

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-155191

(P2012-155191A)

(43) 公開日 平成24年8月16日(2012.8.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G02B 6/30 (2006.01)	G02B 6/30	2H137
G02B 6/122 (2006.01)	G02B 6/12 A	2H147

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2011-15239 (P2011-15239)
 (22) 出願日 平成23年1月27日 (2011.1.27)

(71) 出願人 000004455
 日立化成工業株式会社
 東京都新宿区西新宿2丁目1番1号
 (74) 代理人 100078732
 弁理士 大谷 保
 (74) 代理人 100119666
 弁理士 平澤 賢一
 (72) 発明者 酒井 大地
 茨城県つくば市和台48 日立化成工業株式会社内
 (72) 発明者 黒田 敏裕
 茨城県つくば市和台48 日立化成工業株式会社内

最終頁に続く

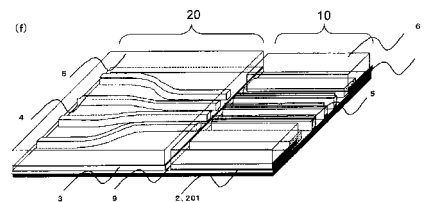
(54) 【発明の名称】 光ファイバコネクタ及びその製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 光ファイバと光導波路コアとの位置合わせが容易な光ファイバコネクタ及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 基板上に形成された光ファイバガイド部材10と、光導波路20とが並設された光ファイバコネクタであって、前記光ファイバガイド部材の2つのコア間が光ファイバを固定するための溝を形成し、該溝の幅が固定される光ファイバの直径以上であり、前記基板表面からファイバガイド用コアパターン上面までの高さが該光ファイバの半径以上であり、基板表面からファイバガイド用コアパターン上の第1の上部クラッド層の表面までの高さが該光ファイバの直径以上であり、かつ該光ファイバが、前記光導波路の光信号伝達用コアパターンに光信号を伝達可能な位置に接合するように、前記光ファイバガイド部材と前記光導波路が並設されてなる光ファイバコネクタである。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基板上に、ファイバガイド用コアパターン、及び該ファイバガイド用コアパターン上に第 1 の上部クラッド層を有し、該第 1 の上部クラッド層の全面を覆うように蓋材が形成された光ファイバガイド部材と、

第 1 下部クラッド層上に光信号伝達用コアパターンが形成され、該光信号伝達用コアパターン上に第 2 の上部クラッド層が形成された光導波路とが並設された光ファイバコネクタであって、

前記光ファイバガイド部材の 2 つのコア間が光ファイバを固定するための溝を形成し、該溝の幅が固定される光ファイバの直径以上であり、前記基板表面からファイバガイド用コアパターン上面までの高さが該光ファイバの半径以上であり、基板表面からファイバガイド用コアパターン上の第 1 の上部クラッド層の表面までの高さが該光ファイバの直径以上であり、かつ該光ファイバが、前記光導波路の光信号伝達用コアパターンに光信号を伝達可能な位置に接合するように、前記光ファイバガイド部材と前記光導波路が並設されてなる光ファイバコネクタ。

【請求項 2】

前記光信号伝達用コアパターンが、前記基板上に形成された第 1 下部クラッド層上に形成され、前記ファイバガイド用コアパターンが、前記基板上に形成された請求項 1 に記載の光ファイバコネクタ。

【請求項 3】

前記基板が接着層を有し、該接着層上に第 1 下部クラッド層及び前記ファイバガイド用コアパターンが形成された請求項 1 又は 2 に記載の光ファイバコネクタ。

【請求項 4】

前記接着層が、第 2 下部クラッド層である請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の光ファイバコネクタ。

【請求項 5】

前記光ファイバコネクタの前記光導波路が、光路変換ミラー付きの光導波路であり、前記蓋材が光路変換ミラーの補強材としての機能を有する請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の光ファイバコネクタ。

【請求項 6】

前記基板が電気配線板である請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の光ファイバコネクタ。

【請求項 7】

基板上に第 1 下部クラッド層形成用フィルムを積層し、該第 1 下部クラッド層形成用フィルムをエッチングによって、光ファイバを固定するための溝を形成する部位の第 1 下部クラッド層形成用フィルムを除去する第 1 の工程、該第 1 下部クラッド層及び第 1 の工程によって第 1 下部クラッド層形成用フィルムが除去された基板上に、コア形成用フィルムを積層し、エッチングによって、ファイバガイド用コアパターンと光信号伝達用コアパターンを一括形成する第 2 の工程、前記ファイバガイド用コアパターンと前記光信号伝達用コアパターン形成面側から、上部クラッド層形成用フィルムを積層し、エッチングによって、光ファイバを固定するための溝部分の上部クラッド層形成用フィルムを除去して、ファイバガイド用コアパターン上に第 1 の上部クラッド層を形成する第 3 の工程、及び該第 1 の上部クラッド層の全面を覆うように蓋材を形成する第 4 の工程を順に有する光ファイバコネクタの製造方法であって、前記第 2 の工程において、光ファイバを固定するための溝を形成するファイバガイド用コアパターンの 2 つのコア間の距離が、固定される光ファイバの直径以上であり、前記基板表面からファイバガイド用コアパターン上面までの高さが該光ファイバの半径以上であり、基板表面から第 1 の上部クラッド層表面までの高さが該光ファイバの直径以上であり、かつ該光ファイバが、前記光導波路の光信号伝達用コアパターンに光信号を伝達可能な位置に接合するように、前記光ファイバガイド部材と前記光導波路が並設される光ファイバコネクタの製造方法。

【請求項 8】

前記第3の工程の直前又は直後に、ダイシングソーによってスリット溝を形成する第5の工程を有し、該スリット溝の深さが第1下部クラッド層表面以下であることを特徴とする請求項7に記載の光ファイバコネクタの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は光ファイバコネクタ及びその製造方法に関し、特に、基板によらずに光ファイバと光導波路コアとの位置合わせが容易で、光ファイバの位置ずれがしにくい光ファイバコネクタ及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般的に光ケーブル（光ファイバケーブルともいう）は、多量の情報の高速通信が可能であることから、家庭用、産業用の情報通信に広く利用されている。また、例えば自動車には、各種電装品（例えば、カーナビゲーションシステム等）が装備されているが、それらの電装品の光通信にも採用されている。このような光ケーブルが有する光ファイバの端末同士を突き合わせて接続する光ケーブルコネクタとして、特許文献1に開示されるものがある。

また、情報容量の増大に伴い、幹線やアクセス系といった通信分野のみならず、ルータやサーバ内の情報処理にも光信号を用いる光インターコネクション技術の開発が進められている。具体的には、ルータやサーバ装置内のボード間あるいはボード内の短距離信号伝送に光を用いるために、光伝送路として、光ファイバに比べ、配線の自由度が高く、かつ高密度化が可能な光導波路が用いられている。

