

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7031124号

(P7031124)

(45)発行日 令和4年3月8日(2022.3.8)

(24)登録日 令和4年2月28日(2022.2.28)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B	6/26 (2006.01)	G 0 2 B	6/26
G 0 2 B	6/122(2006.01)	G 0 2 B	6/122
G 0 2 B	6/30 (2006.01)	G 0 2 B	6/30
G 0 2 B	6/42 (2006.01)	G 0 2 B	6/42

請求項の数 10 (全16頁)

(21)出願番号	特願2017-36971(P2017-36971)	(73)特許権者	000002141 住友ベークライト株式会社 東京都品川区東品川2丁目5番8号
(22)出願日	平成29年2月28日(2017.2.28)	(74)代理人	100091292 弁理士 増田 達哉
(65)公開番号	特開2018-141909(P2018-141909 A)	(74)代理人	100091627 弁理士 朝比 一夫
(43)公開日	平成30年9月13日(2018.9.13)	(72)発明者	木下 遼太 東京都品川区東品川2丁目5番8号 住 友ベークライト株式会社内
審査請求日	令和2年1月21日(2020.1.21)	(72)発明者	尾張 洋史 東京都品川区東品川2丁目5番8号 住 友ベークライト株式会社内
		(72)発明者	兼田 幹也 東京都品川区東品川2丁目5番8号 住 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光導波路、光導波路接続体および電子機器

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

コア部と、前記コア部の側面に隣接する側面クラッド部と、を含み、互いに表裏の関係にある第1主面および第2主面を有するコア層と、前記第1主面に積層されている第1クラッド層と、を有し、
前記コア層は、樹脂材料で構成されており、
前記コア部のベースポリマーと前記側面クラッド部のベースポリマーとが同じであり、
前記第2主面は、前記コア部に対応するコア対応部分と、前記側面クラッド部に対応するクラッド対応部分と、を含み、前記コア対応部分が他の光学部品と結合する光結合面であり、
前記コア対応部分は、前記クラッド対応部分よりも前記コア層の厚さ方向に突出しており、
前記コア対応部分の突出長さを $L2$ とし、前記コア部の厚さを t としたとき、 $L2/t$ が $0.01 \sim 20\%$ であることを特徴とする光導波路。

【請求項2】

前記他の光学部品と前記光結合面との結合は、アディアバティック結合である請求項1に記載の光導波路。

【請求項3】

さらに、前記第2主面に積層されている第2クラッド層を有し、
前記第2クラッド層の端面は、前記コア部の端面よりも後退している請求項1または2に

記載の光導波路。

【請求項 4】

前記コア部の平均幅を 1 としたとき、前記第 2 クラッド層の端面の後退長さ L 1 は、1 0 ~ 1 0 0 0 0 である請求項 3 に記載の光導波路。

【請求項 5】

前記第 2 主面のうち、前記第 2 クラッド層が積層されていない部分が露出している請求項 4 に記載の光導波路。

【請求項 6】

前記コア層の屈折率分布は、前記コア部の幅方向において屈折率が連続的に変化している分布である請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の光導波路。

10

【請求項 7】

さらに、前記第 1 クラッド層の前記コア層とは反対側に積層されている支持層を有する請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の光導波路。

【請求項 8】

前記コア部の導波モードは、シングルモードである請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の光導波路。

【請求項 9】

請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 項に記載の光導波路と、前記光導波路と光学的に接続されている光学部品と、を有することを特徴とする光導波路接続体。

20

【請求項 10】

請求項 9 に記載の光導波路接続体を備えることを特徴とする電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光導波路、光導波路接続体および電子機器に関するものである。

【背景技術】

【0002】

光導波路が形成されているシリコン基板と、光ファイバー等の光配線と、を光学的に接続するとき、これらの中に光導波路を介在させる方法が知られている。光導波路を介在させることにより、シリコン基板における光入出射点を光導波路によって誘導することができるので、機能素子と光配線との光接続を容易に行うことができる。

30

【0003】

例えば、特許文献 1 には、ポリマー上に形成されたポリマー導波路アレイと、シリコンチップ上に形成されたシリコン導波路アレイと、の間において、染み出し光（エバネッセント光）を捉えて光接続するアディアバティック結合によって光接続する構造が開示されている。また、特許文献 1 には、ポリマー上に形成された凸部とシリコンチップ上に形成された凹部とを組み合わせることで、双方を自己整列させることが開示されている。これにより、ポリマー導波路アレイとシリコン導波路アレイとを精度よく整列させることができるので、アディアバティック結合において発生する損失を抑えることができる。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2 0 1 4 - 8 1 5 8 6 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

一方、ポリマー導波路アレイとシリコン導波路アレイとを光接続する場合、接続界面の状態によって損失が発生する。このため、さらに光結合効率を高めることが求められている。

【0006】

50

本発明の目的は、他の光学部品との間で良好な光結合効率を実現可能な光導波路、かかる光導波路と他の光学部品とが良好な光結合効率で接続されている信頼性の高い光導波路接続体、およびかかる光導波路接続体を備えた信頼性の高い電子機器を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

このような目的は、下記(1)～(10)の本発明により達成される。

(1) コア部と、前記コア部の側面に隣接する側面クラッド部と、を含み、互いに表裏の関係にある第1主面および第2主面を有するコア層と、

前記第1主面に積層されている第1クラッド層と、

を有し、

前記コア層は、樹脂材料で構成されており、

前記コア部のベースポリマーと前記側面クラッド部のベースポリマーとが同じであり、

前記第2主面は、前記コア部に対応するコア対応部分と、前記側面クラッド部に対応するクラッド対応部分と、を含み、前記コア対応部分が他の光学部品と結合する光結合面であり、

