

(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. Cl.		F I		テーマコード (参考)		
<b>GO2B</b>	<b>6/26</b>	<b>(2006.01)</b>	GO2B	6/26	2H079	
<b>GO2B</b>	<b>6/122</b>	<b>(2006.01)</b>	GO2B	6/12	D	2H137
<b>GO2B</b>	<b>6/12</b>	<b>(2006.01)</b>	GO2B	6/12	H	2H147
<b>GO2F</b>	<b>1/035</b>	<b>(2006.01)</b>	GO2F	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
(22) 出願日	平成17年9月16日 (2005.9.16)		富士通株式会社
(31) 優先権主張番号	10/946029		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(32) 優先日	平成16年9月20日 (2004.9.20)	(74) 代理人	100070150
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 伊東 忠彦
		(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
		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

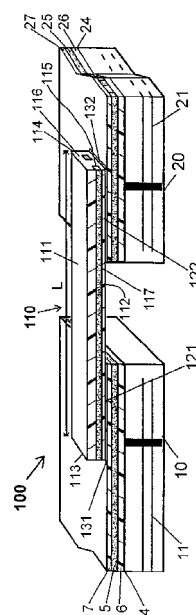
## (57) 【要約】

【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  $\mu\text{m}$ 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  $\mu\text{m}$ 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ねり領域に配置して、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 1 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に構成され、

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  $100\text{ }\mu\text{m}$  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を伝搬するように構成されているとき、前記距離は  $20\text{ }\mu\text{m}$  以下であることを特徴とする光カップラー。

## 【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  $12\text{ }\mu\text{m}$  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  $50\text{ }\mu\text{m}$  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  $1\text{ mm}$  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  $2\text{ mm}$  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 $D_s$ は $20\ \mu\text{m}$ 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 $100\ \mu\text{m}$ 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 $20\ \mu\text{m}$ 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 $1\ \text{mm}$ 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に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 $100\ \mu\text{m}$ 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 $20\ \mu\text{m}$ 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材料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、

前記コア材料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。

【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  $20\text{ }\mu\text{m}$  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材料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  $1\text{ mm}$  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、 20

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。

【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材料のボディをさらに有し、前記コア材料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材料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、

前記コア材料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、

前記コア材料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材料を有し、

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

前記コア材料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。

【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】

## 【 0 0 0 2 】

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、電子システムには光ファイバーや光部品がます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 】

## 【 0 0 0 3 】

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 (misalignment) 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部品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。

## 【 0 0 0 4 】

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。

20

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 0 5 】

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ねり領域に配置して、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

## 【 0 0 0 6 】

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。

## 【 0 0 0 7 】

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) の精度を高めることである。

## 【 0 0 0 8 】

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ことである。

## 【 0 0 0 9 】

40

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。

## 【 0 0 1 0 】

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 】

## 【 0 0 1 1 】

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 は好ましくは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、サブストレータ 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 は好ましくは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。（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、または楕円形である。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。第 1 のアタッチメント領域 121 はサブストレータ 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タ 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 のサブストレータ 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 に示したものと同一である。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、サブストレータ 10 の上面に接着される前は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 とがサブストレータ 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タ 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  $10 \sim 15 \text{ g/cm}$ （言い換えると、接着薄膜 131 をはがすには少なくとも  $0.1 \sim 0.15 \text{ N/cm}$  の剥離力が必要）であり、好ましくは少なくとも  $100 \text{ g/cm}$ （ $1 \text{ N/cm}$  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タ 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  $D_s$  で示した。以下により詳しく説明するように、コアボディ 115 と 115 の光がシングルモードのとき、距離  $D_s$  は  $20 \mu\text{m}$  以下であり、コアボディ 115 と 115 の光がマルチモードのとき、距離  $D_s$  は  $100 \mu\text{m}$  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 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おり、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 ~ 15 g/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 ~ 0.15 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 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 20  $\mu\text{m}$  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 100  $\mu\text{m}$  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 0.9  $\mu\text{m}$  ~ 約 1.6  $\mu\text{m}$ ）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 5  $\mu\text{m}$  ~ 約 9  $\mu\text{m}$  であり、マルチモード伝搬の場合約 15  $\mu\text{m}$  ~ 約 100  $\mu\text{m}$  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 20  $\mu\text{m}$  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 100  $\mu\text{m}$  以下である。