そして、この光導波路と光ファイバとを接合する方法として、例えば、特許文献2に記載されるような光ファイバコネクタが挙げられる。

しかしながら、このような、光ファイバコネクタにおいては、光ファイバ搭載溝をダイシングによって切削加工する必要があるため作業効率が悪く、また、光導波路コアは溝の切削工程とは別の工程においてフォトリソグラフィ及びエッチングで作製するため、光ファイバの位置ずれが生じることがあった。さらに、上記の方法ではシリコンウエハなどの寸法安定性の良い硬い基板上に形成しないと、より大きな光ファイバの位置ずれが生じた。

また、特許文献3に記載の光導波路が形成された導波路基板と、光ファイバがキャリアされた光コネクタをそれぞれ別のホルダに装着し、各ホルダの端面同士を固着するような光ファイバと光導波路の接続方法があるが、接続までの工程数が多く煩雑であった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2010-48925

【特許文献2】特開2001-201646

【特許文献3】特開平7-13040

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明は、前記の課題を解決するためになされたもので、光ファイバと光導波路コアとの位置合わせが容易で、基板によらずに光ファイバの位置ずれがしにくい光ファイバコネクタ及びその製造方法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】

【0005】

本発明者は、上記課題に対して、光ファイバを固定するための溝を有するファイバガイド用コアパターン及び該コアパターンを覆う蓋材が形成された光ファイバガイド部材を用い、これと光導波路とを並設した光ファイバコネクタにより、前記課題を解決し得るこ

10

20

30

40

50

とを見出した。本発明はかかる知見に基づいて完成したものである。

すなわち、本発明は、

(1) 基板上に、ファイバガイド用コアパターン、及び該ファイバガイド用コアパターン上に第1の上部クラッド層を有し、該第1の上部クラッド層の全面を覆うように蓋材が形成された光ファイバガイド部材と、第1下部クラッド層上に光信号伝達用コアパターンが形成され、該光信号伝達用コアパターン上に第2の上部クラッド層が形成された光導波路とが並設された光ファイバコネクタであって、前記光ファイバガイド部材の2つのコア間が光ファイバを固定するための溝を形成し、該溝の幅が固定される光ファイバの直径以上であり、前記基板表面からファイバガイド用コアパターン上面までの高さが該光ファイバの半径以上であり、基板表面からファイバガイド用コアパターン上の第1の上部クラッド層表面までの高さが該光ファイバの直径以上であり、かつ該光ファイバが、前記光導波路の光信号伝達用コアパターンに光信号を伝達可能な位置に接合するように、前記光ファイバガイド部材と前記光導波路が並設されてなる光ファイバコネクタ、及び

(2) 基板上に第1下部クラッド層形成用フィルムを積層し、該第1下部クラッド層形成用フィルムをエッチングによって、光ファイバを固定するための溝を形成する部位の第1下部クラッド層形成用フィルムを除去する第1の工程、該第1下部クラッド層及び第1の工程によって第1下部クラッド層形成用フィルムが除去された基板上に、コア形成用フィルムを積層し、エッチングによって、ファイバガイド用コアパターンと光信号伝達用コアパターンを一括形成する第2の工程、前記ファイバガイド用コアパターンと前記光信号伝達用コアパターン形成面側から、上部クラッド層形成用フィルムを積層し、エッチングによって、光ファイバを固定するための溝部分の上部クラッド層形成用フィルムを除去して、ファイバガイド用コアパターン上に第1の上部クラッド層を形成する第3の工程、及び該第1の上部クラッド層の全面を覆うように蓋材を形成する第4の工程を順に有する光ファイバコネクタの製造方法であって、前記第2の工程において、光ファイバを固定するための溝を形成するファイバガイド用コアパターンの2つのコア間の距離が、固定される光ファイバの直径以上であり、前記基板表面からファイバガイド用コアパターン上面までの高さが該光ファイバの半径以上であり、基板表面から第1の上部クラッド層表面までの高さが該光ファイバの直径以上であり、かつ該光ファイバが、前記光導波路の光信号伝達用コアパターンに光信号を伝達可能な位置に接合するように、前記光ファイバガイド部材と前記光導波路が並設される光ファイバコネクタの製造方法、

を提供するものである。

【発明の効果】

【0006】

本発明の光ファイバコネクタは、基板によらずに光ファイバと光導波路コアとの位置合わせが容易で、光ファイバの位置ずれがしにくい上に、光ファイバを溝と蓋材により形成される空間に差し込むだけで光ファイバと光導波路を簡易に結合させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本発明の光ファイバコネクタ及びその製造過程を示す図である。(a)はファイバガイド用コアパターンの平行方向断面図、(b)は光信号伝達用コアパターン及び溝の平行方向断面図をそれぞれ示す。

【図2】本発明の光ファイバコネクタ及びその製造過程を示す図である。(c)は光信号伝達用コアパターン及び溝の垂直方向断面図、(d)はファイバガイド用コアパターンの垂直方向断面図、(e)は平面図をそれぞれ示す。

【図3】本発明の光ファイバコネクタの斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

本発明の光ファイバコネクタを、図1、図2、及び図3を用いて説明する。

本発明の光ファイバコネクタは、光ファイバガイド部材10と光導波路20とが併設された構造を有する(図3参照)。

10

20

30

40

50

光ファイバガイド部材 10 は、基板 1 上に、ファイバガイド用コアパターン 5 を有し、該ファイバガイド用コアパターン 5 上に第 1 の上部クラッド層 6 を有する（図 1 (a) - 5、(a) - 6、図 2 (d) - 5 及び (d) - 6 参照）。そして、該第 1 の上部クラッド層 6 の全面を覆うように蓋材 7 が形成されている（図 1 (a) - 9 及び図 2 (d) - 7 参照）。また、光導波路 20 は、第 1 下部クラッド層 3 上に光信号伝達用コアパターン 4 が形成され、該光信号伝達用コアパターン 4 上に第 2 の上部クラッド層 6 が形成されている（図 1 (b) - 6、図 2 (c) - 6 参照）。

【 0 0 0 9 】

本発明の光ファイバコネクタは、光ファイバガイド部材 10 の 2 つのコア間が、光ファイバを固定するための溝（ファイバ溝）8 を形成し（図 2 (d) - 6 参照）、該溝の幅が固定される光ファイバ 30 の直径以上であり、基板 1 の表面からファイバガイド用コアパターン 5 の上面までの高さが、該光ファイバ 30 の半径以上であり、基板 1 の表面からファイバガイド用コアパターン 5 上の第 1 の上部クラッド層 6 の下面までの高さが、該光ファイバ 30 の直径以上であることが特徴である（図 2 (d) - 7 参照）。