前記コア対応部分は、前記クラッド対応部分よりも前記コア層の厚さ方向に突出しており、前記コア対応部分の突出長さを L_2 とし、前記コア層の厚さを t としたとき、 L_2/t が $0.01 \sim 20\%$ であることを特徴とする光導波路。

【0008】

(2) 前記他の光学部品と前記光結合面との結合は、アディアバティック結合である上記(1)に記載の光導波路。

【0009】

(3) さらに、前記第2主面に積層されている第2クラッド層を有し、前記第2クラッド層の端面は、前記コア部の端面よりも後退している上記(1)または(2)に記載の光導波路。

【0010】

(4) 前記コア部の平均幅を1としたとき、前記第2クラッド層の端面の後退長さ L_1 は、 $10 \sim 10000$ である上記(3)に記載の光導波路。

【0011】

(5) 前記第2主面のうち、前記第2クラッド層が積層されていない部分が露出している上記(4)に記載の光導波路。

【0012】

(6) 前記コア層の屈折率分布は、前記コア部の幅方向において屈折率が連続的に変化している分布である上記(1)ないし(5)のいずれかに記載の光導波路。

【0013】

(7) さらに、前記第1クラッド層の前記コア層とは反対側に積層されている支持層を有する上記(1)ないし(6)のいずれかに記載の光導波路。

【0014】

(8) 前記コア部の導波モードは、シングルモードである上記(1)ないし(7)のいずれかに記載の光導波路。

【0015】

(9) 上記(1)ないし(8)のいずれかに記載の光導波路と、

前記光導波路と光学的に接続されている光学部品と、

を有することを特徴とする光導波路接続体。

(10) 上記(9)に記載の光導波路接続体を備えることを特徴とする電子機器。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、他の光学部品との間で良好な光結合効率を実現可能な光導波路が得られる。

【0017】

10

20

30

40

50

また、本発明によれば、上記光導波路と他の光学部品とが良好な光結合効率で接続されている信頼性の高い光導波路接続体が得られる。

【0018】

また、本発明によれば、上記光導波路接続体を備えた信頼性の高い電子機器が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の光導波路接続体の実施形態を示す斜視図である。

【図2】図1に示す光導波路接続体と光ファイバーとを接続する様子を示す斜視図である。

【図3】図1に示す光導波路接続体の縦断面図である。

【図4】図3に示す光導波路接続体の部分拡大図である。

10

【図5】図4に示す光導波路接続体に含まれる光導波路の上面の平面図である。

【図6】図4に示す光導波路接続体を作製する様子を示す縦断面図である。

【図7】図4に示す光導波路接続体を示す縦断面図である。

【図8】図7に示す光導波路接続体の変形例を示す縦断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本発明の光導波路、光導波路接続体および電子機器について添付図面に示す好適実施形態に基づいて詳細に説明する。

【0021】

<光導波路接続体>

20

まず、本発明の光導波路接続体の実施形態について説明する。

【0022】

図1は、本発明の光導波路接続体の実施形態を示す斜視図であり、図2は、図1に示す光導波路接続体と光ファイバーとを接続する様子を示す斜視図であり、図3は、図1に示す光導波路接続体の縦断面図であり、図4は、図3に示す光導波路接続体の部分拡大図である。なお、以下の説明では、説明の便宜上、図3、4の上方を「上」、下方を「下」として説明する。

【0023】

図1に示す光導波路接続体10は、光導波路1（本発明の光導波路の実施形態）と、光導波路1の端部に設けられた光コネクタ5と、光インターポージャー2（光学部品）と、実装基板3と、を有している。

30

【0024】

図1に示す光導波路1は、長尺状でかつシート状をなしている。この光導波路1では、長手方向の一端と他端との間で光信号を伝送することができる。

【0025】

このような光導波路1は、図4に示すように、第1クラッド層11、コア層13および第2クラッド層12が下方からこの順で積層された積層体を備えている。なお、本明細書では、図3、4におけるコア層13の互いに表裏の関係にある2つの主面のうち、下面を「下面103（第1主面）」といい、上面を「上面104（第2主面）」ともいう。

【0026】

40

また、図5は、図4に示す光導波路接続体に含まれる光導波路の上面の平面図である。図5に示すように、コア層13には、並列に設けられた8本の長尺状のコア部14と、各コア部14の側面に隣接する側面クラッド部15と、が含まれている。コア部14は、クラッド部（側面クラッド部15、第1クラッド層11および第2クラッド層12）で囲まれており、コア部14に光を閉じ込めて伝搬させることができる。すなわち、これらのコア部14が、光導波路1において光信号を伝送する伝送路として機能する。そして、各コア部14の右端面102は、図2に示す光ファイバー9等が接続されたとき、光導波路1の右端において光信号を入出射させるための光入出射面となる。

【0027】

一方、コア層13の上面104のうち、左端面101近傍の部分（以下、この部分を「左

50

上面 105」という。)には、第2クラッド層12が積層されていない。そして、左上面105上に光インターポージャー2が接するように設けられている。これにより、左上面105において、コア部14と光インターポージャー2との間でアディアバティック結合が形成される。このアディアバティック結合は、染み出し光(エバネッセント光)を介して光学的に接続されていることをいう。その結果、光導波路1と光インターポージャー2との間で光信号を相互に伝送させることができる。

【0028】

よって、光導波路接続体10は、光導波路1と、光導波路1と光学的に接続されている光インターポージャー2と、を有している。

【0029】

そして、本実施形態に係る光導波路1では、後に詳述するように、コア層13の上面104のうち、コア部14に対応する部分が、側面クラッド部15に対応する部分よりも突出している。これにより、光導波路1と光インターポージャー2との光結合効率をより高めることができる。その結果、信頼性の高い光導波路接続体10が得られる。

【0030】

以下、光導波路接続体10についてさらに詳述する。

(光導波路)

