクトロオプティックマテリアルのボディ420の少なくとも一部にかかる電場を生成する第1の電極421と第2の電極422が配置されている。電極421（図9）は端子401（図8）と電気的に結合しており、電極422（図9）は端子402（図8）と電気的に結合している。電極421と422の配置の仕方には幾通りものやり方がある。図9に示したように、構成の一例において、電極はエレメント410のそれぞれの側に、長さLの方向に沿って、底面412に配置されている。電極間にはギャップ423があり、図9で一番よく分かるように、ギャップ423がコアボディ15Bの一部と重なり、それと実質的に平行となるように、光カップラー400がサブストレート10の上面の上に位置決めされることが好ましい。他の電極構成の例として、電極の一

10

20

30

40

50

方を上面 4 1 1 に配置し、他方を底面 4 1 2 上の電極 4 2 1 と 4 2 2 について図 9 に示した場所の一方または両方に配置してもよい。

【 0 0 4 2 】

接着剤の薄膜 4 3 1 はエレメント 4 1 0 の底面 4 1 2 の上に配置されていて、コアボディ 1 5 B がシングルモード光を搬送するように構成されているとき薄膜 4 3 1 の厚さは 2 0 μm 以下であり、コアボディ 1 5 B がマルチモード光を搬送するように構成されているとき薄膜 4 3 1 の厚さは 1 0 0 μm 以下である。サブストレート 1 0 の中のコアボディの上端とエレクトロオプティックマテリアルのボディ 4 2 0 の下端の間のスペーシング距離を D_s で示した。また、またボディ 4 2 0 とコアボディ 1 5 B の長さ L 方向の重なり長さは L_{op} である。図 8 と 9 に示した実施形態において、重なり長さ L_{op} は長さ L と等しい。接着薄膜 4 3 1 の屈折率はコアボディ 1 5 B の屈折率より小さいことが好ましく、上部クラッド層 1 7 の屈折率と実質的に等しいことがより好ましい。コアボディ 1 5 B と上部クラッド層 1 7 の屈折率の差を n で表すと、接着層 4 3 1 の屈折率は上部クラッド層 1 7 の屈折率の $\pm n/2$ 以内であることが好ましい。接着薄膜 4 3 1 はその底面がサブストレート 1 0 の上面に貼り付ける前に粘着性が有ることが好ましい。接着薄膜 4 3 1 は、接着薄膜 4 3 1 とエレメント 4 1 0 をサブストレート 1 0 から容易に取り外せてテストや交換ができるような接着剤を用いたものであることが好ましい。接着薄膜 4 3 1 は典型的には少なくとも 1 0 ~ 1 5 g/cm の剥離強度を有し（言い換えれば、接着薄膜 4 3 1 をはがすには少なくとも 0 . 1 ~ 0 . 1 5 N/cm の剥離力を必要とし）、好ましくは少なくとも 1 0 0 g/cm の剥離強度（1 N/cm の剥離力）を有する。

10

20

30

40

【 0 0 4 3 】

L_{op} 、 D_s 、およびこれらの比率は、シングルモードカップリングとマルチモードカップリングについて光カップラー 1 0 0 と 1 0 0 に関する上で説明した一般値または好適値をとる。コアボディ 1 5 B の上にありエレメント 4 1 0 が取り付けられているエリア内にある上部クラッド層 1 7 の一部を取り除くことにより、ボディ 4 2 0 とコアボディ 1 5 B の間のスペーシング距離 D_s をより小さくすることができる。これは、接着薄膜 4 3 1 の厚さに距離 D_s を設定することを意味する。シングルモードカップリングについて D_s を約 1 2 μm 、約 9 μm 、約 6 μm 以下にするためには、薄膜 4 3 1 の厚さを約 1 2 μm 、約 9 μm 、約 6 μm 以下にする必要がある。接着薄膜 4 3 1 の厚さは 2 μm から 5 μm 程度まで小さくすることができる。

【 0 0 4 4 】

マルチモードカップリングの場合、スペーシング距離 D_s は一般に 1 0 0 μm 以下であり、5 0 μm 以下であることが好ましい。 L_{op} は数ミリメートルから数十ミリメートルである。

【 0 0 4 5 】

上で説明したように、エレクトロオプティックマテリアルのボディ 4 2 0 は、電極 4 2 1 と 4 2 2 により印加される電場の関数として変化する屈折率を有する。電極 4 2 1 と 4 2 2 に電圧をかけ、電極 4 2 1 と 4 2 2 の電位を異ならせ、電場を生じさせる。（本技術分野では知られているように、電極 4 2 1 と 4 2 2 に印加される電圧は電位の差に等しい。）電極 4 2 1 の電位が電極 4 2 2 の電位より高い場合、電場の方向は電極 4 2 1 から電極 4 2 2 に向かう（「第 1 の方向」と呼ぶ）。電極 4 2 2 の電位が電極 4 2 1 の電位より高いとき、電場の方向は電極 4 2 2 から電極 4 2 1 に向かう（「第 2 の方向」と呼ぶ）。ボディ 4 2 0 中の原子や分子のオリエンテーションによって、第 1 の方向で電場が大きくなるとボディ 4 2 0 の屈折率は大きくなり、第 2 の方向で電場が大きくなるとボディ 4 2 0 の屈折率は小さくなる。または、第 1 の方向で電場が大きくなるとボディ 4 2 0 の屈折率は小さくなり、第 2 の方向で電場が大きくなるとボディ 4 2 0 の屈折率は大きくなる。

【 0 0 4 6 】

ボディ 4 2 0 の屈折率がクラッド層 1 7 の屈折率よりも小さいとき、ボディ 4 2 0 は実質的にクラッド層として作用し、コアボディ 1 5 B からボディ 4 2 0 には光はほとんどまたは全くカップリングされず、これにより実質的には減衰が起こらない。屈折率がクラッ