【0017】

10

20

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 $D_s$ とコアボディが互いに重なり合う大きさに依存する。この重なり合いの大きさは図3において重なり長さ $L_{op}$ 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 $L_{op}$ 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とサブストレータ20の間の重なり長さを実質的に等しい。カップリング効率は、スペーシング距離 $D_s$ が減少すると増加し、重なり長さ $L_{op}$ 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、 $1.55\mu\text{m}$ 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 $7\mu\text{m}$ 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 $15\mu\text{m}$ 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 $L_{op}$ 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 $D_s$ は $2\mu\text{m}$ 、 $4\mu\text{m}$ 、 $6\mu\text{m}$ 、 $8\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 、および $12\mu\text{m}$ 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 $L_{op}$ が $1.1\text{mm}$ 、 $2\text{mm}$ 、 $3.7\text{mm}$ 、約 $6.5\text{mm}$ のとき、スペーシング距離がそれぞれ $2\mu\text{m}$ 、 $4\mu\text{m}$ 、 $6\mu\text{m}$ 、 $8\mu\text{m}$ 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、 $L_{op}$ の $D_s$ に対する比率（ $L_{op}/D_s$ ）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 $L_{op}$ 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 $L_{op}$ 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、 $L_{op}$ は（与えられた $D_s$ 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】

一般の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 $L_{op}$ が $0.7\text{mm}$ 、 $1.23\text{mm}$ 、 $2.23\text{mm}$ 、 $4.05\text{mm}$ であるとき、 $2\mu\text{m}$ 、 $4\mu\text{m}$ 、 $6\mu\text{m}$ 、および $8\mu\text{m}$ のスペーシング距離 $D_s$ のカップリング効率が65%となる。各場合では、 $L_{op}$ の $D_s$ に対する比率（ $L_{op}/D_s$ ）は300以上である。カップリング効率が80%のとき、 $L_{op}$ の $D_s$ に対する比率（ $L_{op}/D_s$ ）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 $D_s$ が減少したとき重なり長さ $L_{op}$ を増加させ、スペーシング距離 $D_s$ が増加したとき重なり長さ $L_{op}$ を減少させる。例えば、 $L_{op} = 2.1\text{mm}$ かつ $D_s = 5\mu\text{m}$ の光カップラー100のカップリング効率は、 $L_{op} = 1.1\text{mm}$ かつ $D_s = 2\mu\text{m}$ 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 $D_s$ に比較的敏感なので、 $D_s$ の値を目標値の誤差 $0.5\mu\text{m}$ 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、 $5\mu\text{m}$ より小さいスペーシング距離 $D_s$ （例えば、 $2\mu\text{m}$ から $5\mu\text{m}$ までの範囲）を実現することは可能である。一般のマルチレイヤー光ワイヤリング技術でも、 $4\mu\text{m}$ 以上のスペーシング距離 $D_s$ 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 $D_s$ を $12\mu\text{m}$ から $14\mu\text{m}$ より大きくしたとき、距離 $L_{op}$ 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、一般のマルチレイヤー光ワイ

10

20

30

40

50



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

【0023】

典型的にはLopは少なくとも1 mmであり、より典型的には少なくとも2 mm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  $\mu\text{m}$ 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。

10

【0024】

一般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  $\mu\text{m}$ 以下であり、より典型的には50  $\mu\text{m}$ 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。

20

【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  $\mu\text{m}$ 、約9  $\mu\text{m}$ 、または約6  $\mu\text{m}$ 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  $\mu\text{m}$ 、約9  $\mu\text{m}$ 、または約6  $\mu\text{m}$ 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  $\mu\text{m}$ であるとき、Dsを約12  $\mu\text{m}$ 、約9  $\mu\text{m}$ 、または約6  $\mu\text{m}$ 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  $\mu\text{m}$ 、約6  $\mu\text{m}$ 、または約3  $\mu\text{m}$ 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  $\mu\text{m}$ から5  $\mu\text{m}$ までくらい小さくすることができることを意味する。

30

40

【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  $\mu\text{m}$ 、約9  $\mu\text{m}$ 、または約6  $\mu\text{m}$ 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  $\mu\text{m}$ 、約9  $\mu\text{m}$ 、または約6  $\mu\text{m}$ 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