図6は、図4に示す光導波路と光インターポージャー(光学部品)とを積層して光導波路接続体を作製する様子を示す縦断面図である。また、図7は、図4に示す光導波路接続体を示す縦断面図である。なお、図6、7では、説明の便宜のため、図5に示す8本のコア部14のうち、1本のコア部14とそれに付随する2本の側面クラッド部15のみを部分的に図示し、それ以外のコア部14や側面クラッド部15については図示を省略している。

【0031】

コア部14は、前述したように、クラッド部(側面クラッド部15、第1クラッド層11および第2クラッド層12)で囲まれており、コア部14に光を閉じ込めて伝搬させることができる。

【0032】

コア層13の横断面における屈折率分布は、いかなる分布であってもよい。この屈折率分布は、屈折率が不連続的に変化したいわゆるステップインデックス(SI)型の分布であってもよいが、少なくともコア部14の幅方向の屈折率が連続的に変化したいわゆるグレーデッドインデックス(GI)型の分布であるのが好ましい。これにより、多少の製造バラツキがあっても光結合損失に影響し難くなるため、製造条件によらずコア部14の光伝送効率が向上するとともに、光導波路1と光インターポージャー2との光結合効率が向上する。

【0033】

また、光導波路1やその中に形成されているコア部14は、それぞれ平面視で直線状であっても曲線状であってもよい。さらに、光導波路1やその中に形成されているコア部14は、それぞれ途中で分岐または交差していてもよい。

【0034】

また、コア部14の横断面形状は特に限定されず、例えば、真円、楕円形、長円形等の円形、三角形、四角形、五角形、六角形等の多角形であってもよいが、四角形(矩形状)であることにより、コア部14を形成し易い利点がある。

【0035】

一方、コア部14の導波モードは、マルチモードであってもよいが、シングルモードであるのが好ましい。これにより、エバネッセント光を利用したアディアバティック結合にて、高効率で結合できる。また、導波モードがシングルモードである光学部品に対して良好な光結合効率での光接続が可能な光導波路1が得られる。

【0036】

コア部14の幅および高さ(コア層13の厚さ)は、特に限定されないが、それぞれ1~15 μm 程度であるのが好ましく、2~12 μm 程度であるのがより好ましく、3~10

10

20

30

40

50

μm 程度であるのがさらに好ましい。これにより、伝送効率の低下を抑えることができる。また、コア部14の幅および高さを前記範囲内に設定することにより、コア部14の導波モードをシングルモードにし易くなる。

【0037】

また、図5に示すように複数のコア部14が並列しているとき、コア部14同士の間位置する側面クラッド部15の幅は、特に限定されないものの、 $0.5 \sim 250 \mu\text{m}$ 程度であるのが好ましく、 $1 \sim 200 \mu\text{m}$ 程度であるのがより好ましく、 $2 \sim 125 \mu\text{m}$ 程度であるのがさらに好ましい。これにより、コア部14同士の間で光信号が混在（クロストーク）するのを防止しつつコア部14の狭ピッチ化を図ることができる。

【0038】

一方、コア部14とクラッド部（側面クラッド部15、第1クラッド層11および第2クラッド層12）との屈折率差は、特に限定されないが、 $0.001 \sim 0.05$ 程度であるのが好ましく、 $0.002 \sim 0.02$ 程度であるのがより好ましく、 $0.003 \sim 0.01$ 程度であるのがさらに好ましい。これにより、コア部14の伝送効率を十分に高めることができ、信頼性の高い光導波路接続体10が得られる。すなわち、光導波路接続体10の低消費電力化、高速化および小型化を図ることができる。また、屈折率差を前記範囲内に設定することにより、コア部14の導波モードをシングルモードにし易くなる。

【0039】

また、光導波路1中に形成されるコア部14の数は、特に限定されないが、 $1 \sim 100$ 本程度であるのが好ましい。なお、コア部14の数が多き場合は、必要に応じて、光導波路1を多層化してもよい。具体的には、図4に示す第2クラッド層12の上に、さらにコア層とクラッド層とを交互に重ねることによって多層化することができる。

【0040】

上述したようなコア層13の構成材料（主材料）としては、例えば、アクリル系樹脂、メタクリル系樹脂、ポリカーボネート、ポリスチレン、エポキシ系樹脂やオキセタン系樹脂のような環状エーテル系樹脂、ポリアミド、ポリイミド、ポリベンゾオキサゾール、ポリシラン、ポリシラザン、シリコーン系樹脂、フッ素系樹脂、ポリウレタン、ポリオレフィン系樹脂、ポリブタジエン、ポリイソプレン、ポリクロロプレン、PETやPBTのようなポリエステル、ポリエチレンサクシネート、ポリサルフォン、ポリエーテル、ベンゾシクロブテン系樹脂やノルボルネン系樹脂等の環状オレフィン系樹脂のような成分をベースポリマーとした各種樹脂材料の他、石英ガラス、ホウケイ酸ガラスのような各種ガラス材料等が挙げられる。なお、樹脂材料は、異なる組成のものを組み合わせた複合材料やポリマーアロイであってもよい。

【0041】

また、第1クラッド層11および第2クラッド層12の構成材料としては、例えば、前述したコア層13の構成材料と同様の材料を用いることができるが、特に（メタ）アクリル系樹脂、エポキシ系樹脂、シリコーン系樹脂、ポリイミド系樹脂、フッ素系樹脂、およびポリオレフィン系樹脂からなる群から選択される少なくとも1種であるのが好ましい。

【0042】

なお、光導波路1は、樹脂材料で構成されているのが好ましい。これにより、光導波路1は、安価で、かつ、可撓性および軽量性に富んだものとなり、取り扱いや実装作業の容易化が図られる。

