

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6958063号
(P6958063)

(45) 発行日 令和3年11月2日(2021.11.2)

(24) 登録日 令和3年10月11日(2021.10.11)

(51) Int. Cl. F 1
GO2B 6/13 (2006.01) GO2B 6/13
GO2B 6/12 (2006.01) GO2B 6/12 371

請求項の数 7 (全 23 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2017-144209 (P2017-144209) (22) 出願日 平成29年7月26日 (2017.7.26) (65) 公開番号 特開2019-28117 (P2019-28117A) (43) 公開日 平成31年2月21日 (2019.2.21) 審査請求日 令和2年6月22日 (2020.6.22)</p>	<p>(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 (74) 代理人 100091292 弁理士 増田 達哉 (74) 代理人 100091627 弁理士 朝比 一夫 (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 審査官 野口 晃一</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光導波路の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光透過性を有する基材と、前記基材の一方の面側に設けられたマスクと、を備えるマスク付き基材を用意する工程と、

前記マスクを覆うように原料液を塗布することにより、前記マスク付き基材の一方の面側に、平均厚さが前記マスクの3～200倍であるクラッド層を形成する工程と、

前記クラッド層の前記マスク付き基材側とは反対側にコア形成層を形成する工程と、

前記マスク付き基材側から前記コア形成層に活性放射線を照射し、前記コア形成層にコア部を形成する工程と、

を有し、

前記マスクは、

前記コア部と重なる第1マスクと、

前記コア部以外の領域に設けられた第2マスクと、

を含むことを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項2】

前記コア形成層は、前記活性放射線の照射によって屈折率が低下する請求項1に記載の光導波路の製造方法。

【請求項3】

前記コア形成層は、前記活性放射線の照射によって二量化可能な官能基を有する化合物を含む請求項1または2に記載の光導波路の製造方法。

【請求項 4】

前記マスクは、金属材料を含む請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の光導波路の製造方法。

【請求項 5】

前記基材は、前記クラッド層よりも曲げ弾性率が大きい請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の光導波路の製造方法。

【請求項 6】

前記クラッド層の平均厚さは、2 ~ 50 μm 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の製造方法。

【請求項 7】

前記コア形成層を形成する工程は、原料液を塗布する操作を含む請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の光導波路の製造方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光導波路の製造方法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、これらの間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。

20

【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パ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。そして、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により、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、アディアパ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。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2014 - 81586 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、引用文献 1 に記載の方法では、シリコンチップ上に凹部を形成したり、ポリマー上に凹部を形成したりする必要がある。このため、シリコンチップやポリマーの形状が複雑になるとともに、その製造工程において凹部や凸部の形成工程を追加する必要がある。その結果、製造コストの上昇や製造歩留まりの低下を招くおそれがある。

40

【0006】

かかる観点から、光導波路を光学部品に接続する際、構造を複雑にしなくても双方の位置合わせを高精度に行い得る光導波路が求められている。

【0007】

このような高精度の位置合わせを実現するためには、まず、光導波路のコア部の位置を正確に把握する必要がある。そこで、コア部に対して高い位置精度を有するアライメントマークを設け、このアライメントマークを基準にして光導波路の位置を合わせる方法が知られている。この方法であれば、視認性の高いアライメントマークの位置を容易に把握することができ、間接的にコア部の位置を正確に把握することが可能になる。

50

【0008】

ところが、このような効果を享受するためには、アライメントマークとコア部との位置関係が正確になっていることが前提となる。しかしながら、アライメントマークおよびコア部は、互いに異なる工程を経て形成されることが多いため、互いの位置関係を正確に再現することは多くの困難を伴う。

【0009】

本発明の目的は、アライメントマークに対して位置精度が高いコア部を備える光導波路を効率よく製造可能な光導波路の製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