この条件を満足することにより、光ファイバ 30 を溝と蓋材により形成される空間に容易に差し込むことができる。そして、このように光ファイバを差し込んだ状態で、該光ファイバ 30 が、光導波路 20 の光信号伝達用コアパターン 4 に光信号を伝達可能な位置に接合するように、光ファイバガイド部材 10 と光導波路 20 が並設されている。

【 0 0 1 0 】

上記光ファイバガイド部材 10 における蓋材 7 の材質としては、特に限定されないが、上部クラッド層 6 に接着性がある場合、ガラスエポキシ樹脂基板、セラミック基板、ガラス基板、シリコン基板、プラスチック基板、金属基板、プラスチックフィルムが挙げられ、これらの基板には、樹脂層、金属層などが設けられていてもよい。また、蓋材 7 として、電気配線板を用いることもできる。

特に、柔軟性及び強靱性のある蓋材 7 として、例えば、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート等のポリエステル、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリアミド、ポリカーボネート、ポリフェニレンエーテル、ポリエーテルサルファイド、ポリアリレート、液晶ポリマー、ポリスルホン、ポリエーテルスルホン、ポリエーテルエーテルケトン、ポリエーテルイミド、ポリアミドイミド、ポリイミドなどが好適に挙げられる。これらのうち、耐熱性、寸法安定性の観点から、ポリアミドイミド、ポリイミドが特に好ましい。

【 0 0 1 1 】

また、上部クラッド層 6 に接着性が無い場合、上記に列挙した蓋材 7 に接着層を設け、接着層付きの蓋材 7 とすることが好ましい。

蓋材 7 の厚さとしては、板の反りや寸法安定性により、適宜変更し得るが、好ましくは $10 \mu\text{m} \sim 10.0 \text{mm}$ である。また、蓋材 7 に形成する接着層の厚さとしては、通常、 $0.1 \mu\text{m} \sim 50 \mu\text{m}$ が好適な範囲であるが、 $0.1 \mu\text{m} \sim 20 \mu\text{m}$ がより好ましい。接着層の厚さが $20 \mu\text{m}$ 以下であると、溝 8 への接着剤の流れ込みが抑制されるためである。

さらに、本発明における光導波路は光路変換ミラー 11 を有することが好ましく（図 1 (b) - 7 参照）、その場合には、該蓋材 7 が光路変換ミラー 11 の補強板を兼ね備えていることが好ましい（図 1 (b) - 9 参照）。

【 0 0 1 2 】

また、上記光ファイバガイド部材 10 は、基板 1 の一部である第 2 下部クラッド層 201 上に、ファイバガイド用コアパターン 5 が形成されることが好ましい。

なお、本発明において、ファイバガイド用コアパターン 5 は、光ファイバ 30 を固定するためのものであって、光信号伝達用のコアとして機能するものではない。

また、使用する光ファイバに制限はないが、以下「光ファイバの直径」と表記した場合、光ファイバのクラッド外径もしくは光ファイバの被覆外径を表すこととする。

【 0 0 1 3 】

次に、上記光ファイバガイド部材 10 におけるファイバガイド用コアパターン 5 上には、第 1 の上部クラッド層を有する（図 1 (a) - 6 参照）。該上部クラッド層を有することで、本発明の光ファイバコネクタの平坦性が得られる。

【 0 0 1 4 】

以下、本発明の光ファイバコネクタを構成する各層について説明する。

（下部クラッド層及び上部クラッド層）

以下、本発明で使用される下部クラッド層（第 1 下部クラッド層，第 2 下部クラッド層）201、3 及び上部クラッド層 6 について説明する。下部クラッド層 201、3 及び上部クラッド層 6 としては、クラッド層形成用樹脂又はクラッド層形成用樹脂フィルムを用いることができる。

10

【 0 0 1 5 】

本発明で用いるクラッド層形成用樹脂としては、光信号伝達用コアパターン 4 より低屈折率で、光又は熱により硬化する樹脂組成物であれば特に限定されず、熱硬化性樹脂組成物や感光性樹脂組成物を好適に使用することができる。クラッド層形成用樹脂に用いる樹脂組成物は、下部クラッド層 201、3 及び上部クラッド層 6 において、該樹脂組成物に含有する成分が同一であっても異なってもよく、該樹脂組成物の屈折率が同一であっても異なってもよい。また、第 2 下部クラッド層 201 については、接着層 2 としての機能があれば、屈折率や光硬化性の性質は必要なく、後述の接着剤やコア形成用樹脂フィルムを用いてもよい。

【 0 0 1 6 】

20

本発明においては、クラッド層の形成方法は特に限定されず、例えば、クラッド層形成用樹脂の塗布又はクラッド層形成用樹脂フィルムのラミネートにより形成すればよい。

塗布による場合には、その方法は限定されず、クラッド層形成用樹脂組成物を常法により塗布すればよい。

また、ラミネートに用いるクラッド層形成用樹脂フィルムは、例えば、クラッド層形成用樹脂組成物を溶媒に溶解して、キャリアフィルムに塗布し、溶媒を除去することにより容易に製造することができる。

【 0 0 1 7 】

下部クラッド層 201、3 及び上部クラッド層 6 の厚さに関しては、特に限定するものではないが、乾燥後の厚さで、5 ~ 500 μm の範囲が好ましい。5 μm 以上であると、光の閉じ込めに必要なクラッド厚さが確保でき、500 μm 以下であると、膜厚を均一に制御することが容易である。以上の観点から、下部クラッド層 201、3 及び上部クラッド層 6 の厚さは、さらに 10 ~ 100 μm の範囲であることがより好ましい。また、第 1 下部クラッド層 3 は、光ファイバの中心と光信号伝達用コアパターンとの中心合わせのため、硬化後のフィルム厚みが、 $[(\text{光ファイバの半径}) - (\text{第 1 下部クラッド層 3 上に形成された光信号伝達用コアパターン厚み}) / 2]$ の厚みのフィルムを用いることがさらに好ましい。