【0043】

また、図4に示す光導波路1は、第2クラッド層12の上面に積層されているカバー層17を備えている。

【0044】

カバー層17の構成材料としては、例えば、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリエチレン、ポリプロピレンのようなポリオレフィン、ポリイミド、ポリアミド等の各種樹脂材料、石英ガラス、ホウケイ酸ガラスのような各種ガラス材料等が挙げられる。

【0045】

10

20

30

40

50

カバー層 17 の平均厚さは、特に限定されないが、 $5 \sim 500 \mu\text{m}$ 程度であるのが好ましく、 $10 \sim 400 \mu\text{m}$ 程度であるのがより好ましい。これにより、カバー層 17 は、適度な剛性を有するものとなるため、コア層 13 を確実に支持するとともに、外力や外部環境からコア層 13 および第 2 クラッド層 12 を確実に保護することができる。

なお、カバー層 17 は、必要に応じて設けられればよく、省略されていてもよい。

【0046】

一方、図 4 に示す光導波路 1 は、第 1 クラッド層 11 の下面（コア層 13 とは反対側）に積層されている支持層 16 を備えている。これにより、コア層 13 が支持層 16 によって補強されるため、信頼性の高い光導波路 1 が得られる。

【0047】

支持層 16 の構成材料としては、特に限定されないが、カバー層 17 の構成材料として挙げたものから選択可能である。

【0048】

支持層 16 の平均厚さは、特に限定されないが、 $10 \sim 3000 \mu\text{m}$ 程度であるのが好ましく、 $20 \sim 1500 \mu\text{m}$ 程度であるのがより好ましい。これにより、光導波路 1 が厚くなり過ぎるのを防止しつつ、支持層 16 の上述した機能が十分に発揮される。

なお、支持層 16 は、必要に応じて設けられればよく、省略されていてもよい。

【0049】

また、支持層 16 と第 1 クラッド層 11 との間、および、カバー層 17 と第 2 クラッド層 12 との間には、それぞれ、必要に応じて任意の層が介挿されていてもよい。

【0050】

一方、コア層 13 の上面 104 に積層されている第 2 クラッド層 12 は、必ずしも設けられる必要はなく、省略されてもよい。しかしながら、図 4 に示すように第 2 クラッド層 12 が設けられることによって、例えば光導波路 1 が光ファイバーと接続されるとき、光ファイバーとの結合効率が向上するとともに、コア部 14 を外力や外部環境から保護することができる。よって、光導波路 1 の信頼性をより高めることができる。

【0051】

また、図 4 に示す光導波路 1 では、前述したように、コア層 13 の上面 104 のうち、左上面 105 には第 2 クラッド層 12 が積層されていない。すなわち、図 4 に示す光導波路 1 では、第 2 クラッド層 12 の左端面 121 が、コア層 13 の左端面 101 よりも右側に後退している。この第 2 クラッド層 12 の後退により、光導波路 1 に対して光インターポージャー 2 を配置するとき、第 2 クラッド層 12 と光インターポージャー 2 との干渉が避けられることとなる。このため、光導波路 1 と光インターポージャー 2 とを配置し易くなり、左上面 105 以外では第 2 クラッド層 12 によってコア部 14 を確実に保護しつつ、光導波路 1 と光インターポージャー 2 との接続性を高めることができる。

【0052】

また、コア層 13 の上面 104 が露出することによって、コア部 14 も露出するため、コア部 14 と光インターポージャー 2 との距離を近づけることができる。これにより、両者の間での光結合効率をより高めることができる。

【0053】

なお、コア部 14 の長手方向における左上面 105 の長さ L_1 （図 5 参照）、すなわち、第 2 クラッド層 12 の左端面 121 が後退している長さ L_1 （後退長さ L_1 ）は、求められる光結合効率に応じて適宜設定されるが、例えばコア部 14 の幅に応じて最適化される。具体的には、コア部 14 の平均幅を 1 としたとき、後退長さ L_1 は $10 \sim 10000$ 程度であるのが好ましく、 $50 \sim 5000$ 程度であるのがより好ましい。後退長さ L_1 を前記範囲内に設定することにより、光導波路接続体 10 の大型化を避けつつ、高い光結合効率を十分に確保することができる。

【0054】

ここで、コア層 13 の上面 104 のうち、コア部 14 に対応する部分 1044 は、図 6、7 に示すように、側面クラッド部 15 に対応する部分 1045 よりも上方に向かって（下

10

20

30

40

50

面 103 とは反対側に向かって) 突出している。これにより、コア層 13 の上面 104 に対して光インターポージャー 2 を載置するとき、コア部 14 と光インターポージャー 2 とがより密着し易くなる。その結果、光導波路 1 と光インターポージャー 2 との光結合効率をより高めることができる。すなわち、他の光学部品との間で良好な光結合効率を実現可能な光導波路 1 が得られる。

【0055】

コア部 14 に対応する部分 1044 の突出長さ $L2$ (図 6 参照) は、コア部 14 の厚さ t に応じて適宜設定されるものの、 $L2/t$ が 0.01 ~ 20% 程度であるのが好ましく、0.05 ~ 10% 程度であるのがより好ましく、0.1 ~ 5% 程度であるのがさらに好ましい。 $L2/t$ を前記範囲内に設定することにより、コア部 14 と光インターポージャー 2 とを密着させ易くするという効果を十分に享受しつつ、光インターポージャー 2 によって押されたコア部 14 が変形し過ぎるのを防止することができる。

10

【0056】

なお、 $L2/t$ が前記下限値を下回ると、コア部 14 に対応する部分 1044 が突出している効果がほとんど得られないおそれがある。一方、 $L2/t$ が前記上限値を上回ると、側面クラッド部 15 によってコア部 14 が補強されている範囲が少なくなるので、光インターポージャー 2 によって大きな荷重が加えられた場合には、光インターポージャー 2 によって押されたコア部 14 が変形し過ぎてしまい、光結合効率が低下するおそれがある。