50

ド層 17 よりも大きいとき、ボディ 420 は実質的にコアボディとして作用し、コアボディ 15B からボディ 420 に多くの光がカップリングされる。それゆえ、コアボディ 15B を進む光は効果的に減衰する。ボディ 420 の屈折率が大きくなるとボディ 420 にカップリングされる光の量は大きくなる。ボディ 420 の屈折率は電極 421 と 422 により印加される電場に依存するので、ボディ 420 にカップリングされる光の量は電極 421 と 422 の間に印加された電圧の関数である。このように、コアボディ 15B で減衰する光の量は電極 421 と 422 の間に印加される電圧の関数である。

【 0047 】

電極 421 と 422 に電圧が印加されていないとき、コアボディ 15B を通る光が減衰しないように、ボディ 420 のエレクトロオプティックマテリアルを容易に選択することができる（例えば「通常はオフ」の減衰器）。この選択は、コア層 15B の屈折率より少なくとも 0.1% 小さく、コア層 15B の屈折率より $n/2$ 小さい固有屈折率（すなわち、電圧または電場が印加されていないときの屈折率の値）を有するようにエレクトロオプティックマテリアルを選択することにより可能である。そして、電圧が電極に印加されている間、ボディ 420 の屈折率は、ボディ 420 がコアボディ 15B から光を取り出すことができる値まで大きくなる。従って、コアボディ 15B の光信号は電極 421 と 422 の間に印加される電圧に応じた量だけ減衰する。

【 0048 】

電極 421 と 422 に電圧が印加されていないとき、コアボディ 15B を通して光が部分的にまたは完全に減衰するようにボディ 420 のエレクトロオプティックマテリアルを選択することも容易である（例えば「通常はオン」の減衰器）。この選択は、実質的にコア層 15B の屈折率以上の固有屈折率を有するようにエレクトロオプティックマテリアルを選択することにより行う。そして、電極に一方向の電圧が印加されているとき、ボディ 420 の屈折率は大きくなり、ボディ 420 はコアボディ 15B から光をより多く取り出し、減衰量が大きくなる。電極に反対方向に電圧が印加されているとき、ボディ 420 の屈折率は小さくなり、ボディ 420 がコアボディ 15B から取り出す光は少なくなり、減衰量は小さくなる。したがって、コアボディ 15B の光信号は電極 421 と 422 の間に印加された電圧に応じて減衰する。

【 0049 】

この他に本発明により可能となる新しいデバイスには、図 10（断面図）および図 11（斜視図）に参照番号 500 で示した垂直 Mach-Zehnder（マッハゼンダー）構造がある。構造 500 はスイッチまたは光モジュレータとして使用できる。構造 500 はサブストレート 50 上に形成された従来の導波路 54 に取り付けることを目的としている。導波路 54 は下部クラッド層 56、コア層 55、任意的上部クラッド層 57 を有する。構造 500 はエレメント 510 を有する。このエレメント 510 は、導波路 54 の上に取り付けられ、導波路 54 中の光の一部を第 1 の点でカップリングし、その光を第 2 の点で位相をずらして導波路 54 にリカップリングする。Mach-Zehnder 干渉計の理論によると、位相のずれにより、第 2 の点において光の強さが変調される。

【 0050 】

エレメント 510 は、上面 511、底面 512、第 1 の端面 513、第 2 の端面 514 を有し、第 1 の端面 513 と第 2 の端面 514 の間の長さは L である。エレメント 510 は、上面 511 と底面 512 の間に配置され長さ L の方向に伸びたコアマテリアルのボディ 515 と、コアボディ 515 の少なくとも一部に沿って少なくともコアボディ 515 の上に配置されたクラッドマテリアルの第 1 のボディ 516 と、コアボディ 515 の少なくとも一部に沿って少なくともコアボディ 515 の上に配置されたクラッドマテリアルの第 2 のボディ 517 とを有する。クラッドボディ 516 と 517 の一方だけが必要であるが、両方を用いてよい。コアマテリアルのボディ 515 はエレメント 510 の底面 512 と実質的に平行な方向に光を搬送するように構成されている（例えば、長さ L の方向に細長い）。エレメント 510 は、第 2 の端面 514 より第 1 の端面 513 に近いエレメント 510 の底面 512 上にある第 1 のアタッチメント領域と、第 1 の端面 513 より第 2 の

10

20

30

40

50

端面 5 1 4 に近い底面 5 1 2 上にある第 2 のアタッチメント領域とをさらに有する。

【 0 0 5 1 】

第 1 のアタッチメント領域 5 2 1 において、コアボディ 5 1 5 と導波路コア 5 5 の間の第 1 のスペーシング距離は Ds1 である。コアボディ 5 1 5 にはコアボディ 5 1 5 と導波路 5 4 の間のスペーシング距離が第 1 のスペーシング距離 Ds1 である第 1 の重なり長さは Lop1 である。同様に、第 2 のアタッチメント領域 5 2 2 において、コアボディ 5 1 5 にはコアボディ 5 1 5 と導波路コア 5 5 の間の第 2 のスペーシング距離は Ds2 である。コアボディ 5 1 5 と導波路 5 4 の第 2 のスペーシング距離 Ds2 である第 2 の重なり長さは Lop2 である。アタッチメント領域 5 2 1 と 5 2 2 は底面 5 1 2 に配置された接着剤の 2 つの薄膜 5 3 1 と 5 3 2 により、導波路 5 4 の上面（あってコアボディ 5 5 の上）に取り付けられる。接着薄膜 5 3 1 と 5 3 2 は集合的に長さ L の方向に底面 5 1 2 上に配置された共通の接着薄膜を有する。接着薄膜 5 3 1 、 5 3 2 はサブストレート 5 0 の上面に貼り付けられる前には、その底面が粘着状態であるように製造されていることが好ましい。接着薄膜はエレメント 5 1 0 とともにサブストレート 5 0 から容易にはがすことができ、テストや代替ができるような接着剤を有している。接着薄膜 5 3 1 と 5 3 2 は各々、少なくとも 1.0 ~ 1.5 g/cm の剥離強度を有し（言い換えると、接着薄膜をはがすのに少なくとも 0.1 ~ 0.15 N/cm の剥離力が必要）、好ましくは少なくとも 1.00 g/cm の剥離強度（1 N/cm の剥離力）である。10