このような目的は、下記(1)～(7)の本発明により達成される。

(1) 光透過性を有する基材と、前記基材の一方の面側に設けられたマスクと、を備えるマスク付き基材を用意する工程と、

前記マスクを覆うように原料液を塗布することにより、前記マスク付き基材の一方の面側に、平均厚さが前記マスクの3～200倍であるクラッド層を形成する工程と、

前記クラッド層の前記マスク付き基材側とは反対側にコア形成層を形成する工程と、

前記マスク付き基材側から前記コア形成層に活性放射線を照射し、前記コア形成層にコア部を形成する工程と、

を有し、

前記マスクは、

前記コア部と重なる第1マスクと、

前記コア部以外の領域に設けられた第2マスクと、

を含むことを特徴とする光導波路の製造方法。

【0011】

(2) 前記コア形成層は、前記活性放射線の照射によって屈折率が低下する上記(1)に記載の光導波路の製造方法。

【0012】

(3) 前記コア形成層は、前記活性放射線の照射によって二量化可能な官能基を有する化合物を含む上記(1)または(2)に記載の光導波路の製造方法。

【0013】

(4) 前記マスクは、金属材料を含む上記(1)ないし(3)のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

【0014】

(5) 前記基材は、前記クラッド層よりも曲げ弾性率が大きい上記(1)ないし(4)のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

【0016】

(6) 前記クラッド層の平均厚さは、2～50μmである上記(1)ないし(5)のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

(7) 前記コア形成層を形成する工程は、原料液を塗布する操作を含む上記(1)ないし(6)のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、アライメントマークに対して位置精度が高いコア部を備える光導波路を効率よく製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の光導波路の製造方法の実施形態を説明するための図である。

【図2】本発明の光導波路の製造方法の実施形態を説明するための図である。

【図3】図1、2に示す実施形態に係る光導波路の製造方法の変形例を説明するための図である。

10

20

30

40

50

【図 4】本発明の光導波路の製造方法により製造される光導波路の一例を示す平面図である。

【図 5】図 4 に示す光導波路の断面図である。

【図 6】図 4 に示す光導波路の変形例 1 を示す平面図である。

【図 7】図 6 に示す光導波路の右端面を示す図である。

【図 8】図 4 に示す光導波路の変形例 2 を示す平面図である。

【図 9】図 1、2 に示す光導波路と光インターポージャーとを接続して得られる光導波路接続体の一例を示す斜視図である。

【図 10】図 9 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。

10

【図 11】図 9 に示す光導波路接続体の断面図である。

【図 12】図 11 に示す光導波路接続体の部分拡大図である。

【図 13】図 1、2 に示す光導波路と光インターポージャーとを接続する様子を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、本発明の光導波路の製造方法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。

【0020】

< 光導波路の製造方法 >

20

まず、本発明の光導波路の製造方法の実施形態について説明する。

【0021】

図 1、2 は、それぞれ本発明の光導波路の製造方法の実施形態を説明するための図である。なお、以下の説明では、図 1、2 の上方を「上」、下方を「下」という。

【0022】

本実施形態に係る光導波路の製造方法は、光透過性を有するマスク付き基材 7 を用意する工程と、マスク付き基材 7 の上面側（一方の面側）に下側クラッド層 11 を形成する工程と、下側クラッド層 11 の上面側（マスク付き基材 7 側とは反対側）にコア形成層 130 を形成する工程と、下面側からコア形成層 130 に活性放射線を照射し、コア形成層 130 にコア部 14 および側面クラッド部 15 を形成しコア層 13 を得る工程と、コア層 13 の上面側に上側クラッド層 12 を形成する工程と、を有する。

30

【0023】

[1] マスク付き基材 7 を用意する工程

まず、図 1 (a) に示すように、光透過性を有する基材 71 とマスク 72 とを備えるマスク付き基材 7 を用意する。

【0024】

基材 71 は、光透過性を有するものであれば、特に限定されない。基材 71 の構成材料としては、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、ポリサルホン、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、ソーダライム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。

40

【0025】

このうち、基材 71 の構成材料はガラス材料であるのが好ましい。これにより、基材 71 は、優れた光透過性と十分な剛性とを両立するものとなる。このため、基材 71 の上面

50

側にコア形成層 130 を形成しようとするとき、平面性の高いコア形成層 130 を形成することができるので、マスク 72 が投影されたとき、マスク 72 のパターンと投影領域のパターンとの一致性が高くなる。加えて、コア層 13 中に形成されるコア部 14 および側面クラッド部 15 の形状精度を特に高めることができる。