【0057】

コア部 14 と光インターポージャー 2 との間は、互いに接触しているのが好ましいが、アディアバティック結合が阻害されない範囲内であれば互いに離間していてもよい。また、その場合、接着剤等の介在物が介在していてもよい。コア部 14 と光インターポージャー 2 との離間距離は、コア部 14 の幅に応じて適宜設定されるものの、0.3 ~ 10 μm 程度であるのが好ましく、0.5 ~ 5 μm 程度であるのがより好ましい。これにより、十分に高い光結合効率を確保することができる。また、接着剤を介在させることによって、コア部 14 と光インターポージャー 2 とを互いに固定し易くなるため、アディアバティック結合のさらなる安定化を図ることができるという利点もある。

20

【0058】

用いられる接着剤としては、例えば、エポキシ系接着剤、アクリル系接着剤、ウレタン系接着剤、シリコン系接着剤、オレフィン系接着剤、各種ホットメルト接着剤 (ポリエステル系、変性オレフィン系) 等が挙げられる。

30

【0059】

また、接着剤は、コア層 13 の上面 104 のうち、側面クラッド部 15 に対応する部分 1045 と光インターポージャー 2 との間隙に設けられる。図 6、7 に示す光導波路接続体 10 では、部分 1045 と光インターポージャー 2 との間隙に接着剤層 6 が設けられている。この接着剤層 6 を介して光導波路 1 と光インターポージャー 2 とを互いに固定することができる。

【0060】

なお、接着剤層 6 は、いかなる方法で形成されたものであってもよく、一例としては、液状の接着剤を塗布する方法、ホットメルト接着剤を用いる方法等が挙げられる。このうち、液状の接着剤を塗布する方法の場合、気泡を巻き込み易いという課題があるが、部分 1044 が突出していることにより、接着剤を塗布すべき領域が部分 1044 によって適度に分断されることになるため、気泡の巻き込みを抑えることができる。また、気泡を巻き込んだとしても、コア部 14 に対して影響を及ぼし難くなる。その結果、気泡の巻き込みに伴う不具合の発生を防止することができる。

40

接着剤層 6 に用いられる接着剤としては、例えば、前述した接着剤が用いられる。

【0061】

接着剤層 6 の弾性率は、特に限定されないものの、好ましくは 100 ~ 20000 MPa 程度とされ、より好ましくは 300 ~ 15000 MPa 程度とされ、さらに好ましくは 500 ~ 12500 MPa 程度とされ、特に好ましくは 1000 ~ 10000 MPa 程度と

50

される。接着剤層 6 の弾性率を前記範囲内に設定することにより、コア部 1 4 が突出していても、コア部 1 4 が押しつぶされたり変形してしまったりするのを抑制することができる。これにより、光導波路 1 と光インターポザー 2 との光結合効率をより高めることができる。また、光導波路 1 と光インターポザー 2 との間をより強固に接着することができる。

【 0 0 6 2 】

なお、接着剤層 6 の弾性率は、J I S K 7 1 2 7 に規定された方法に準拠し、温度 2 5 で測定される。

【 0 0 6 3 】

前述した後退長さ L 1 は、接着剤層 6 の長さにも関係する。後退長さ L 1 が前記範囲内であることにより、接着剤層 6 を十分な面積で設けることができるので、光導波路 1 と光インターポザー 2 とを十分な強度で接着することができる。その結果、より信頼性の高い光導波路接続体 1 0 が得られる。

10

【 0 0 6 4 】

また、コア部 1 4 および側面クラッド部 1 5 は、その構成材料が互いに異なってもよいが、双方の構成材料が樹脂材料である場合、ベースポリマーについては互いに同じであるのが好ましい。これにより、コア部 1 4 と側面クラッド部 1 5 との間で、熱膨張率や弾性率等の物性が互いに近似することとなる。その結果、光導波路 1 が置かれる環境が変化したり、光導波路 1 が折り曲げられたりした場合でも、コア部 1 4 が変形したり、コア部 1 4 における伝送効率が低下したり、コア部 1 4 と光インターポザー 2 との光結合効率が低下したりするのを抑制することができる。また、コア層 1 3 の製造が容易になり、コア部 1 4 の寸法精度を高め易いという利点もある。

20

【 0 0 6 5 】

なお、ベースポリマーが互いに同じとは、双方の構成材料において配合比が最も多いポリマーに含まれる主要な繰り返し単位の構造が互いに同じであることをいう。

【 0 0 6 6 】

樹脂材料を用いてコア層 1 3 を製造する方法としては、例えば、エネルギーの付与により屈折率が変化する屈折率変調能（例えばフォトリチング、モノマーディフュージョン、光異性化、光二量化等による屈折率変調能）を有する組成物を用い、この組成物からなる膜に所望のパターンでエネルギーを付与する方法等が挙げられる。なお、フォトリチングとは、エネルギー付与に伴って分子中の結合が切れることにより屈折率が変化する現象であり、モノマーディフュージョンとは、互いに屈折率が異なるポリマーとモノマーとを用い、エネルギー付与に伴って、ポリマー中に分散したモノマーを偏在させて屈折率の分布を形成する現象のことである。

30

【 0 0 6 7 】

したがって、上述した屈折率変調能を有する組成物を用いることにより、膜中にコア部 1 4 と側面クラッド部 1 5 とを容易かつ精密に形成することができる。すなわち、組成物からなる膜に対してエネルギーを付与する際、エネルギーを付与する領域と付与しない領域とで屈折率差を生じさせることができるので、それによってコア部 1 4 と側面クラッド部 1 5 とを形成することができる。この際、エネルギーを付与する領域と付与しない領域とを明確に分けることにより、2 つの領域の間では、屈折率の大きな差が生じる。これにより、同一のベースポリマーで構成された膜中に屈折率分布を形成することができる。