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 $3\mu\text{m}$ であるとき、 $D_s$ を約 $12\mu\text{m}$ 、約 $9\mu\text{m}$ 、または約 $6\mu\text{m}$ 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 $9\mu\text{m}$ 、約 $6\mu\text{m}$ 、または約 $3\mu\text{m}$ 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 $D_s$ を非常に小さくすることができる。このことは、距離 $D_s$ は第2の接着薄膜132の厚さのみによって決まり、 $2\mu\text{m}$ から $5\mu\text{m}$ 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はサブストレータ20の光導波路24と一体で形成してもよく、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はサブストレータ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）。サブストレータ10の配線の電氣的ネットワーク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、サブストレータ10の上面にコンタクトパッド13が配置される。第1の電氣的ビア141はコンタクトパッド142を配線（electrical trace）140に結合し、第2の電氣的ビア12はコンタクトパッド13を電氣的ネットワーク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がサブストレータ20の配線の電氣的ネットワーク21に電氣的に結合される。また、サブストレータ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はサブストレータ10と20の間に電氣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はサブストレータ10の導波路14とサブストレータ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タ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、サブストレータ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 2 1 5 をさらに有し、コアボディ 2 1 5 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 2 1 6 をさらに有する。コアボディ 2 1 5 は底面 2 1 2 の近く（すなわち、上面 2 1 1 よりも底面 2 1 2 に近く）に配置された第 1 の端面 2 1 3 と、上面 2 1 1 の近く（すなわち、底面 2 1 2 より上面 2 1 1 に近く）に配置された第 2 の端面 2 1 4 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 2 1 6 の断面が示されている。コアボディ 2 1 5 は第 1 の端面 2 1 3 から第 2 の端面 2 1 4 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 2 1 3 と 2 1 4 の間で細長くなっている）。光信号はコアボディ 1 1 5 のセグメント 2 1 8 に沿った第 1 の端面 2 1 3 に近いカップリング領域 2 2 1 においてコアボディ 1 5 とコアボディ 2 1 5 の間でカップリングされる。セグメント 2 1 8 は底面 2 1 2 と実質的に平行に配置されている。接着剤の薄膜 2 3 1 はエレメント 2 1 0 の底面 2 1 2 とサブストレート 1 0 の上面との間に配置され、アタッチメント領域 2 2 1 を中に含んでいる。光信号は第 2 の端面 2 1 4 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 2 3 1 は、その底面がサブストレート 1 0 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 2 3 1 はテストや交換のために、エレメント 2 1 0 とともにサブストレート 1 0 から容易に取り外しできる接着剤を含む。接着薄膜 2 3 1 は典型的には少なくとも 1 0 0 ~ 1 5 0 g/cm の剥離強度を有する（言い換えると、接着薄膜 2 3 1 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

#### 【0031】

カップリング領域 2 2 1 において、コアボディ 2 1 5 と 1 5 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 2 1 8 の長さである。 $Lop$ 、 $Ds$ 、およびこれらの比率は、光カップラー 1 0 0 と 1 0 0 に関して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 2 0  $\mu m$  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 2 1 8 の下のクラッドマテリアル 2 1 6（参照番号 2 1 6 b で示す）を薄くするか取り除く。クラッドマテリアル 2 1 6 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 1 7 の厚さと接着薄膜 2 3 1 の厚さを合わせた厚さになる。上部クラッド層 1 7 の厚さが 3  $\mu m$  の場合、スペーシング距離  $Ds$  を約 1 2  $\mu m$ 、約 9  $\mu m$ 、または約 6  $\mu m$  とするには、接着薄膜 2 3 1 の厚さをそれぞれ約 9  $\mu m$ 、約 6  $\mu m$ 、約 3  $\mu m$  以下とすればよい。コアボディ 2 1 5 と 1 5 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 2 0 0 が取り付けられているエリアにおいてクラッド層 1 7 を取り除く。これは、クラッド層 2 1 6 b の厚さと接着薄膜 2 3 1 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 1 2  $\mu m$ 、約 9  $\mu m$ 、約 6  $\mu m$  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 1 2  $\mu m$ 、約 9  $\mu m$ 、約 6  $\mu m$  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 1 7 とクラッドマテリアル 2 1 6 b の両方を取り除くことにより、コアボディ 2 1 5 と 1 5 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 2 3 1 の厚さだけにすることを意味し、2  $\mu m$  から 5  $\mu m$  にすることもできるが、2 0  $\mu m$  より小さいことが好ましい。