【 0 0 5 2 】

一般に、第 1 のアタッチメント領域 5 2 1 において生じるカップリングの量は第 2 のアタッチメント領域 5 2 2 で生じるカップリングの量と異なる。例えば、光がコアボディ 5 5 を左から右に進んでいるとき、第 1 のアタッチメント領域において、コアボディ 5 5 中の光の約 50% がコアボディ 5 1 5 にカップリングされ、第 2 のアタッチメント領域 5 2 2 において、コアボディ 5 1 5 中の光の約 95% がコアボディ 5 5 にカップリングして戻る。これは、光が 2 つの実質的に等しい経路に分離され、その後再合成される場合の Mach-Zehnder 理論と一貫している。実際、第 2 のアタッチメント領域 5 2 1 においてはカップリングが 100% となることが望ましいが、100% 以下で有ることが多い。しかし、この差は第 1 のアタッチメント領域 5 2 1 におけるカップリングのパーセンテージを 50% 以上とすることにより、補償することができる。補償には次の関係式を用いる： $X = (100\%) \frac{2}{(100\% + Y)}$ 。20 ここで Y は第 2 のアタッチメント領域 5 2 2 におけるカップリングパーセンテージであり、X は第 1 のアタッチメント領域 5 2 1 におけるカップリングパーセンテージである。Y=90% のとき、X は 52.63% である。X と Y を所望の値とするために、Ds1、Lop1、Ds2、Lop2 の値を選択するのは容易である。一般に、シングルモードカップリングの場合、Ds1 と Ds2 はいずれも 2.0 μm 以下であり、Lop1 と Lop2 は 1 mm 以上である。上述のように、スペーシング距離 Ds1 と Ds2 は、第 1 のアタッチメント領域 5 2 1 と 5 2 2（図に示した）のエリアにおいて上部クラッド層 5 7 を取り除くことにより小さくすることができる。これも上述したように、第 1 のアタッチメント領域 5 2 1 と 5 2 2 のエリアで上部クラッド層 5 1 7 を取り除くことによりスペーシング距離 Ds1 と Ds2 も小さくすることができる。また、アタッチメント領域 5 2 1 と 5 2 2 において上部クラッド層 5 7 と 5 1 7 の両方を取り除くことにより、スペーシング距離 Ds1 と Ds2 を非常に小さくすることができる。これは、距離 Ds を接着薄膜 5 3 1 の厚さだけにすることを意味し、2 μm ~ 5 μm 程度に小さくすることができる。30

【 0 0 5 3 】

Mach-Zehnder 干渉計効果は、コアボディ 5 1 5 の屈折率、クラッドボディ 5 1 6 の屈折率、および / またはクラッドボディ 5 1 7 の屈折率を変更することにより実現することができる。1 つ以上のボディ 5 1 5 - 5 1 7 において屈折率が変化すると、コアボディ 5 1 5 内の光の進行速度が変化する。その進行速度の変化により、コアボディ 5 1 5 の長さにわたってコアボディ 5 1 5 中の光信号の位相がコアボディ 5 4 中の光信号に対して変化する。一般に、クラッドボディ 5 1 6 と 5 1 7 の一方または両方はエレクトロオプティックマテリアルを有するが、コアボディ 5 1 5 は有さない。光カップラー 4 0 0 について上で40

説明したように、屈折率は電場を印加することにより変化する。この電場は2つの電極により生成される。これらの電極はエレメント510の中または上に形成してもよく、その非常に近くでサブストレート50の上に配置してもよい。図11は、2つの電極がエレメント510の上面511に集積された光カップラーフィルム500を示す斜視図である。第1の電極541にはバイアス電圧が印加され、第2の電極542にはエレメント510の一部であってエレクトロオプティックマテリアルが含まれているものの電場を変調する変調信号が印加される。高速変調の場合、第2の電極542への信号は電極542の一端のマイクロ波ライン(例えば、finライン)により入力され、マイクロ波終端負荷を他端に備える。

【0054】

10

再び図10を参照して、アタッチメント領域521と522の間のエリア内のコアボディ間の距離を広くすることが好ましい。広くすることにより、ボディ55と515の間の光信号のさらなるカップリングを防ぎ、層515と517の屈折率のいかなる変化もコアボディ55内の光信号の進行速度に影響を与えないようとする。コアボディ55と515を形成する前に、下部クラッド層56と516に浅い谷をエッティングすることにより、コアボディの距離を広くすることができる。このためのエッティング方法は本技術分野で周知である。本デバイスの他の特徴は、コアボディ515の端面が屈折率の低いパッシブマテリアルで終わるということである。これらは、上で説明したコアボディ115とコアボディ215(および端面213)の好ましい実施形態であると言える。空気の屈折率は低いからである。

20

【0055】

実施形態を参照して本発明を具体的に説明した。当然のことながら、本開示に基づき様々な変更、修正、適応ができるが、それらは本発明の範囲の中にある。最も実際的で好ましい実施形態であると現時点で考えられるものに関して本発明を説明したが、当然のことながら、本発明は開示した実施形態に限定されない。添付した特許請求の範囲に記載した請求項の範囲に含まれる修正および等価な構成は含まれる。

【0056】

30

なお、本開示にあたり以下に付記を記載する。

(付記1)

光カップラーフィルム500を構成するエレメントは、

上面、底面、第1の端面、第2の端面、および前記第1と第2の端面の間に長さを有し、前記上面および底面の間に配置された前記長さ方向に伸びたコアマテリアルのボディをさらに有し、前記コアマテリアルのボディと前記上面との間に配置されたクラッドマテリアルの第一の層をさらに有するエレメントと、