40

【 0 0 6 8 】

エネルギーを付与する方法としては、例えば、可視光、紫外線、レーザー、電子線等のエネルギー線を照射する方法が挙げられる。

【 0 0 6 9 】

また、エネルギー線の照射に用いる装置としては、マスクを用いて特定の領域にエネルギー線を選択的に照射する装置の他、マスクを用いることなく特定の領域にエネルギー線を選択的に照射する装置（マスクレス照射装置）を用いることができる。マスクレス照射装置では、マスクを用いることなく、高い空間分解能で効率よくエネルギー線を照射するこ

50

とができるので、処理の低コスト化を図ることができ、かつ、異なる照射パターンにも臨機応変に対応することができるため、多品種少量生産が可能になる。

【0070】

マスクレス照射装置としては、例えば、デジタル・マイクロミラー・デバイス(DMD)のような反射型空間光変調素子、液晶表示素子(LCD)のような透過型空間光変調素子といった各種の空間光変調素子を利用したものが挙げられる。

【0071】

なお、フォトブリーチングによる屈折率変調能を有する組成物としては、例えば、特開2009-145867号公報に記載されたコアフィルム材料等が挙げられる。

【0072】

また、モノマーディフュージョンによる屈折率変調能を有する組成物としては、例えば、特開2010-090328号公報に記載された感光性樹脂組成物等が挙げられる。

【0073】

また、光異性化による屈折率変調能を有する組成物としては、例えば、特開2005-164650号公報に記載されたノルボルネン系樹脂等が挙げられる。

【0074】

また、光二量化による屈折率変調能を有する組成物としては、例えば、特開2011-105791号公報に記載された感光性樹脂組成物等が挙げられる。

【0075】

(光コネクタ)

光コネクタ5は、図3に示すように、コネクタ本体51と、コネクタ本体51に形成された貫通孔50と、を備えている。

【0076】

光導波路1は、接着剤等を介して貫通孔50の内壁面に接着されている。これにより、光導波路1の端部に対して光コネクタ5が固定される。この光コネクタ5は、例えば図2に示すような光コネクタ91と係合するように構成されている。これにより、光コネクタ5が装着されている光導波路1と光コネクタ91が装着されている光ファイバ9とを光学的に接続することができる。

【0077】

コネクタ本体51の外形状は、特に限定されず、図1、3に示すような直方体に準じた形状であっても、それ以外の形状であってもよい。また、コネクタ本体51は、各種コネクタ規格に準拠した部位を含んでいてもよい。かかるコネクタ規格としては、例えば小型(Mini)MTコネクタ、JIS C 5981に規定されたMTコネクタ、16MTコネクタ、2次元配列型MTコネクタ、MPOコネクタ、MPXコネクタ等が挙げられる。

【0078】

また、光コネクタ5は、光コネクタ91と係合するための係合手段等を備えていてもよい。かかる係合手段としては、例えば、ガイドピンおよびガイド孔からなる手段、爪による係止を利用した手段、クリップ、接着剤等が挙げられる。

【0079】

コネクタ本体51の構成材料としては、例えば、フェノール系樹脂、エポキシ系樹脂、オレフィン系樹脂、尿素系樹脂、メラミン系樹脂、不飽和ポリエステル系樹脂、ポリフェニレンサルファイド系樹脂のような各種樹脂材料、ステンレス鋼、アルミニウム合金のような各種金属材料等が挙げられる。

【0080】

なお、光コネクタ5は、必要に応じて設けられればよく、省略されてもよい。その場合、光コネクタ5を介することなく光ファイバ9に接続されていてもよく、図示しない受発光素子や光インターポザーに接続されていてもよい。

【0081】

(実装基板)

10

20

30

40

50

実装基板 3 は、光導波路 1、光コネクタ 5 および光インターポージャー 2 を搭載するための基板である。このような実装基板 3 を用いることにより、光導波路 1 や光インターポージャー 2 を安定して保持することができる。それとともに、実装基板 3 には、L S I (Large-Scale Integration)、I C (Integrated Circuit)、C P U (Central Processing Unit)、R A M (Random Access Memory) 等の能動部品、コンデンサー、コイル、抵抗、ダイオード等の受動部品のような電子部品、発光ダイオード、レーザーダイオード、受光センサーのような光部品を混載することができる。これにより、より高機能な光導波路接続体 10 を構築することができる。

【0082】

実装基板 3 は、絶縁基板 3 1 と導電層 3 2 (電気配線) とを備えている。

10

このうち、絶縁基板 3 1 としては、絶縁性とハンドリングに適した剛性とを有する基板であれば、いかなるものでも用いられる。具体例としては、ポリイミド系樹脂、ポリアミド系樹脂、エポキシ系樹脂、各種ビニル系樹脂、ポリエチレンテレフタレート樹脂等のポリエステル系樹脂等の各種樹脂材料が挙げられる。この他、紙、ガラス布、樹脂フィルム等を基材とし、この基材に、フェノール系樹脂、ポリエステル系樹脂、エポキシ系樹脂、シアネート系樹脂、ポリイミド系樹脂、フッ素系樹脂等の樹脂材料を含浸させたもの、具体的には、ガラス布・エポキシ銅張積層板、ガラス不織布・エポキシ銅張積層板等のコンポジット銅張積層板に使用される絶縁性基板の他、ポリエーテルイミド樹脂基板、ポリエーテルケトン樹脂基板、ポリサルフォン系樹脂基板等の耐熱・熱可塑性の有機系リジッド基板や、アルミナ基板、窒化アルミニウム基板、炭化ケイ素基板等のセラミックス系リジッド基板等が挙げられる。

20

【0083】

また、導電層 3 2 は、絶縁基板 3 1 の内部や表面に設けられる。導電層 3 2 の構成材料としては、例えば、銅、アルミニウム、ニッケル、クロム、亜鉛、錫、金、銀のような金属単体、またはこれらの金属元素を含む合金等が挙げられる。