20

30

#### 【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 1 0 0  $\mu m$  以下であり、5 0  $\mu m$  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。

40

#### 【0033】

好ましい実施形態において、コアボディ 2 1 5 はセグメント 2 1 8 と第 2 の端面 2 1 4 の間にあるカーブしたセグメント 2 1 9 をさらに有する。カーブしたセグメント 2 1 9 は上面 2 1 1 と底面 2 1 2 の間にあり、コアボディ 2 1 5 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 2 1 5 に入り、またはコアボディ 2 1 5 から出る。セグメント 2 1 9 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 2 1 9 と、そのまっすぐなセグメント 2 1 9 とセグメント 2 1 8 の

50

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 2 1 9 を置き換えてもよい。

【 0 0 3 4 】

上面 2 1 1 はコアボディ 2 1 5 の端面 2 1 4 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もよい。この場合、上面 2 1 1 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 2 0 0 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 2 1 0 の底面を研磨してスペーシング距離  $D_s$  を所望の値にすることにより、構成することができる。

【 0 0 3 5 】

サブストレート 1 0 に対するカップラー 2 0 0 の位置決めのため、エレメント 2 1 0 のボディは透過または半透過材料で形成され、従来のアライメントマーク（図示せず）をエレメント 2 1 0 とサブストレート 1 0 の両方に形成してもよい。カップラー 2 0 0 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 1 0 に固定されていてもよく、薄膜 1 3 1 と同様の接着薄膜によってサブストレート 1 0 に固定されてもよい。

【 0 0 3 6 】

図 7 はサブストレート 1 0 の導波路 1 4 とサブストレート 1 0 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 3 3 0 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 3 0 0 を示す図である。上述したように、導波路 1 4 はコアボディ 1 4 とクラッド層 1 6 および 1 7 とを有する。オプトエレクトロニックデバイス 3 3 0 はサポートサブストレート 3 3 1 とデバイス 3 3 2 を有し、デバイス 3 3 2 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、フォトランジスタ等がある。（図 2 と 3 に示した）光カップラー 1 0 0 と同様に、光カップラー 3 0 0 は、上面 1 1 1 と底面 1 1 2 とを有するエレメント 1 1 0 と、上面 1 1 1 と底面 1 1 2 の間に配置されたコアボディ 1 1 5、コアボディ 1 1 5 と上面 1 1 1 の間に配置されたクラッド層 1 1 6 と、コアボディ 1 1 5 と底面 1 1 2 の間に配置された任意的クラッド層 1 1 7、アタッチメント領域 1 2 1 と、アタッチメント薄膜 1 3 1 とを有する。これらは上ですでに説明した。光カップラー 3 0 0 はエレメント 1 1 0 の上面 1 1 1 と底面 1 1 2 の間に配置され、コアボディ 1 1 5 とデバイス 3 3 2 の間で光をカップリングするためにコアボディ 1 1 5 の近くにある反射部 3 1 0 を有する。反射部 3 1 0 は光が通過するとその進行方向を変える。反射部 3 1 0 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 3 1 0 は従来の格子構造を有していてもよい。

【 0 0 3 7 】

接着薄膜 1 3 1 は屈折率がコアボディ 1 1 5 よりも低いことが好ましいが、コアボディ 1 1 5 以上の屈折率を有していてもよい。光カップラー 3 0 0 は、剛性を高めるために任意的支持層 3 1 2 をさらに有していてもよい。この支持層 3 1 2 は光カップラー 3 0 0 をサブストレート 1 0 と位置合わせして取り付けの役に立つ。光カップラー 3 0 0 をサブストレート 1 0 に位置合わせするために、エレメント 1 1 0 の本体と支持層 3 1 2 は透過または半透過材料で形成され、光カップラー 3 0 0 とサブストレート 1 0 の両方に従来のアライメントマーク（図示せず）をつけてもよい。