【0026】

また、基材 71 の形状は、例えば平板状とされる。これにより、厚さ方向の光透過率が高くなるとともに、光の直進性も高くなる。このため、基材 71 側から後述するコア形成層 130 に活性放射線を照射するとき、照射パターンを精度よく制御することができる。

【0027】

基材 71 の厚さは、基材 71 の構成材料に応じて適宜設定されるが、0.01 ~ 5 mm 程度であるのが好ましく、0.05 ~ 3 mm 程度であるのがより好ましく、0.10 ~ 1 mm 程度であるのがさらに好ましい。このような範囲内に厚さを設定すれば、優れた光透過性と十分な剛性とを両立する基材 71 が得られる。

【0028】

基材 71 の光透過率は、できるだけ高いことが好ましいが、波長 550 nm における全光線透過率が 85% 以上であるのが好ましく、90% 以上であるのがより好ましい。これにより、後述する工程において、短時間で効率よくコア部 14 および側面クラッド部 15 を形成することができる。

【0029】

また、基材 71 は、後述する下側クラッド層 11 よりも曲げ弾性率が大きいものが好ましく用いられる。このような基材 71 は、基材 71 の厚さを薄くしたとしても、マスク付き基材 7 の平坦性を高めることができるので、マスク 72 のパターンの精度も高めることができる。これにより、形成しようとするコア部 14 のパターンの精度も高めることができ、他の光学部品との光結合効率が高い光導波路 1 を効率よく製造することができる。

【0030】

なお、基材 71 の曲げ弾性率は、下側クラッド層 11 の曲げ弾性率の 110% 以上であるのが好ましく、120 ~ 1000% 程度であるのがより好ましい。

【0031】

また、曲げ弾性率は、例えば JIS K 7171:2016 に規定されたプラスチックの曲げ特性の求め方に準じて求められた 25 における測定値とされる。

【0032】

マスク 72 は、基材 71 の上面のうち、コア形成層 130 に形成するコア部 14 や側面クラッド部 15 のパターンに応じた領域に設けられている。具体的には、コア部 14 を形成しようとする領域にマスク 72 を設けるようにしてもよく、側面クラッド部 15 を形成しようとする領域にマスク 72 を設けるようにしてもよい。

【0033】

このようなマスク 72 は、光遮蔽性を有するものであれば、特に限定されない。具体的には、クロムマスク、エマルジョンマスク、フィルムマスクのような各種フォトマスク、メタルマスク、シリコンマスクのような各種ステンスルマスク等が挙げられる。

【0034】

また、マスク 72 は、基材 71 と別体であってもよく、基材 71 の上面に成膜されたものであってもよい。このうち、マスク 72 は基材 71 の上面に成膜されたものであるのが好ましい。このようなマスク 72 は、精度よく比較的簡単に形成可能なため、寸法精度の高いコア部 14 を備える光導波路 1 を低コストで製造することに寄与する。

【0035】

成膜法により形成されるマスク 72 の構成材料としては、光遮蔽性を有する材料であれば特に限定されないが、例えば、クロムやクロム合金、ニッケルやニッケル合金のような金属材料、酸化クロム、酸化ニッケルのような酸化物材料の他、各種窒化物材料、各種炭化物材料等が挙げられる。

【0036】

10

20

30

40

50

このうち、マスク72は金属材料を含むことが好ましい。これにより、薄くても光遮蔽性の高いマスク72が得られるので、より薄型化が図られた光導波路1を製造することができる。また、高い光遮蔽性に伴ってマスク72の視認性が良好になるため、マスク72を後述するようにアライメントマークとして利用する際、その視認性が高くなる。

【0037】

また、マスク72の厚さは、マスク72の構成材料に応じて適宜設定されるが、20~2000nm程度であるのが好ましく、50~500nm程度であるのがより好ましい。マスク72の厚さを前記範囲内に設定することにより、マスク72の光遮蔽性を十分に確保しつつ、マスク72の凹凸によるコア層13への影響を最小限に留めることができる。