【0084】

なお、実装基板 3 は、必要に応じて設けられればよく、例えば光導波路 1 と光インターポージャー 2 との接続体のみで十分な剛性を有する場合には省略されてもよい。

【0085】

(光インターポージャー)

30

光インターポージャー 2 は、インターポージャー基板 2 1 と、導光部 2 2 と、導電部 2 3 と、バンプ 2 4 と、半導体素子 2 5 と、受発光素子 2 6 と、を備えている。

【0086】

インターポージャー基板 2 1 は、導光部 2 2 と導電部 2 3 とを混載し得る基板であれば、いかなる基板であってもよい。

導光部 2 2 は、受発光素子 2 6 と光導波路 1 とを光学的に接続する。すなわち、導光部 2 2 は、受発光素子 2 6 の近傍から光導波路 1 に当接する領域まで延在するように設けられる。

【0087】

また、導光部 2 2 は、図 6、7 に示すように、コア層 1 3 が平面視されたとき、その幅の中心とコア部 1 4 の幅の中心とが一致するように配置されるのが好ましい。このように配置されることで、平面視において双方が重なる面積を最大限に確保し易くなる。これにより、光導波路 1 と光インターポージャー 2 との光結合効率をより高めることができる。

40

【0088】

なお、導光部 2 2 の幅の中心とコア部 1 4 の幅の中心とが一致しているとは、位置ずれがコア部 1 4 の幅の 20% 以下である状態を指す。

【0089】

さらに、導光部 2 2 の光軸およびコア部 1 4 の光軸は、互いに平行であるのが好ましい。このように配置されることで、平面視において双方が重なる面積を最大限に確保し易くなる。これにより、光導波路 1 と光インターポージャー 2 との光結合効率をより高めることが

50

できる。

【0090】

なお、導光部22の光軸とコア部14の光軸とが互いに平行であるとは、角度ずれが1°以下である状態を指す。

【0091】

導電部23は、半導体素子25や受発光素子26とバンプ24とを電氣的に接続する。すなわち、導電部23は、半導体素子25や受発光素子26の近傍からバンプ24まで延在するように設けられる。

【0092】

また、半導体素子25および受発光素子26は、それぞれ個別の素子である必要はなく、両者が複合された複合素子であってもよい。

10

【0093】

以上のような光インターポージャー2を備える光導波路接続体10は、例えば実装基板3に搭載されたLSI等の制御素子によって制御され、光信号を送信または受信する光トランシーバーとして機能する。すなわち、制御素子と光ファイバー9との間に介挿され、電気・光変換を担うことにより、例えばチップ間、ボード間、サーバー間の光通信の構築に寄与する。

【0094】

<光導波路接続体の変形例>

次に、本実施形態に係る光導波路接続体の変形例について説明する。

20

【0095】

図8は、図7に示す光導波路接続体の変形例を示す縦断面図である。なお、以下の説明では、説明の便宜上、図8の上方を「上」、下方を「下」という。

【0096】

以下、変形例に係る光導波路接続体について説明するが、以下の説明では図7に示す光導波路接続体との相違点を中心に説明し、同様の事項についてはその説明を省略する。

【0097】

図8に示す光導波路接続体10は、光インターポージャー2が備える導光部22が、インターポージャー基板21の下面から突出するように設けられている以外、図7に示す光導波路接続体10と同様である。

30

【0098】

このように突出した導光部22は、その下面と光導波路1のコア部14の上面とが接するように配置されている。換言すれば、光導波路1のコア層13と光インターポージャー2との間に介挿されている接着剤層6を、導光部22が貫通している。

【0099】

以上のような光導波路接続体10であっても、図7に示す光導波路接続体10と同様の効果を奏する。

【0100】

なお、突出した導光部22は、その厚さの全体が突出している必要はなく、厚さの一部のみが突出していてもよい。

40

【0101】

また、導光部22とコア部14との間は、必ずしも接している必要はなく、例えば薄い接着剤層6やその他の要素が間に介在していてもよい。

【0102】

<電子機器>

上述したような光導波路接続体10は、前述したように、光導波路1と光インターポージャー2とが良好な光結合効率で接続され、信頼性の高いものである。したがって、光導波路接続体10を備えることにより、高品質の光通信を行い得る信頼性の高い電子機器(本発明の電子機器の実施形態)が得られる。

【0103】

50

かかる電子機器としては、例えば、スマートフォン、タブレット端末、携帯電話、ゲーム機、ルーター装置、WDM (Wavelength Division Multiplex) 装置、パソコン、テレビ、ホーム・サーバー等の電子機器類が挙げられる。これらの電子機器では、いずれも、例えばLSI等の演算装置とRAM等の記憶装置との間で、大容量のデータを高速に伝送する必要がある。したがって、このような電子機器が光導波路接続体10を備えることにより、電気配線に特有なノイズ、信号劣化等の不具合が解消され、その性能の飛躍的な向上が期待できる。

【0104】

また、光導波路部分では、電気配線に比べて発熱量が大幅に削減される。このため、冷却に要する電力を削減することができ、電子機器全体の消費電力を削減することができる。

10

【0105】

以上、本発明の光導波路、光導波路接続体および電子機器を、図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0106】