【 0 0 3 8 】

$L_{op}$ 、 $D_s$ 、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 1 0 0 と 1 0 0 に関して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 1 2 1 のエリアにおいて上部クラッド層 1 7 を取り除くことにより、コアボディ 1 1 5 と 1 5 の間のスペーシング距離  $D_s$  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 1 2 1 のエリアにおいて上部クラッド層 1 7 と 1 1 7 を両方取り除くことにより、コアボディ 1 1 5 と 1 5 の

10

20

30

40

50

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、スペーシング距離 $D_s$ を第1の接着薄膜131の厚さのみとすることを意味し、 $2\mu m$ から $5\mu m$ 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 $20\mu m$ 以下であり、マルチモードカップリングの場合には $100\mu m$ 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できるようにすることができる。これらの特徴により位置合わせのコストも下げることができる。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 $L_{op}$ 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 $30\mu m$ 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ック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上の電氣的パッドに電氣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）と電氣的に結合しており、電極422（図9）は端子402（図8）と電氣的に結合している。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。

#### 【0042】

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  $20\text{ }\mu\text{m}$  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  $100\text{ }\mu\text{m}$  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  $L_o$  である。図 8 と 9 に示した実施形態において、重なり長さ  $L_o$  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  $10\sim 15\text{ g/cm}$  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  $0.1\sim 0.15\text{ N/cm}$  の剥離力を必要とし）、好ましくは少なくとも  $100\text{ g/cm}$  の剥離強度（ $1\text{ N/cm}$  の剥離力）を有する。

10

20

#### 【0043】

$L_o$ 、 $D_s$ 、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 に関して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  $12\text{ }\mu\text{m}$ 、約  $9\text{ }\mu\text{m}$ 、約  $6\text{ }\mu\text{m}$  以下にするためには、薄膜 4 3 1 の厚さを約  $12\text{ }\mu\text{m}$ 、約  $9\text{ }\mu\text{m}$ 、約  $6\text{ }\mu\text{m}$  以下にする必要がある。接着薄膜 4 3 1 の厚さは  $2\text{ }\mu\text{m}$  から  $5\text{ }\mu\text{m}$  程度まで小さくすることができる。

30

#### 【0044】

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  $100\text{ }\mu\text{m}$  以下であり、 $50\text{ }\mu\text{m}$  以下であることが好ましい。 $L_o$  は数ミリメートルから数十ミリメートルである。

#### 【0045】

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。

40

#### 【0046】

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材料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材料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材料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材料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（マッハツェンダー）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 に取り付けられ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材料のボディ 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材料の第 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材料の第 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、両方を用いてもよい。コア材料のボディ 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（であってコアボディ 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、テストや代替を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  $10 \sim 15 \text{ g/cm}$  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  $0.1 \sim 0.15 \text{ N/cm}$  の剥離力が必要）、好ましくは少なくとも  $100 \text{ g/cm}$  の剥離強度（ $1 \text{ N/cm}$  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： $X = (100\%)^2 / (100\% + Y)$ 。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  $20 \mu\text{m}$  以下であり、 $Lop1$  と  $Lop2$  は  $1 \text{ mm}$  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、 $2 \mu\text{m} \sim 5 \mu\text{m}$  程度に小さくすることができる。

20

30

40

#### 【 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 の長さにならってコアボディ 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材料を有するが、コアボディ 5 1 5 は有さない。光カップラー 400 について上で

50



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材料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】

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にする。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に浅い谷をエッチ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。このためのエッチ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材料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。

#### 【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、適応をできるが、それらは本発明の範囲の中にある。最も实际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】

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材料のボディをさらに有し、前記コア材料のボディと前記上面との間に配置されたクラッド材料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、

前記コア材料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、

前記コア材料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に構成され、

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、

前記コア材料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１００μm以下であり、前記コア材料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２０μm以下であることを特徴とする光カップラー。

##### （付記２）

付記１に記載の光カップラーであって、前記コア材料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１２μm以下であることを特徴と

10

20

30

40

50

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  $50\ \mu\text{m}$  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  $12\ \mu\text{m}$  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  $50\ \mu\text{m}$  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  $1\ \text{mm}$  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  $2\ \text{mm}$  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  $200$  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  $300$  で有す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  $20\ \mu\text{m}$  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  $12\ \mu\text{m}$  以下であることを特徴とする光カップラー。 50