前記エレメントの前記底面に配置された第1のアタッチメント領域と、

前記第1のアタッチメント領域上に配置され、上面と前記上面に対応する底面を有する接着剤の第1の薄膜と、

前記コアマテリアルのボディから前記第1の薄膜の前記底面上の点までの距離と、を有し、

前記コアマテリアルのボディは前記エレメントの前記底面に実質的に平行な方向に光を伝搬するよう構成され、

40

前記第1の薄膜の前記上面は前記第1のアタッチメント領域において前記エレメントの前記底面と隣接し、

前記コアマテリアルのボディがマルチモード光を伝搬するように構成されているとき、前記距離は $100\mu m$ 以下であり、前記コアマテリアルのボディがシングルモード光を伝搬するように構成されているとき、前記距離は $20\mu m$ 以下であることを特徴とする光カップラーフィルム500。

(付記2)

50

付記1に記載の光カップラーフィルム500を構成するエレメントは、前記コアマテリアルのボディはシングルモード光のみを伝搬するように構成されており、前記距離は約 $12\mu m$ 以下であることを特徴とする。

する光カップラー。

(付記 3)

付記 1 に記載の光カップラーであって、前記コアマテリアルのボディはマルチモード光のみを伝搬するように構成されており、前記距離は約 $50 \mu m$ 以下であることを特徴とする光カップラー。

(付記 4)

付記 1 に記載の光カップラーであって、前記第 1 の薄膜の屈折率は前記コアマテリアルの屈折率より低いことを特徴とする光カップラー。

(付記 5)

付記 1 に記載の光カップラーであって、前記エレメントは前記コアマテリアルのボディと前記エレメントの前記底面との間に配置されたクラッドマテリアルの第 2 の層を有することを特徴とする光カップラー。 10

(付記 6)

付記 5 に記載の光カップラーであって、前記コアマテリアルのボディはシングルモード光のみを搬送するように構成され、前記第 1 のアタッチメント領域における前記第 1 の薄膜と前記クラッドマテリアルの第 2 の層を合わせた厚さは約 $12 \mu m$ 以下であることを特徴とする光カップラー。

(付記 7)

付記 5 に記載の光カップラーであって、前記コアマテリアルのボディはマルチモード光を搬送するように構成され、前記第 1 のアタッチメント領域における前記第 1 の薄膜と前記クラッドマテリアルの第 2 の層を合わせた厚さは約 $50 \mu m$ 以下であることを特徴とする光カップラー。 20

(付記 8)

付記 5 に記載の光カップラーであって、前記第 2 のクラッド層は前記第 1 のアタッチメント領域における第 1 の厚さと、前記第 1 のアタッチメント領域の一側面にある領域における第 2 の厚さを有し、前記第 2 の厚さは前記第 1 の厚さより大きいことを特徴とする光カップラー。

(付記 9)

付記 1 に記載の光カップラーであって、前記第 1 のアタッチメント領域は前記エレメントの長さ方向に少なくとも $1 mm$ の長さを有していることを特徴とする光カップラー。 30

(付記 10)

付記 1 に記載の光カップラーであって、前記第 1 のアタッチメント領域は前記エレメントの長さ方向に少なくとも $2 mm$ の長さを有していることを特徴とする光カップラー。

(付記 11)

付記 1 に記載の光カップラーであって、前記コアマテリアルのボディから前記第 1 の薄膜の底面までの距離に対する前記第 1 のアタッチメント領域の長さの比率は少なくとも 20 であることを特徴とする光カップラー。

(付記 12)

付記 11 に記載の光カップラーであって、前記比率は少なくとも 300 で有ることを特徴とする光カップラー。 40

(付記 13)

付記 1 に記載の光カップラーであって、前記コアマテリアルのボディはシングルモード光のみを搬送するように構成されており、

前記第 1 のアタッチメント領域はサブストレートのコアボディの上の前記サブストレートの一面に取り付けられており、前記コアマテリアルのボディから前記サブストレートのコアボディまでの距離 D_s は $20 \mu m$ 以下であることを特徴とする光カップラー。

(付記 14)

付記 13 に記載の光カップラーであって、前記距離 D_s は $12 \mu m$ 以下であることを特徴とする光カップラー。 50

(付記 15)

付記 13 に記載の光カップラーであって、前記距離Dsは $9 \mu m$ 以下であることを特徴とする光カップラー。

(付記 16)

付記 13 に記載の光カップラーであって、前記コアマテリアルのボディは前記サブストレートのコアボディと少なくとも $1 mm$ の重なり長さLopだけ重なっていることを特徴とする光カップラー。

(付記 17)

付記 13 に記載の光カップラーであって、前記コアマテリアルのボディは前記サブストレートのコアボディと少なくとも $2 mm$ の重なり長さLopだけ重なっていることを特徴とする光カップラー。 10

(付記 18)

付記 16 に記載の光カップラーであって、前記LopとDsの比率は少なくとも 200 であることを特徴とする光カップラー。

(付記 19)

付記 16 に記載の光カップラーであって、前記LopとDsの比率は少なくとも 300 であることを特徴とする光カップラー。

(付記 20)

付記 13 に記載の光カップラーであって、前記コアマテリアルのボディは前記サブストレートのコアボディと重なり長さLopだけ重なっており、前記LopのDsに対する比率は光カップリング効率が少なくとも 35% となるように選択されることを特徴とする光カップラー。 20

(付記 21)

付記 13 に記載の光カップラーであって、前記コアマテリアルのボディは前記サブストレートのコアボディと重なり長さLopだけ重なっており、前記LopのDsに対する比率は光カップリング効率が少なくとも 65% となるように選択されることを特徴とする光カップラー。

(付記 22)

付記 1 に記載の光カップラーであって、

前記コアマテリアルのボディはマルチモード光を搬送するように構成されており、 30

前記第1のアタッチメント領域はサブストレートのコアボディの上の前記サブストレートの一面に取り付けられており、前記コアマテリアルのボディから前記サブストレートのコアボディまでの距離Dsは $100 \mu m$ 以下であることを特徴とする光カップラー。