例えば、前記実施形態には任意の要素が付加されていてもよいし、前記実施形態に含まれる要素はそれと同等の機能を有する要素に代替されてもよい。

【符号の説明】

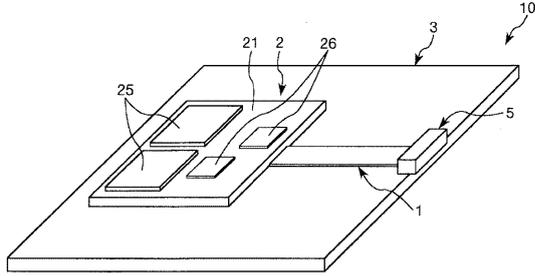
【0107】

1	光導波路	
2	光インターポージャー	20
3	実装基板	
5	光コネクタ	
6	接着剤層	
9	光ファイバー	
10	光導波路接続体	
11	第1クラッド層	
12	第2クラッド層	
13	コア層	
14	コア部	
15	側面クラッド部	30
16	支持層	
17	カバー層	
21	インターポージャー基板	
22	導光部	
23	導電部	
24	バンプ	
25	半導体素子	
26	受発光素子	
31	絶縁基板	
32	導電層	40
50	貫通孔	
51	コネクタ本体	
91	光コネクタ	
101	左端面	
102	右端面	
103	下面	
104	上面	
105	左上面	
121	左端面	
1044	部分	50

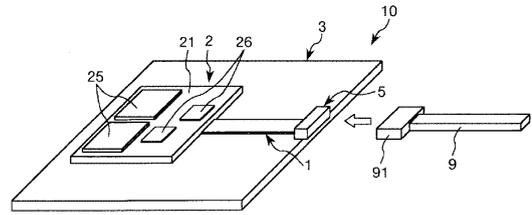
1 0 4 5 部分
 L 1 後退長さ
 L 2 突出長さ
 t 厚さ

【図面】

【図 1】

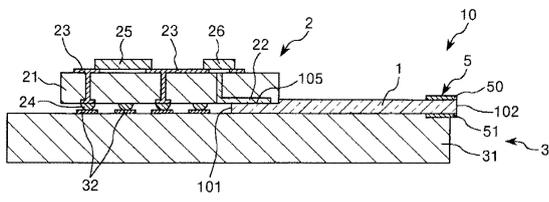


【図 2】

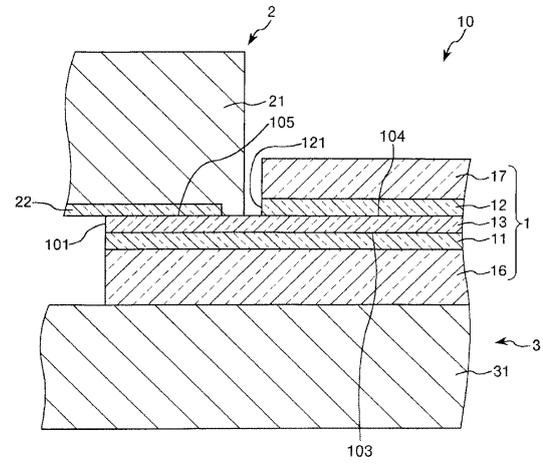


10

【図 3】



【図 4】



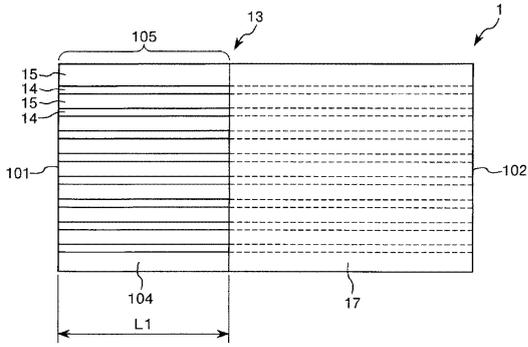
20

30

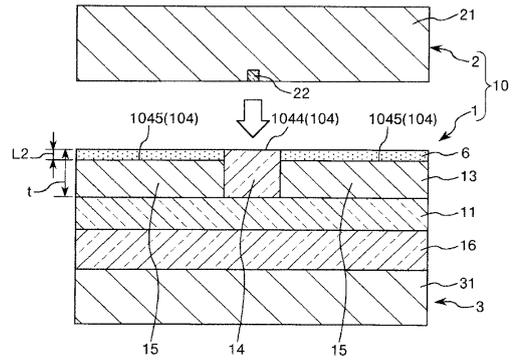
40

50

【図5】

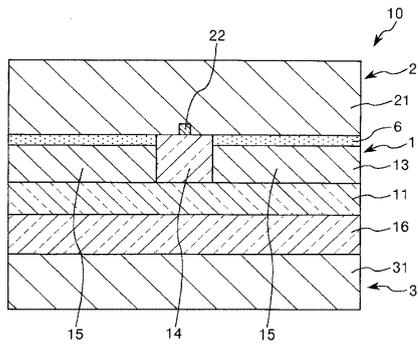


【図6】

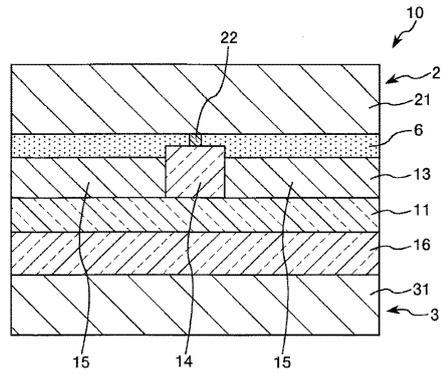


10

【図7】



【図8】



20

30

40

50

フロントページの続き

友ベークライト株式会社内

審査官 堀部 修平

- (56)参考文献 米国特許第08534927 (US, B1)
特開平03 - 012612 (JP, A)
特開2004 - 295118 (JP, A)
国際公開第2017 / 022717 (WO, A1)
特開2002 - 122750 (JP, A)
特開平07 - 230019 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- | | | | |
|---------|---------|---|---------|
| G 0 2 B | 6 / 2 6 | - | 6 / 2 7 |
| G 0 2 B | 6 / 1 2 | - | 6 / 1 4 |
| G 0 2 B | 6 / 3 0 | - | 6 / 3 4 |
| G 0 2 B | 6 / 4 2 | - | 6 / 4 3 |