30

【 0 0 1 8 】

具体例として、光ファイバの直径 80 μm 、光ファイバのコア径 50 μm の光ファイバを用いたときの好ましい下部クラッド層 3 の厚みを示す。まず、光導波路のコア径は、光ファイバから光信号伝達用コアパターンへ光信号が伝搬してくる場合、光ファイバのコア径に外接する正方形が光損失なく伝搬できる。この場合、光導波路のコアは 50 $\mu\text{m} \times 50 \mu\text{m}$ （コア高さ；50 μm ）となる。上記の式に当てはめると最適な下部クラッド層 3 の厚みは 15 μm となる。また、上記と同一の光ファイバを用いて、光ファイバから光信号伝達用コアパターンへ光信号が伝搬してくる場合、光ファイバのコア径に内接する正方形が光損失なく伝搬できる。この場合、光導波路のコアは 40 $\mu\text{m} \times 40 \mu\text{m}$ （コア高さ；40 μm ）となる。上記の式に当てはめると最適な下部クラッド層 3 の厚みは 20 μm となる。

40

【 0 0 1 9 】

また、光導波路 20 において、光信号伝達用コアパターン 4 を埋め込むための上部クラ

50

ッド層 6 の厚みは、コアパターン 4 の厚さ以上にすることが好ましいが、基板 1 の表面から上部クラッド層の表面（上面）までの高さが光ファイバの直径以上になるように適宜調整すればよく、光ファイバの直径より $0.1 \sim 15 \mu\text{m}$ 高い溝に調整することがより好ましい。ファイバガイド用コアパターン上に形成する上部クラッド層の厚みについても、上記と同様の高さに調整すればよい。

【0020】

（コア層形成用樹脂及びコア層形成用樹脂フィルム）

本発明においては、下部クラッド層 201、3 に積層するコア層、光信号伝達用コアパターン 4、及びファイバガイド用コアパターン 5 の形成方法は特に限定されず、例えば、コア層形成用樹脂の塗布又はコア層形成用樹脂フィルムのラミネートによりコア層を形成し、エッチングによりコアパターンを形成すればよい。

本発明においては、光導波路 20 と光ファイバガイド部材 10 において、それぞれコア層を形成した後、同時にエッチングして光信号伝達用コアパターン 4 とファイバガイド用コアパターン 5 を同時に形成することにより、効率よく光ファイバコネクタを製造することができる。

【0021】

コア層形成用樹脂、特に光信号伝達用コアパターン 4 に用いるコア層形成用樹脂は、クラッド層 3 より高屈折率であるように設計され、活性光線によりコアパターンを形成し得る樹脂組成物を用いることが好ましい。パターン化する前のコア層の形成方法は限定されず、前記コア層形成用樹脂組成物を常法により塗布する方法等が挙げられる。

【0022】

コア層形成用樹脂フィルムの厚さについては特に限定されず、乾燥後のコア層の厚さが、通常は $10 \sim 100 \mu\text{m}$ となるように調整される。該フィルムの仕上がり後の光信号伝達用コアパターン 4 の厚さが $10 \mu\text{m}$ 以上であると、光導波路形成後の受発光素子又は光ファイバとの結合において位置合わせトレランスが拡大できるという利点があり、 $100 \mu\text{m}$ 以下であると、光導波路形成後の受発光素子又は光ファイバとの結合において、結合効率が向上するという利点がある。以上の観点から、該フィルムの厚さは、さらに $30 \sim 90 \mu\text{m}$ の範囲であることが好ましく、該厚みを得るために適宜フィルム厚みを調整すればよい。

また、光信号伝達用コアパターンの硬化後の厚みは、光ファイバから光信号伝達用コアパターンへ光を伝達する場合は、光ファイバのコア径以上になれば光の損失が少なく、光信号伝達用コアパターンから光ファイバへ光を伝達する場合は、光信号伝達用コアパターンの厚さと幅からなる矩形が、光ファイバのコア径の内側になるように調整するとさらによい。

【0023】

（基板）

基板 1 の材質としては、特に制限はなく、例えば、ガラスエポキシ樹脂基板、セラミック基板、ガラス基板、シリコン基板、プラスチック基板、金属基板、樹脂層付き基板、金属層付き基板、プラスチックフィルム、樹脂層付きプラスチックフィルム、金属層付きプラスチックフィルム、電気配線板などが挙げられる。

これらのうち、基板 1 として柔軟性及び強靱性のある基材、例えば、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート等のポリエステル、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリアミド、ポリカーボネート、ポリフェニレンエーテル、ポリエーテルサルファイド、ポリアリレート、液晶ポリマー、ポリスルホン、ポリエーテルスルホン、ポリエーテルエーテルケトン、ポリエーテルイミド、ポリアミドイミド、ポリイミドを用いることで、フレキシブルな光ファイバコネクタとしてもよい。基板の厚さとしては、板の反りや寸法安定性により、適宜変更し得るが、好ましくは $10 \mu\text{m} \sim 10.0 \text{mm}$ である。また、基板 1 は光導波路形成後に剥離除去してもよい。基板 1 を除去せず、光路変換された光信号が基板 1 を透過する場合には、光信号の波長に対して透明な基板 1 を用いるとよい。

10

20

30

40

50

また、電気配線板は特に限定されるものではないが、金属配線103がFR-4上に形成された電気配線板でもよく、金属配線103がポリイミドやポリアミドフィルム上に形成されたフレキシブル配線板であってもよい。なお、金属配線103は金属層102から形成することができる(図1(a)-1、(a)-2、(c)-1及び(c)-2参照)。

【0024】

本発明において、光ファイバ30は溝8と蓋材7により形成される空間部に差し込まれ、必要に応じて接着剤等で固定されるが、このように光ファイバを差し込むだけで光ファイバと光導波路の位置合わせが可能である。

この際、図2に示すX方向の位置合わせはファイバガイド用コアパターン5により行い(図2(d)-5~7参照)、図1及び2に示すZ方向の位置合わせは基板1及び蓋材7の相対的位置を調整することにより行うことができる。

【0025】

本発明において、光ファイバの直径は200 μ m以下であることが、コア層形成用樹脂フィルムの膜厚が制御しやすいという観点から好ましく、125 μ m径や80 μ m径の光ファイバを用いることがさらに好ましい。ファイバガイド用コアパターン5により形成される溝8の横幅としては、上述のように、光ファイバの直径以上の幅であればよいが、光ファイバの実装性及びトレランスの観点から、光ファイバの直径より0.1~10 μ m広い幅であることが好ましい。

【0026】

(本発明の光ファイバコネクタの製造方法)