【0038】

なお、マスク72の成膜方法は、特に限定されず、例えば気相成膜法、液相成膜法、めっき法等が挙げられる。

【0039】

[2]下側クラッド層11を形成する工程

次に、図1(b)に示すように、マスク付き基材7の上面に下側クラッド層11を形成する。

【0040】

下側クラッド層11の形成は、例えばフィルムを貼り付ける方法、原料液を塗布する方法等により行うことができる。このうち、原料液を塗布する方法が好ましく用いられる。この方法では、マスク72を覆うように原料液を塗布することによって、マスク72の厚さの影響が下側クラッド層11の上面に及んでしまうのを防ぐことができる。その結果、後述する工程において形成されるコア形成層130の平坦化が図られ、コア部14の寸法精度をより高めることができる。

【0041】

塗布方法は、特に限定されず、例えば、ドクターブレード法、スピンコート法、ディッピング法、テーブルコート法、スプレー法、アプリケーター法、カーテンコート法、ダイコート法、インクジェット法等の方法が挙げられる。

【0042】

また、このような方法で形成された液状被膜を乾燥させる方法も、特に限定されないが、例えば、液状被膜を加熱したり、減圧下に置いたり、あるいは乾燥ガスを吹き付けたりする方法が用いられる。

【0043】

その後、必要に応じて、乾燥膜を硬化させるプロセスを追加してもよい。

かかるプロセスは、例えば加熱処理であり、その条件は50~230の温度で、1分~3時間程度とされる。また、加熱処理は複数回に分けて行われてもよい。

【0044】

下側クラッド層11の平均厚さは、特に限定されないが、2~50μm程度であるのが好ましく、5~40μm程度であるのがより好ましい。下側クラッド層11の平均厚さを前記範囲内に設定することにより、コア形成層130とマスク72との離間距離を十分に確保することができる。これにより、形成されるコア部14を伝搬する光がマスク72側に漏れ出る確率を十分に低下させることができ、伝搬効率の高い光導波路1の実現に寄与する。併せて、マスク72の凹凸の影響がコア層13に及んでしまうのを抑制することができる。また、下側クラッド層11が厚くなり過ぎるのを防止して、活性放射線の直進性の低下を防止するとともに光導波路1の厚膜化を防止することができる。

【0045】

なお、下側クラッド層11の平均厚さとは、下側クラッド層11の厚さを任意の10点以上で測定したとき、それらの測定値の平均値のことをいう。

【0046】

また、マスク72の構成材料によっても異なるが、下側クラッド層11の平均厚さは、マスク72の平均厚さの2~200倍程度であるのが好ましく、3~150倍程度である

10

20

30

40

50

のがより好ましい。これにより、下側クラッド層 1 1 の平坦化が十分に図られ、マスク 7 2 の凹凸の影響がコア層 1 3 に及んでしまうのを抑制することができる。また、下側クラッド層 1 1 が厚くなり過ぎるのを防止して、活性放射線の直進性の低下を防止し、寸法精度の高いコア部 1 4 を形成することができる。

【 0 0 4 7 】

また、マスク 7 2 とコア部 1 4 との離間距離を考慮すると、マスク 7 2 は、下側クラッド層 1 1 の下面側（コア層 1 3 側とは反対側）に設けられているのが好ましい。これにより、マスク 7 2 を他の部材に設けた後、下側クラッド層 1 1 に密着させる（下側クラッド層 1 1 を形成する）という製造プロセスをとることができる。このため、マスク 7 2 の寸法精度が特に良好になるとともに、マスク 7 2 の製造が容易になる。また、コア部 1 4 とマスク 7 2 との間にクラッド層を設けることで、コア部 1 4 との屈折率差の制御が容易となる。

10

【 0 0 4 8 】

また、マスク 7 2 は、基材 7 1 の少なくとも一方の面（本実施形態では基材 7 1 の上面）に設けられている。これにより、マスク 7 2 の形状保持性が良好になる。すなわち、比較的剛性が高い基材 7 1 の表面にマスク 7 2 が設けられることにより、マスク 7 2 のパターンが保持され易くなる。このため、マスク 7 2 の寸法精度が高くなり、コア部 1 4 の位置や形状をより正確に把握し易くなる。