( 付記 1 5 )

付記 1 3 に記載の光カップラーであって、前記距離  $D_s$  は  $9\ \mu\text{m}$  以下であることを特徴とする光カップラー。

( 付記 1 6 )

付記 1 3 に記載の光カップラーであって、前記コア材料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  $1\text{mm}$  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 1 7 )

付記 1 3 に記載の光カップラーであって、前記コア材料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  $2\text{mm}$  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 1 8 )

付記 1 6 に記載の光カップラーであって、前記  $Lop$  と  $D_s$  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 1 9 )

付記 1 6 に記載の光カップラーであって、前記  $Lop$  と  $D_s$  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 2 0 )

付記 1 3 に記載の光カップラーであって、前記コア材料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  $D_s$  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 2 1 )

付記 1 3 に記載の光カップラーであって、前記コア材料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  $D_s$  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 2 2 )

付記 1 に記載の光カップラーであって、

前記コア材料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、前記コア材料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  $100\ \mu\text{m}$  以下であることを特徴とする光カップラー。

( 付記 2 3 )

付記 2 2 に記載の光カップラーであって、前記距離  $D_s$  は  $50\ \mu\text{m}$  以下であることを特徴とする光カップラー。

( 付記 2 4 )

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 2 5 )

付記 1 に記載の光カップラーであって、前記エレメントの上面に配置された

( 付記 2 6 )

付記 2 3 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) に電氣的に結合された第 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 2 7 )

付記 2 4 に記載の光カップラーであって、

前記ビア (via) の第 2 の端面に電氣的に結合した第 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材料のボディにより電氣的に結合していることを特徴とする光カップラー。

(付記 2 8)

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材料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 2 9)

付記 2 8 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 3 0)

付記 2 8 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材料の屈折率より低いことを特徴とする光カップラー。

(付記 3 1)

付記 2 8 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。

(付記 3 2)

付記 2 8 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、前記コア材料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、前記コア材料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  $100\text{ }\mu\text{m}$  以下であり、前記コア材料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  $20\text{ }\mu\text{m}$  以下であることを特徴とする光カップラー。

(付記 3 3)

付記 3 2 に記載の光カップラーであって、前記コア材料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 3 4)

付記 3 2 に記載の光カップラーであり、前記コア材料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 1 mm の重なり長さ  $L_{op}$  だけ重なっていることを特徴とする光カップラー。

(付記 3 5)

付記 3 4 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 3 6)

付記 3 2 に記載の光カップラーであって、前記コア材料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  $L_{op}$  だけ重なっており、 $L_{op}$  と  $D_s$  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 3 7)

付記 3 2 に記載の光カップラーであって、前記コア材料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 3 8)

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材料のボディと、

前記コア材料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材料とを有し、

前記コア材料のボディは第 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  $1\text{ mm}$  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に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。

(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。

30

(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  $1\text{ mm}$  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に位置決めされた第 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  $1\text{ mm}$  であることを特徴とする光カップラー。

(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  $1\text{ mm}$  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、 40

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 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、 10

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  $100\ \mu\text{m}$  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)

20

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  $100\ \mu\text{m}$  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  $100\ \mu\text{m}$  以下であることを特徴とする光カップラー。 30

【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。 40

【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ェンダー構造を示す断面図である。

【図 11】本発明による図 10 に示したマッハツェ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

50

1 2	電氣的ピア	
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	
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	10
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	コア材料のボディ	20
1 1 6、2 1 6	クラッド材料の第 1 層	
1 1 7	クラッド材料の第 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材料のボディ	50