本発明の製造方法は、以下の3つの工程を順に有することを特徴とする。すなわち、
 (1) 基板上に第1下部クラッド層形成用フィルムを積層し、該第1下部クラッド層形成用フィルムをエッチングによって、光ファイバを固定するための溝を形成する部位の第1下部クラッド層形成用フィルムを除去する第1の工程(図1(a)-1~4、図2(c)-1~4及び(d)-4参照)、
 (2) 該第1下部クラッド層及び第1の工程によって第1下部クラッド層形成用フィルムが除去された基板上に、コア形成用フィルムを積層し、エッチングによって、ファイバガイド用コアパターンと光信号伝達用コアパターンを一括形成する第2の工程(図1(a)-5、(b)-5、図2(c)-5~及び(d)-5参照)、
 (3) ファイバガイド用コアパターンと光信号伝達用コアパターン形成面側から、上部クラッド層形成用フィルムを積層し、エッチングによって、光ファイバを固定するための溝部分の上部クラッド層形成用フィルムを除去して、ファイバガイド用コアパターン上に第1の上部クラッド層を形成する第3の工程(図1(a)-6、(b)-6、図2(c)-6~及び(d)-6参照)、及び
 (4) 第1の上部クラッド層の全面を覆うように蓋材を形成する第4の工程(図1(a)-9、(b)-9、図2(c)-9~及び(d)-9参照)、
 である。

【0027】

上記第1の工程は、光ファイバコネクタ中の、光導波路の部分のみ第1下部クラッド層を形成し、光ファイバガイド部材の部位からは第1下部クラッド層を除去するものである。このことにより、光導波路においては、光伝送のための下部クラッドを形成するとともに、光導波路と光ファイバのZ方向の位置合わせを行うものである。したがって、第1下部クラッド層の厚さは、用いる光ファイバの径に応じて適宜設定されるものであり、好適な厚さは上述の通りである。

【0028】

次に第2の工程によって、光導波路においては、第1下部クラッド層上に光信号伝達用コアパターンを形成し(図1(b)-5及び図2(c)-5参照)、光ファイバガイド部材においては、基板上に光ファイバを固定するためのファイバガイド用コアパターンを形成する(図1(a)-5及び図2(d)-5参照)。

【0029】

次いで、第3の工程によって、光ファイバ用ガイド部材においては、ファイバガイド用コアパターン形成面側から、光導波路においては、光信号伝達用コアパターン形成面側から、上部クラッド層形成用フィルムを積層する。そして、光ファイバ用ガイド部材において、エッチングによって、光ファイバを固定するための溝部分の上部クラッド層形成用フィルムを除去して、ファイバガイド用コアパターン上に第1の上部クラッド層を形成する（図1(a)-6、(b)-6、図2(c)-6及び(d)-6参照）。

この工程によって、光導波路においては、上部クラッド層が形成され、高い光伝達効率が達成される。一方、光ファイバガイド部材においては、溝を確保するために、その部分のクラッド層がエッチングによって除去されるものである。ここで、ファイバガイド用コアパターン上の上部クラッド層が存在することにより、上述のように、平坦性を確保することができる。なお、溝8部分の上部クラッド層形成用樹脂フィルムをエッチング除去する工程において、除去部分が、ファイバガイド用コアパターン上にかかってもよく、ファイバガイド用コアパターン上に上部クラッド層を形成することによって蓋材のたわみを抑制できる点から好ましい。

10

【0030】

最後に、第4の工程によって、第1の上部クラッド層の全面を覆うように、蓋材を形成し、ファイバガイド用コアパターンを覆うことで、本発明の光ファイバコネクタが製造される。蓋材の形成方法は蓋材の材質に応じて適宜決定されるが、ロールラミネータ、真空ラミネータなどを用いて形成することが好ましい。

20

【0031】

さらに、本発明の製造方法では、前記第3の工程の直前又は直後に、ダイシングソーによってスリット溝を形成する工程を有することが好ましく（図1(b)-7参照）、特に該スリット溝の深さが第1下部クラッド層表面以下であることが好ましい。

この工程によって、後述するように、光ファイバと光導波路を接続する光導波路端面が平滑化される。また、スリットの深さを上記のようにすることによって、光ファイバが良好に実装できる。

【0032】

また、光信号伝達用コアパターン4、ファイバガイド用コアパターン5が、特に基板1に密着性が無い場合には、接着層2付きの基板1を用いてもよく、接着層が第2下部クラッド層201を兼用していてもよい。

30

接着層2の種類としては特に限定されないが、両面テープ、UVまたは熱硬化性接着剤、プリプレグ、ビルドアップ材、電気配線板製造用途に使用される種々の接着剤が好適に挙げられる。光信号が基板1を透過する場合には、光信号波長において透明であればよくその際には、基板1と接着力のあるクラッド層形成用樹脂フィルムやコア層形成用樹脂フィルムを用いて接着層2とするのが好ましい。

【0033】

光ファイバと光導波路を接続する光導波路端面の平滑化方法としては、特に限定するものではないが、例えば、ダイシングソーを用いて光導波路端面を切削し、スリット溝9を形成すると共に平滑化すればよい。この際のダイシングブレードの切削深さは、基板1表面以下にすると光ファイバ30が良好に実装できるため好ましい。

40

【実施例】

【0034】

以下、本発明を実施例によりさらに詳細に説明するが、本発明はその要旨を越えない限り、以下の実施例に限定されない。

実施例1

[クラッド層形成用樹脂フィルムの作製]

[(A)ベースポリマー；(メタ)アクリルポリマー(A-1)の作製]

攪拌機、冷却管、ガス導入管、滴下ろうと、及び温度計を備えたフラスコに、プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート46質量部及び乳酸メチル23質量部を秤量

50

し、窒素ガスを導入しながら撈拌を行った。液温を65 に上昇させ、メチルメタクリレート47質量部、ブチルアクリレート33質量部、2-ヒドロキシエチルメタクリレート16質量部、メタクリル酸14質量部、2,2'-アゾビス(2,4-ジメチルバレロニトリル)3質量部、プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート46質量部、及び乳酸メチル23質量部の混合物を3時間かけて滴下後、65 で3時間撈拌し、さらに95 で1時間撈拌を続けて、(メタ)アクリルポリマー(A-1)溶液(固形分45質量%)を得た。

【0035】

[重量平均分子量の測定]

(A-1)の重量平均分子量(標準ポリスチレン換算)をGPC(東ソー(株)製「SD-8022」、「DP-8020」、及び「RI-8020」)を用いて測定した結果、 3.9×10^4 であった。なお、カラムは日立化成工業(株)製「Gel pack GL-A150-S」及び「Gel pack GL-A160-S」を使用した。

10

[酸価の測定]

(A-1)の酸価を測定した結果、79mg KOH/gであった。なお、酸価は(A-1)溶液を中和するのに要した0.1mol/L水酸化カリウム水溶液量から算出した。このとき、指示薬として添加したフェノールフタレインが無色からピンク色に変色した点を中和点とした。

【0036】

[クラッド層形成用樹脂ワニスAの調合]