(付記 23)

付記 22 に記載の光カップラーであって、前記距離Dsは $50 \mu m$ 以下であることを特徴とする光カップラー。

(付記 24)

付記 1 に記載の光カップラーであって、前記エレメントの底面にあり、前記第1のアタッチメント領域の一方の側にある第2のアタッチメント領域をさらに有することを特徴とする光カップラー。 40

(付記 25)

付記 1 に記載の光カップラーであって、前記エレメントの上面に配置された

(付記 26)

付記 23 に記載の光カップラーであって、前記第1のクラッド層を貫通した、少なくとも 1 つの配線 (electrical trace) に電気的に結合された第1の端面と、第2の端面とを有するビア (via) をさらに有することを特徴とする光カップラー。

(付記 27)

付記 24 に記載の光カップラーであって、

前記ビア (via) の第2の端面に電気的に結合した第1の導電パッドをさらに有し、

前記第1のアタッチメント領域はサブストレートのコアボディの上の前記サブストレー 50

トの一面に取り付けられており、

前記第1の導電パッドは前記サブストレートの前記表面に配置された第2の導電パッドに導電マテリアルのボディにより電気的に結合していることを特徴とする光カップラー。

(付記28)

付記1に記載の光カップラーであって、

前記エレメントの上面に配置された光電子デバイスと、

前記エレメントの上面および底面の間に配置され、前記エレメントの前記コアマテリアルのボディと前記光電子デバイスとの間で光をカップリングするように位置づけられた反射部とをさらに有することを特徴とする光カップラー。

(付記29)

付記28に記載の光カップラーであって、前記反射部はミラーまたは格子のうち少なくとも1つを有することを特徴とする光カップラー。

(付記30)

付記28に記載の光カップラーであって、前記接着剤の屈折率は前記コアマテリアルの屈折率より低いことを特徴とする光カップラー。

(付記31)

付記28に記載の光カップラーであって、前記第1のアタッチメント領域は前記エレメントの長さ方向に少なくとも1mmの長さを有していることを特徴とする光カップラー。

(付記32)

付記28に記載の光カップラーであって、前記第1のアタッチメント領域はサブストレートのコアボディの上の前記サブストレートの表面に取り付けられ、前記コアマテリアルのボディから前記サブストレートのコアボディまでの距離Dsは、前記コアマテリアルのボディがマルチモード光を搬送するように構成されているとき100μm以下であり、前記コアマテリアルのボディがシングルモード光のみを搬送するように構成されているとき20μm以下であることを特徴とする光カップラー。

(付記33)

付記32に記載の光カップラーであって、前記コアマテリアルのボディはシングルモード光のみを搬送するように構成され、Dsは12μm以下であることを特徴とする光カップラー。

(付記34)

付記32に記載の光カップラーであり、前記コアマテリアルのボディは前記サブストレートのコアボディに少なくとも1mmの重なり長さLopだけ重なっていることを特徴とする光カップラー。

(付記35)

付記34に記載の光カップラーであって、LopのDsに対する比率は少なくとも200であることを特徴とする光カップラー。

(付記36)

付記32に記載の光カップラーであって、前記コアマテリアルのボディは前記サブストレートのコアボディと重なり長さLopだけ重なっており、LopとDsは光カップリング効率が少なくとも35%となるように選択されていることを特徴とする光カップラー。

(付記37)

付記32に記載の光カップラーであって、前記コアマテリアルのボディはマルチモード光を搬送するように構成され、Dsは50μm以下であることを特徴とする光カップラー。

(付記38)

光カップラーであって、

上面と底面を有するエレメントと、

前記上面と底面との間に配置されたコアマテリアルのボディと、

前記コアマテリアルのボディの少なくとも一部の周りに配置されたクラッドマテリアルとを有し、

前記コアマテリアルのボディは第1の端面と第2の端面を有し、一方の端面から他方の

10

20

30

40

50

端面に光を搬送するように構成され、

前記第2の端面は前記底面より前記上面の近くにあり、前記上面に対して角度をなす方向に前記上面を通して光をカップリングするように位置決めされ、

前記コアマテリアルのボディは前記第2の端面より前記第1の端面の近くにある、前記エレメントの底面と実質的に平行な方向に光を搬送するため前記エレメントの底面に実質的に平行に配置された第1のセグメントをさらに有し、

前記コアマテリアルのボディは前記第2の端面と前記第1のセグメントの間にある第2のセグメントをさらに有し、

前記第1のセグメント中の前記コアマテリアルのボディから前記エレメントの底面までの距離は、前記コアマテリアルのボディがマルチモード光を搬送するように構成されているときは $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、前記コアマテリアルのボディがシングルモード光のみを搬送するように構成されているときは $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする光カップラー。
10

(付記39)

付記38に記載の光カップラーであって、前記第1のセグメントの長さは少なくとも 1 mm であることを特徴とする光カップラー。

(付記40)

付記38に記載の光カップラーであって、前記第1のセグメント中の前記コアマテリアルのボディから前記エレメントの底面までの距離に対する前記第1のセグメント領域の長さの割合は少なくとも 200 であることを特徴とする光カップラー。
20

(付記41)

付記38に記載の光カップラーであって、

前記エレメントの底面は、前記第1のセグメントがサブストレートのコアボディの上に来るよう前記サブストレートの一面に取り付けられ、

前記第1のセグメント中の前記コアマテリアルのボディから前記サブストレートのコアボディまでの距離 D_s は、前記コアマテリアルのボディがマルチモード光を搬送するとき $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、前記コアマテリアルのボディがシングルモード光のみを搬送するとき $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする光カップラー。
50

(付記42)

付記41に記載の光カップラーであって、前記コアマテリアルのボディはシングルモード光のみを搬送するように構成され、 D_s は $12\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする光カップラー。

(付記43)