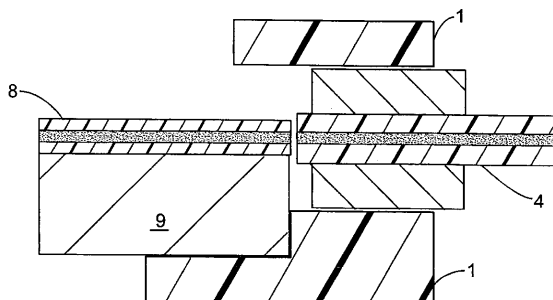


- 4 2 1 第 1 の 電 極
- 4 2 2 第 2 の 電 極
- 4 2 3 ギャップ
- 4 3 1 薄 膜
- 5 0 0 垂 直 Mach-Zehnder 構 造
- 5 1 0 エレメント
- 5 1 1 上 面
- 5 1 2 底 面
- 5 1 3 第 1 の 端 面
- 5 1 4 第 2 の 端 面
- 5 1 5 コアボディ
- 5 1 6 クラッドボディ
- 5 1 7 クラッドボディ
- 5 2 1 第 1 の ア タ ャ チ メ ン ト 領 域
- 5 2 2 第 2 の ア タ ャ チ メ ン ト 領 域
- 5 3 1 薄 膜
- 5 3 2 薄 膜
- 5 4 1 第 1 の 電 極
- 5 4 2 第 2 の 電 極

10

## 【 図 1 】

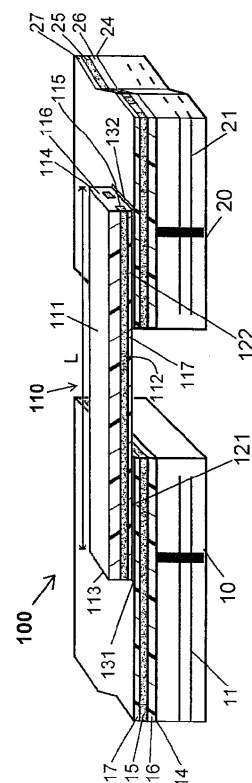
従来のカップラーを示す断面図



( 従来技術 )

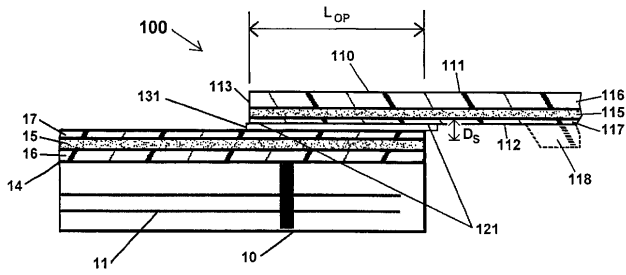
## 【 図 2 】

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



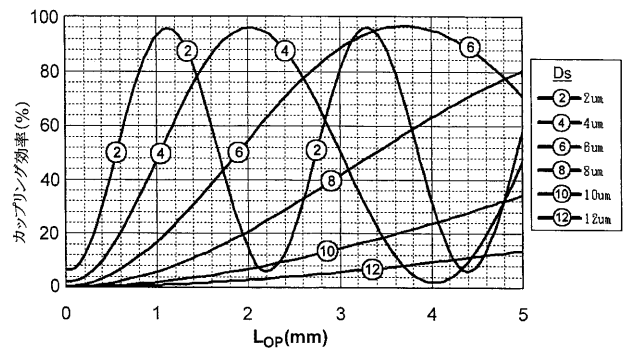
【 図 3 】

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



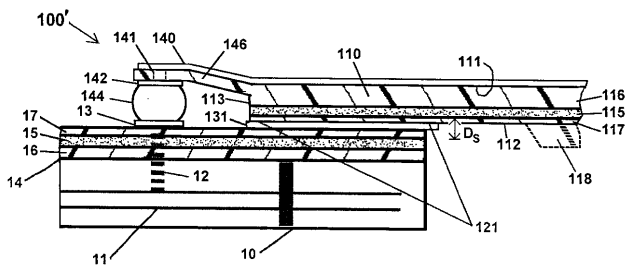
【 図 4 】

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



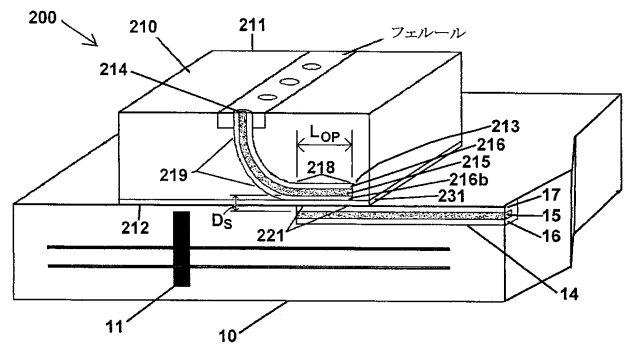
【 図 5 】

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





---

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