(A)ベースポリマーとして、前記A-1溶液(固形分45質量%)84質量部(固形分38質量部)、(B)光硬化成分として、ポリエステル骨格を有するウレタン(メタ)アクリレート(新中村化学工業(株)製「U-200AX」)33質量部、及びポリプロピレングリコール骨格を有するウレタン(メタ)アクリレート(新中村化学工業(株)製「UA-4200」)15質量部、(C)熱硬化成分として、ヘキサメチレンジイソシアネートのイソシアヌレート型三量体をメチルエチルケトンオキシムで保護した多官能ブロックイソシアネート溶液(固形分75質量%) (住化バイエルウレタン(株)製「スミジュールBL3175」)20質量部(固形分15質量部)、(D)光重合開始剤として、1-[4-(2-ヒドロキシエトキシ)フェニル]-2-ヒドロキシ-2-メチル-1-プロパン-1-オン(チバ・ジャパン(株)製「イルガキュア2959」)1質量部、

20

30

ビス(2,4,6-トリメチルベンゾイル)フェニルホスフィンオキシド(チバ・ジャパン(株)製「イルガキュア819」)1質量部、及び希釈用有機溶剤としてプロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート23質量部を撈拌しながら混合した。孔径2 μ mのポリフロンフィルタ(アドバンテック東洋(株)製「PF020」)を用いて加圧濾過後、減圧脱泡し、クラッド層形成用樹脂ワニスAを得た。

上記で得られたクラッド層形成用樹脂ワニスAを、PETフィルム(東洋紡績(株)製「コスモシャインA4100」、厚み50 μ m)の非処理面上に、塗工機(マルチコーターTM-MC、株式会社ヒラノテクシード製)を用いて塗布し、100 で20分乾燥後、保護フィルムとして表面離型処理PETフィルム(帝人デュボンフィルム(株)製「ピュレックスA31」、厚み25 μ m)を貼付け、クラッド層形成用樹脂フィルムを得た。

40

【0037】

[コア層形成用樹脂フィルムの作製]

(A)ベースポリマーとして、フェノキシ樹脂(商品名:フェノトートYP-70、東都化成(株)製)26質量部、(B)光重合性化合物として、9,9-ビス[4-(2-

50

アクリロイルオキシエトキシ)フェニル]フルオレン(商品名:A-BPEF、新中村化学工業(株)製)36質量部、及びビスフェノールA型エポキシアクリレート(商品名:EA-1020、新中村化学工業(株)製)36質量部、(C)光重合開始剤として、ビス(2,4,6-トリメチルベンゾイル)フェニルフォスフィンオキサイド(商品名:イルガキュア819、チバ・ジャパン(株)社製)1質量部、及び1-[4-(2-ヒドロキシエトキシ)フェニル]-2-ヒドロキシ-2-メチル-1-プロパン-1-オン(商品名:イルガキュア2959、チバ・ジャパン(株)製)1質量部、有機溶剤としてプロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート40質量部を用いたこと以外は上記クラッド層形成用樹脂ワニスAの製造例と同様の方法及び条件でコア層形成用樹脂ワニスBを調合した。その後、上記クラッド層形成用樹脂ワニスAの製造例と同様の方法及び条件で加圧濾過し、さらに減圧脱泡した。

10

上記で得られたコア層形成用樹脂ワニスBを、PETフィルム(商品名:コスモシャインA1517、東洋紡績(株)製、厚さ:16 μ m)の非処理面上に、上記製造例と同様な方法で塗布乾燥し、次いで保護フィルムとして離型PETフィルム(商品名:ビューレックスA31、帝人デュポンフィルム(株)製、厚さ:25 μ m)を離型面が樹脂側になるように貼り付け、コア層形成用樹脂フィルムを得た。このとき樹脂層の厚みは、塗工機のギャップを調節することで任意に調整可能であり、本実施例では使用したコア層形成用樹脂フィルム厚みに付いては、以下の各実施例中に記載する。実施例中に記載するコア層形成用樹脂フィルムの膜厚は塗工後の膜厚とする。

20

【0038】

[基板の作製]

(サブトラクティブ法による電気配線形成)

金属層102として片面銅箔付きのポリイミドフィルム101((ポリイミド;ユープレックスVT(宇部日東化成(株)製)、厚み;25 μ m)、(銅箔;NA-DFE(三井金属鉱業(株)製))、厚み;9 μ m)(図1(a)-1、図2(c)-1参照)の銅箔面に感光性ドライフィルムレジスト(商品名:フォテック、日立化成工業(株)製、厚さ:25 μ m)をロールラミネータ(日立化成テクノプラント(株)製、HLM-1500)を用い圧力0.4MPa、温度110、ラミネート速度0.4m/minの条件で貼り、次いで紫外線露光機((株)オーク製作所製、EXM-1172)にて感光性ドライフィルムレジスト側から幅50 μ mのネガ型フォトマスクを介し、紫外線(波長365nm)を120mJ/cm²照射し、未露光部分の感光性ドライフィルムレジストを35

30

の0.1~5重量%炭酸ナトリウムの希薄溶液で除去した。その後、塩化第二鉄溶液を用いて、感光性ドライフィルムレジストが除去されむき出しになった部分の銅箔をエッチングにより除去し、35の1~10重量%水酸化ナトリウム水溶液を用いて、露光部分の感光性ドライフィルムレジストを除去し、L(ライン幅)/S(間隙幅)=60/65 μ mの電気配線103を形成しフレキシブル配線板を得た。

【0039】

(Ni/Auめっきの形成)

その後、フレキシブル配線板を、脱脂、ソフトエッチング、酸洗浄し、無電解Niめっき増感剤(商品名:SA-100、日立化成工業(株)製)に25で5分間浸漬後水洗し、83の無電解Niめっき液(奥野製薬(株)製、ICPニコロンGM-SD溶液、pH4.6)に8分間浸漬して3 μ mのNi被膜を形成し、その後、純水にて洗浄を実施した。

40

次に、置換金めっき液(100mL;HGS-500及び1.5g;シアン化金カリウム/Lで建浴)(商品名:HGS-500、日立化成工業(株)製、)に85で8分間浸漬し、Ni被膜上に0.06 μ mの置換金被膜を形成した。これにより、カバーレイフィルムのない電気配線103部分が、Ni及びAuのめっきに被覆されたフレキシブル配線板を得た(図1(a)-2、図2(c)-2参照)。

接着層2として上記で得られた10 μ m厚のクラッド層形成用樹脂フィルムを大きさ100x100mmに裁断し、保護フィルムである離型PETフィルム(ビューレックスA