付記41に記載の光カップラーであって、前記第1のセグメントは少なくとも 1 mm の重なり長さ L_{op} だけ前記サブストレートのコアボディと重なっていることを特徴とする光カップラー。

(付記44)

付記43に記載の光カップラーであって、 L_{op} の D_s に対する比率は少なくとも 200 であることを特徴とする光カップラー。

(付記45)

付記41に記載の光カップラーであって、前記第1のセグメントは前記サブストレートのコアボディと距離 L_{op} だけ重なっており、 D_s に対する L_{op} の比率はカップリング効率が少なくとも 65% になるように選択されることを特徴とする光カップラー。
40

(付記46)

付記41に記載の光カップラーであって、前記コアマテリアルのボディはマルチモード光を搬送するように構成され、 D_s は $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする光カップラー。

(付記47)

光カップラーであって、

上面、底面、第1の端面、第2の端面、前記第1と第2の端面の間の長さを有し、前記上面と底面の間に配置された前記長さ方向に伸びたエレクトロオプティックマテリアルの
50

ボディをさらに有するエレメントと、

前記エレクトロオプティックマテリアルのボディの少なくとも一部に電場を生成するよう位置決めされた第1の電極および第2の電極と、

前記エレメントの前記底面にあるアタッチメント領域と、

前記アタッチメント領域に配置され、上面と前記上面と対向する底面とを有する接着剤の薄膜とを有し、

前記エレクトロオプティックマテリアルの屈折率は印加された電場の関数であり、

前記薄膜の上面は前記アタッチメント領域において前記エレメントの前記底面と隣接しており、

前記コアマテリアルのボディから前記薄膜の前記底面までの距離は $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする光カップラー。 10

(付記48)

付記47に記載の光カップラーであって、前記距離は約 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする光カップラー。

(付記49)

付記47に記載の光カップラーであって、前記エレクトロオプティックマテリアルのボディは前記エレメントの長さ方向の長さは少なくとも 1 mm であることを特徴とする光カップラー。 15

(付記50)

付記49に記載の光カップラーであって、前記コアマテリアルのボディから前記第1の薄膜の底面までの距離に対する前記エレクトロオプティックマテリアルのボディの長さの比率は少なくとも 200 であることを特徴とする光カップラー。 20

(付記51)

付記47に記載の光カップラーであって、

前記アタッチメント領域は前記サブストレートのコアボディの上のサブストレートの表面に取り付けられており、

前記エレクトロオプティックマテリアルのボディから前記サブストレートのコアボディまでの距離 D_s は $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする光カップラー。

(付記52)

付記51に記載の光カップラーであって、前記 D_s は $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする光カップラー。 30

(付記53)

付記51に記載の光カップラーであって、前記エレクトロオプティックマテリアルのボディの長さは重なり長さ L_{op} だけ前記サブストレートのコアボディと重なり合い、前記 L_{op} は少なくとも 1 mm であることを特徴とする光カップラー。

(付記54)

付記53に記載の光カップラーであって、 L_{op} の D_s に対する比率は少なくとも 200 であることを特徴とする光カップラー。

(付記55)

光モジュレータであって、

底面と、前記底面上に配置された下部クラッド層と、前記下部クラッド層の上に形成されたコア層と、前記コア層の上の上面とを有する光導波路と、

付記47に記載の光カップラーとを有し、

前記光カップラーの前記接着剤の薄膜は前記光導波路の上面の第1の部分に貼り付けられていることを特徴とする光モジュレータ。

(付記56)

光カップラーであって、

上面、底面、第1の端面、第2の端面、前記第1と第2の端面の間の長さを有し、前記上面と底面の間に配置され前記長さ方向に伸びたコアマテリアルのボディをさらに有し、前記コアマテリアルのボディの少なくとも一部の方向に沿って配置されたクラッドマテリ 40

50

アルのボディをさらに有するエレメントと、

前記エレメントの底面の前記第2の端面より前記第1の端面に近いところにある第1のアタッチメント領域と、

前記エレメントの底面の前記第1の端面より前記第2の端面に近いところにある第2のアタッチメント領域と、

前記第1のアタッチメント領域と前記第2のアタッチメント領域に配置された、上面と前記上面に対向する底面を有する接着剤の薄膜とを有し、

前記コアマテリアルのボディは前記エレメントの底面と実質的に平行な方向に光を搬送し、

前記コアマテリアルのボディと前記クラッドのボディの少なくとも一方は印加された電場の関数である屈折率を有するエレクトロオプティックマテリアルを有し、

前記薄膜の上面は前記アタッチメント領域の各々において前記エレメントの底面に隣接し、

前記コアマテリアルのボディから前記薄膜の底面までの距離は前記アタッチメント領域の各々において $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする光カップラー。

(付記 5 7)

付記 5 6 に記載の光カップラーであって、前記エレクトロオプティックマテリアルの少なくとも一部に電場をかけるように位置決めされた第1の電極と第2の電極とをさらに有することを特徴とする光カップラー。

(付記 5 8)

付記 5 6 に記載の光カップラーであって、

前記第1のアタッチメント領域はサブストレートのコアボディの上の前記サブストレートの表面に取り付けられ、

前記第2のアタッチメント領域は前記サブストレートのコアボディの上の前記サブストレートの前記表面に取り付けられ、

前記コアマテリアルのボディから前記第1のアタッチメント領域の前記サブストレートのコアボディまでのスペーシング距離 $Ds1$ は $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、

前記コアマテリアルのボディから前記第2のアタッチメント領域の前記サブストレートのコアボディまでのスペーシング距離 $Ds2$ は $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする光カップラー。