50

31) を剥離し、上記で形成したフレキシブル配線板のポリイミド面に、平板型ラミネータとして真空加圧式ラミネータ(株)名機製作所製、MVL P - 500) を用い、500 Pa 以下に真空引きした後、圧力 0.4 MPa、温度 100、加圧時間 30 秒の条件にて加熱圧着して、第 2 下部クラッド層 201 付きの電気配線板を形成した。紫外線露光機(株)製作所製、EXM - 1172) にてキャリアフィルム側から紫外線(波長 365 nm) を 4 J / cm² 照射し、次いでキャリアフィルムを剥離し、170 で 1 時間加熱処理することにより、厚さ 10 μm の第 2 下部クラッド層 201 付きの基板 1 を形成した(図 1(a) - 3、図 2(c) - 3 参照)。

【0040】

[光ファイバコネクタの作製]

上記で得られた 15 μm 厚の下部クラッド層形成用樹脂フィルムを大きさ 100 × 100 μm に裁断し、保護フィルムを剥離して、第 2 下部クラッド層 201 面側に上記と同様の条件で、真空ラミネータによって積層した。95 μm × 3.0 mm × 4 本の非露光部を有したネガ型フォトマスクを介し、紫外線露光機(株)オーク製作所製、EXM - 1172) にてキャリアフィルム側から紫外線(波長 365 nm) を 250 mJ / cm² 照射した。その後、キャリアフィルムを剥離し、現像液(1%炭酸カリウム水溶液)を用いて、第 1 下部クラッド層 3 をエッチングした。続いて、水洗浄し、170 で 1 時間加熱乾燥及び硬化し、光ファイバ溝形成部分に 95 μm × 3.0 mm の開口部を形成した第 1 下部クラッド層 3 付きの基板 1 を作製した(図 1(a) - 4、図 2(c) - 4、図 2(d) - 4 参照)。これにより、光導波路 20 形成部分には、第 1 下部クラッド層 3 が形成され、光ファイバを搭載する溝 8 部分には、第 1 下部クラッド層 3 が無い状態となっている。

【0041】

次に、上記の第 1 下部クラッド層 3 面にロールラミネータ(日立化成テクノプラント(株)製、HLM - 1500) を用い圧力 0.4 MPa、温度 50、ラミネート速度 0.2 m / min の条件で、保護フィルムを剥離した 50 μm 厚の上記コア層形成用樹脂フィルムをラミネートし、次いで上記の真空加圧式ラミネータ(株)名機製作所製、MVL P - 500) を用い、500 Pa 以下に真空引きした後、圧力 0.4 MPa、温度 70、加圧時間 30 秒の条件にて加熱圧着した。その後、光信号伝達用コアパターン幅 50 μm (光ファイバ接続部分のパターンピッチ; 125 μm、光路変換ミラー形成部(光ファイバ接続部分より 5 mm 地点)のパターンピッチ; 250 μm、4 本)、ファイバガイド用コアパターン幅 40 μm (ファイバ溝ピッチ; 125 μm、4 本、両端のファイバガイド用コアパターンのみ 150 μm) のネガ型フォトマスクを介し、光信号伝達用コアパターン 4 が第 1 下部クラッド層 3 上に、ファイバガイド用コアパターン 5 によって形成される溝 8 が基板 1 (第 2 下部クラッド層 201) 上に形成されるように位置合わせをし、上記紫外線露光機にて紫外線(波長 365 nm) を 700 mJ / cm² 照射し、次いで 80

で 5 分間露光後加熱を行った。その後、キャリアフィルムである PET フィルムを剥離し、現像液(プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート/N, N - ジメチルアセトアミド = 8 / 2、質量比)を用いて、コアパターンをエッチングした。続いて、洗浄液(イソプロパノール)を用いて洗浄し、100 で 10 分間加熱乾燥し、光信号伝達用コアパターン 4 及びファイバガイド用コアパターン 5 を形成し、同時に 85 μm 幅の溝 8 が形成された。なお、ファイバガイド用コアパターン 5 における各パターンの大きさは、光ファイバを溝 8 に固定した際に、光ファイバが光信号伝達用コアパターン 4 に光信号を送受可能な位置に接合するように設計されている(図 1(a) - 5、図 1(b) - 5、図 2(c) - 5、図 2(d) - 5、図 2(e) 参照)。

【0042】

次いで、保護フィルムを剥離した 85 μm 厚の上部クラッド層樹脂フィルムをコアパターン形成面側から上記の真空加圧式ラミネータ(株)名機製作所製、MVL P - 500) を用い、500 Pa 以下に真空引きした後、圧力 0.4 MPa、温度 110、加圧時間 30 秒の条件にて加熱圧着して、ラミネートした。さらに、第 1 下部クラッド層 3 形成の際に使用したネガ型フォトマスクを使用して紫外線(波長 365 nm) を 150 mJ /

10

20

30

40

50

cm^2 照射後、キャリアフィルムを剥離し、現像液（1%炭酸カリウム水溶液）を用いて、溝8部分の上部クラッド層形成用樹脂フィルムをエッチングした。続いて、水洗浄し、170 で1時間加熱乾燥及び硬化した。

以上のようにして、125 μm ピッチ、ファイバ径80 μm 、4チャンネル用の光ファイバコネクタを作製した。

得られた光ファイバコネクタにおいて、ファイバガイド用コアパターン5の溝8の横幅は85 μm 、ファイバガイド用コアパターン5の高さ（第2下部クラッド層201表面からの高さ）は64 μm 、基板面から上部クラッド層上面までの高さは85.5 μm 、光信号伝達用コアパターン4の厚みは50 μm であった（図1（a）-6、図1（b）-6、図2（c）-6、図2（d）-6参照）。

【0043】

（スリット溝の形成）

得られた光導波路20の光ファイバ接続端面を平滑化するためにダイシングソー（DAC552、（株）ディスコ社製）を用いて40 μm 幅のスリット溝9を形成した（図1（a）-7、図1（b）-7参照）。併せて、ファイバガイド用コアパターンに対して平行に基板を切断し（光導波路端面から3mm地点）、基板端面に光ファイバ搭載用の溝8が現れるように外形加工を行った。

【0044】

（光路変換ミラーの形成）

得られた光導波路20の上部クラッド層6側からダイシングソー（DAC552、（株）ディスコ社製）を用いて45°の光路変換ミラー11を形成した（図1（a）-7、図1（b）-7参照）。次いでミラー形成部分を開口させたメタルマスクをミラー付きの光ファイバコネクタに設置し、蒸着装置（RE-0025、ファースト技研製）を用いて蒸着金属層12としてAuを0.5 μm 蒸着させた（図1（a）-8、図1（b）-8、図1参照）。