【図面の簡単な説明】

【0057】

【図1】従来のカップラーを示す断面図である。

【図2】本発明によるアタッチメント型光カップラーの第1の実施形態を示す図である。

【図3】本発明による図2に示したアタッチメント型光カップラーの一部を示す断面図である。

【図4】本発明の一実施形態の、スペーシング距離と重なり長さの関数としてカップリング効率を示すグラフである。

【図5】本発明によるアタッチメント型光カップラーの第2の実施形態を示す図である。

【図6】本発明によるアタッチメント型光カップラーの第3の実施形態を示す図である。

【図7】本発明によるアタッチメント型光カップラーの第4の実施形態を示す図である。

【図8】本発明による減衰アタッチメント型光カップラーデバイスを示す斜視図である。

【図9】本発明による図8に示した光カップラー装置の一部を示す断面図である。

【図10】本発明による垂直カップリングを用いたマッハツエンダー構造を示す断面図である。

【図11】本発明による図10に示したマッハツエンダー構造を示す斜視図である。

【符号の説明】

【0058】

10、20 サブストレート

11、21 ネットワーク

10

20

30

40

50

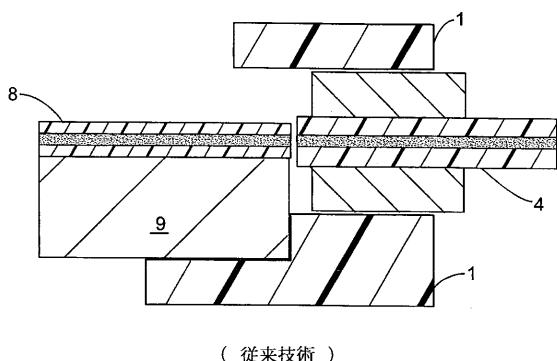
1 2	電気的ピア	
1 3	コンタクトパッド	
1 4、2 4	導波路	
1 5	コアボディ	
1 6、1 7	クラッド層	
2 5	コアボディ	10
2 6	下部クラッド層	
2 7	上部クラッド層	
5 0	サブストレート	
5 4	導波路	
5 5	コア層	
5 6	下部クラッド層	
5 7	上部クラッド層	
1 0 0、1 0 0、2 0 0、3 0 0	光カップラー	
1 1 0、2 1 0	エレメント	
1 1 1、2 1 1	上面	
1 1 2、2 1 2	底面	
1 1 3、2 1 3	第1の端面	
1 1 4、2 1 4	第2の端面	
1 1 5、2 1 5	コアマテリアルのボディ	20
1 1 6、2 1 6	クラッドマテリアルの第1層	
1 1 7	クラッドマテリアルの第2層	
1 1 8	付加的部分	
1 2 1、1 2 2	アタッチメント領域	
1 3 1、1 3 2、2 3 1	薄膜	
1 4 0	配線	
1 4 2	コンタクトパッド	
1 4 4	導体のボディ	
1 4 6	延伸部	
2 1 1	上面	30
2 1 2	底面	
2 1 3	第1の端面	
2 1 4	第2の端面	
2 1 5	コアボディ	
2 1 6	クラッドボディ	
2 1 8	セグメント	
2 3 1	接着薄膜	
3 1 0	反射部	
3 1 2	支持層	
3 3 0	オプトエレクトロニックデバイス	40
3 3 1	サポートサブストレート	
3 3 2	デバイス	
4 0 0	減衰光カップラー	
4 0 1、4 0 2	端子	
4 1 0	エレメント	
4 1 1	上面	
4 1 2	底面	
4 1 3	第1の端面	
4 1 4	第2の端面	
4 2 0	エレクトロオプティックマテリアルのボディ	50

- 4 2 1 第 1 の電極
 4 2 2 第 2 の電極
 4 2 3 ギャップ
 4 3 1 薄膜
 5 0 0 垂直 Mach-Zehnder 構造
 5 1 0 エレメント
 5 1 1 上面
 5 1 2 底面
 5 1 3 第 1 の端面
 5 1 4 第 2 の端面
 5 1 5 コアボディ
 5 1 6 クラッドボディ
 5 1 7 クラッドボディ
 5 2 1 第 1 のアタッチメント領域
 5 2 2 第 2 のアタッチメント領域
 5 3 1 薄膜
 5 3 2 薄膜
 5 4 1 第 1 の電極
 5 4 2 第 2 の電極

10

【図 1】

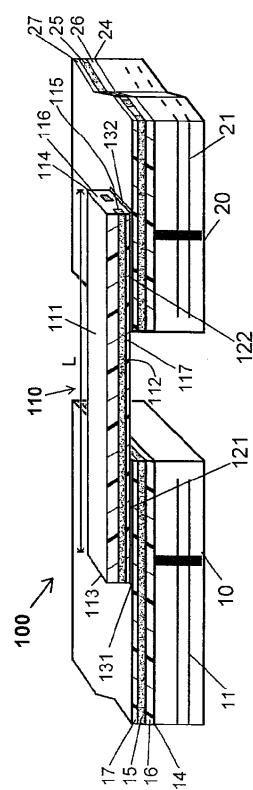
従来のカップラーを示す断面図



(従来技術)