【0045】

（蓋材の形成）

ポリイミドフィルム（ユーピレックスRN（宇部日東化成（株）製）、厚み；25 μm ）上に蓋材の接着層701として上記で得られた10 μm 厚のクラッド層形成用樹脂フィルムの保護フィルムを剥離して、上記と同様の条件で、真空ラミネータによって積層し、接着層701付きの蓋材7を形成した。次に、蓋材7に積層したクラッド層形成用樹脂フィルムのキャリアフィルムを剥離し、上記の光ファイバコネクタの上部クラッド層6形成面側から、上記と同様の条件で、真空ラミネータによって加熱圧着した。次いで、180、1時間加熱硬化し、蓋材7付きの光ファイバコネクタを形成した。

光ファイバ搭載用の溝8の基板1（第2下部クラッド層201）表面から蓋材7の底面（蓋材の接着層701の底面）までの高さは、82 μm であった（図1（a）-9、（b）-9、（c）-7及び（d）-7参照）。

【0046】

以上のようにして得られた光ファイバコネクタの溝8及び蓋材7で形成された空間部に、125 μm ピッチ、4チャンネルの光ファイバ30（コア径；50 μm 、クラッド径；80 μm ）を差し込んだところ、光導波路20の光信号伝達用コアパターン5の光伝達面に接合し、光ファイバ30から光信号を伝達することが可能であり、かつ、光ファイバ30が位置ずれすることもなかった。

【産業上の利用可能性】

【0047】

以上詳細に説明したように、本発明の光ファイバコネクタは、基板によらずに光ファイバと光導波路コアとの位置合わせが容易で、光ファイバの位置ずれがしにくい。しかも、光ファイバを溝と蓋材により形成される空間に差し込むだけで光ファイバと光導波路を簡易に結合させることができる。

このため、光ファイバ用の光電気変換基板等として有用である。

10

20

30

40

50

【符号の説明】

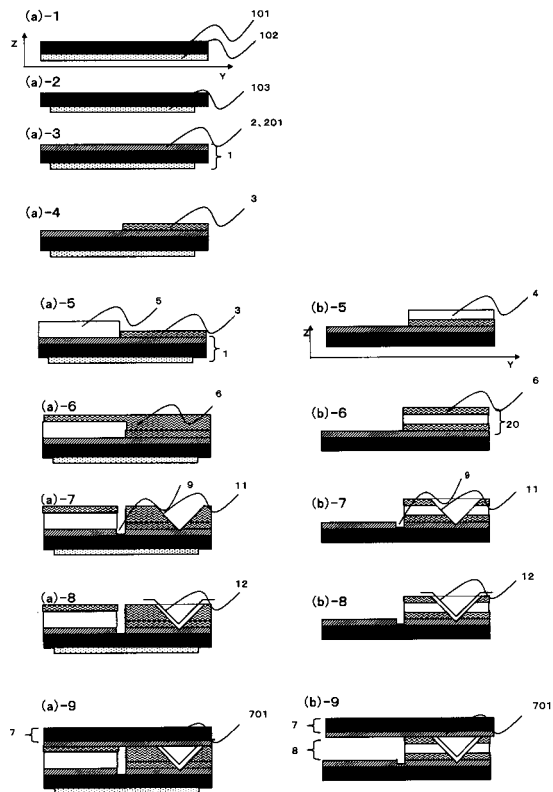
【0048】

- 1 . 基板
- 101 . ポリイミドフィルム
- 102 . 金属層
- 103 . 金属配線、電気配線
- 2 . 接着層
- 201 . 下部クラッド層（第2下部クラッド層）
- 3 . 下部クラッド層（第1下部クラッド層）
- 4 . 光信号伝達用コアパターン
- 5 . ファイバガイド用コアパターン
- 6 . 上部クラッド層
- 7 . 蓋材
- 701 . （蓋材用）接着層
- 8 . 溝（ファイバ溝）
- 9 . スリット溝
- 10 . 光ファイバガイド部材
- 11 . 光路変換ミラー
- 12 . 蒸着金属層
- 20 . 光導波路
- 30 . 光ファイバ

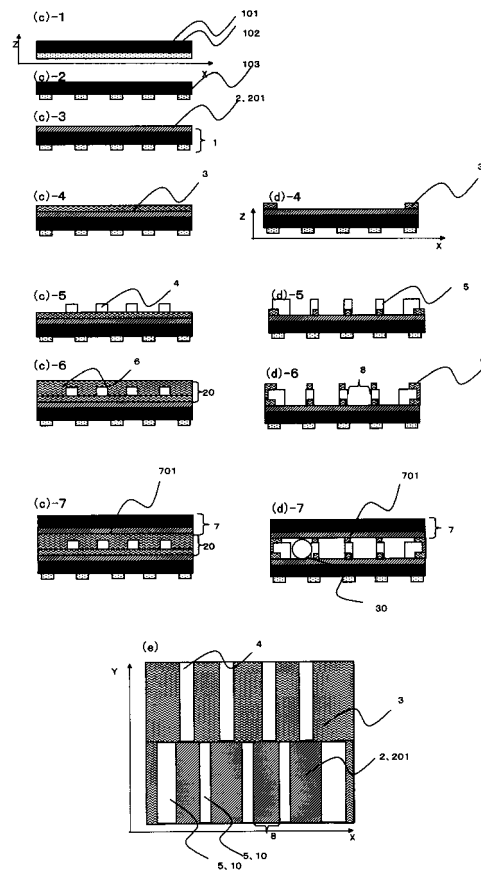
10

20

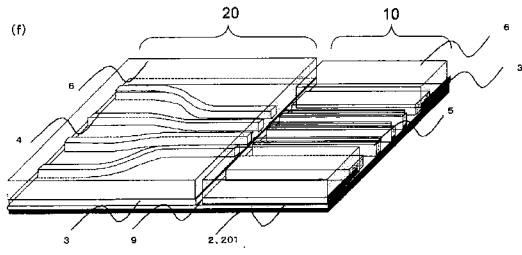
【図1】



【図2】



【 図 3 】



フロントページの続き

(72)発明者 八木 成行
茨城県つくば市和台4-8 日立化成工業株式会社内

(72)発明者 柴田 智章
茨城県つくば市和台4-8 日立化成工業株式会社内

(72)発明者 青木 宏真
茨城県筑西市小川1-5-00番地 日立化成工業株式会社内

(72)発明者 内ヶ崎 雅夫
茨城県つくば市和台4-8 日立化成工業株式会社内

Fターム(参考) 2H137 AB09 BA04 BA55 BA58 BC51 CA12A CA25A CA34 CA73 CA74
CA75 CA76 CA77 CA78 CC01 EA02 EA04
2H147 AB31 BA02 BD05 BG06 CA02 CB01 CC02 CC12 CD02 EA10C
EA13C EA14C EA15C EA16A EA16B EA16C EA16D FC01 FC08