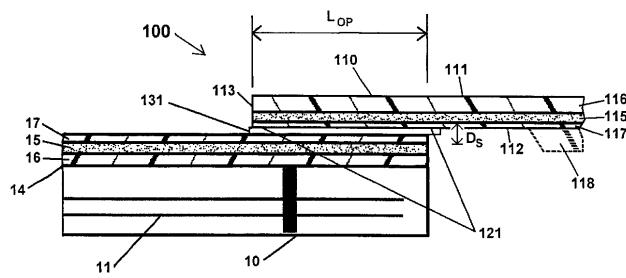
【図 2】

本発明によるアタッチメント型光カップラーの第1の実施形態を示す図



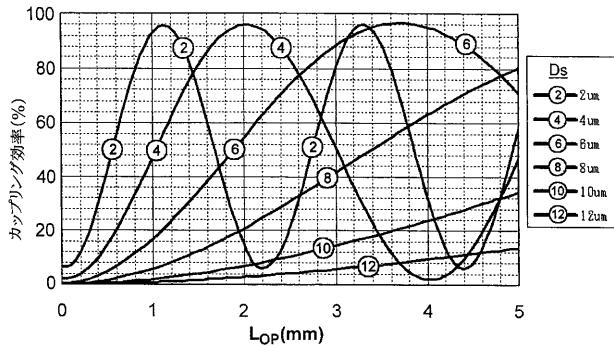
【図3】

本発明による図2に示したアタッチメント型光カップラーの一部を示す断面図



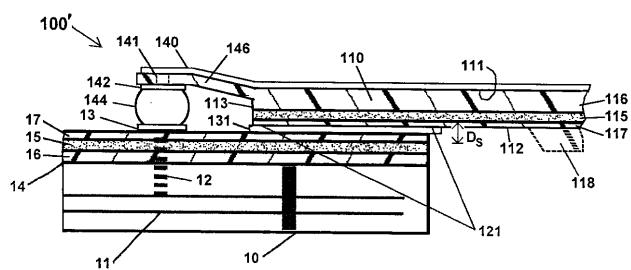
【図4】

本発明の一実施形態の、スペーシング距離と重なり長さの関数としてカップリング効率を示すグラフ



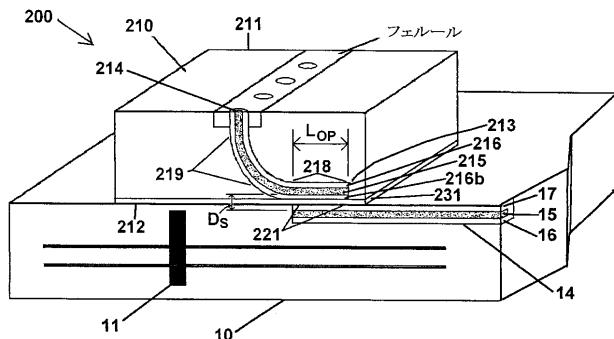
【図5】

本発明によるアタッチメント型光カップラーの第2の実施形態を示す図



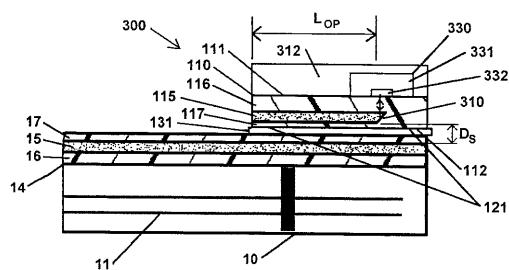
【図6】

本発明によるアタッチメント型光カップラーの第3の実施形態を示す図



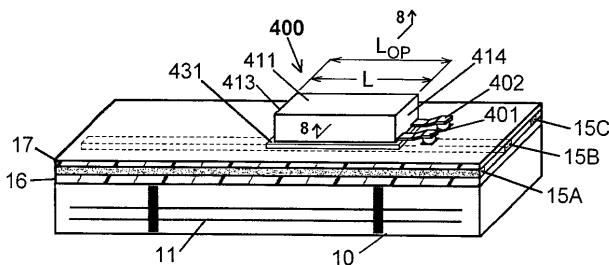
【図7】

本発明によるアタッチメント型光カップラーの第4の実施形態を示す図



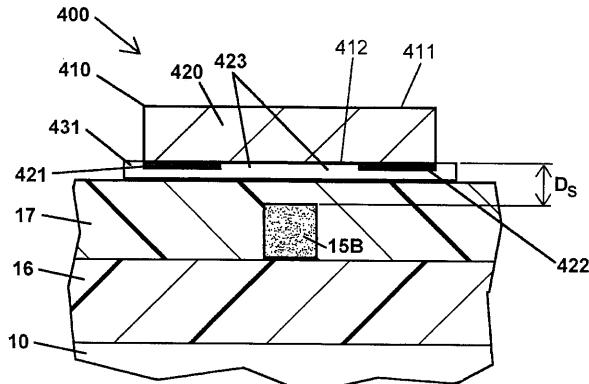
【図8】

本発明による減衰アタッチメント型光カップラーデバイスを示す斜視図



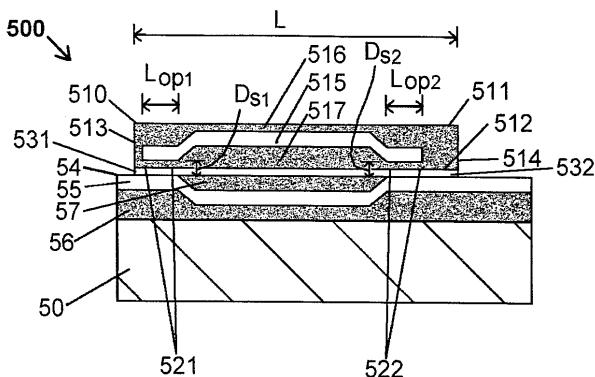
【図9】

本発明による図8に示した光カップラー装置の一部を示す断面図



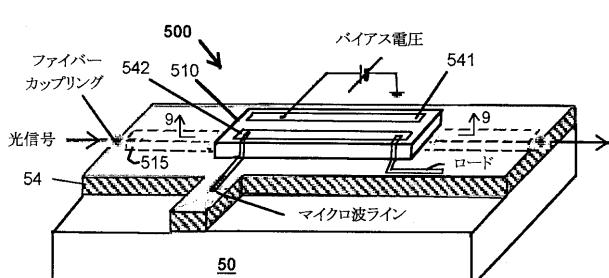
【図10】

本発明による垂直カップリングを用いたマッハツエンダー構造を示す断面図



【図11】

本発明による図10に示したマッハツエンダー構造を示す斜視図



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H137 AA04 AA05 AB01 AB09 AB12 AC12 BA15 BA32 BA41 BA48
BB03 BB12 BB25 BB33 BC51 CA19B CA56 CA61 CB03 CB24
CC01 CC05 GA08
2H147 AB02 AB04 AB05 AB32 AC01 BA02 BD10 BE01 BG01 CA05
CA11 CA13 CB01 CB06 CC07 CC10 CC12 CC14 CD02 CD12
DA08 DA09 FC01 FD15 GA08 GA10