【 0 0 4 9 】

なお、マスク 7 2 は、基材 7 1 の上面ではなく、下面に設けられていてもよく、内部に設けられていてもよい。

20

【 0 0 5 0 】

[3] コア形成層 1 3 0 を形成する工程

次に、図 1 (c) に示すように、下側クラッド層 1 1 の上面側（マスク付き基材 7 側とは反対側）にコア形成層 1 3 0 を形成する。

【 0 0 5 1 】

コア形成層 1 3 0 は、光や紫外線のような活性放射線が照射されることによって屈折率が変化する特性（屈折率変調能）を有する。このため、コア形成層 1 3 0 のうち、特定の領域に活性放射線が照射されると、照射領域と非照射領域との間に屈折率差が形成される。その結果、高屈折率側の領域がコア部 1 4 となり、低屈折率側の領域が側面クラッド部 1 5 となる。

30

【 0 0 5 2 】

屈折率変調の原理には、例えばモノマーディフュージョン、フォトリチング、光異性化、光二量化等が挙げられ、これらのうちの 1 種または 2 種以上を組み合わせた原理が用いられる。

【 0 0 5 3 】

このうち、モノマーディフュージョンでは、ポリマー中にこのポリマーと屈折率の異なる光重合性モノマーが分散してなる材料で構成された層に対して部分的に光を照射し、光重合性モノマーの重合を生起させるとともに、それに伴って光重合性モノマーを移動、偏在させることにより、層内に屈折率の偏りを生じさせてコア部 1 4 および側面クラッド部 1 5 を形成する。

40

【 0 0 5 4 】

このようなモノマーディフュージョンを生じる材料としては、例えば、特開 2 0 1 0 - 0 9 0 3 2 8 号公報に記載された感光性樹脂組成物等が挙げられる。

【 0 0 5 5 】

また、フォトリチングでは、光の照射によって材料中の分子構造が切断され、離脱性基が主鎖から離脱する。これにより材料の屈折率を変化させ、コア部 1 4 および側面クラッド部 1 5 を形成する。

【 0 0 5 6 】

フォトリチングを生じる材料としては、例えば、特開 2 0 0 9 - 1 4 5 8 6 7 号公

50

報に記載されたコアフィルム材料等が挙げられる。

【0057】

また、光異性化および光二量化では、それぞれ光の照射によって材料の光異性化または光二量化が生じる。これにより材料の屈折率を変化させ、コア部14および側面クラッド部15を形成する。

【0058】

光異性化を生じる材料としては、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。

【0059】

光二量化を生じる材料としては、活性放射線によって二量化可能な官能基を有する化合物が挙げられる。すなわち、コア形成層130は、活性放射線の照射によって二量化可能な官能基を有する化合物を含んでいてもよい。このような官能基としては、例えば、アゾベンゼン基、アゾナフタレン基、芳香族複素環アゾ基、ビスアゾ基、ホルマゼン基のようなN=N基、マレイミド基、インデン基、クマリン基、シンナメート基、ポリエン基、スチルベン基、スチルバゾール基、スチルバゾリウム基、シンナモイル基、シンナミル基、シンナミリデン基、ヘミチオインジゴ基、カルコン基、アントリル基のようなC=C基、芳香族シッフ塩基、芳香族ヒドラゾン構造のようなC=N基、ベンゾフェノン基、アントラキノン基等のようなC=O基、アリルエステル基のようなエステル基、アシルフェノール構造等が挙げられ、これらのうちの少なくとも1つが用いられる。

【0060】

かかる化合物を含む組成物としては、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。

【0061】

また、フォトリソング、光異性化および光二量化といった原理による屈折率変調の場合、照射する光の照射量（放射線の照射量）に応じて屈折率の変化量を調整することができる。照射位置に応じて光の照射量を徐々に変化させることにより、任意の屈折率分布、例えば滑らかな屈折率変化を伴う屈折率分布を形成することができる。これにより、グレーデッドインデックス型の屈折率分布を容易に形成することができる。

【0062】

照射位置に応じて光の照射量を徐々に変化させる方法としては、例えば、グレイトーンマスクやハーフトーンマスクといった多階調マスクを用いる方法、光強度に分布がある光ビームを走査する方法、領域ごとの照射時間または照射強度を変化させつつ照射する方法等が挙げられる。

【0063】

また、コア形成層130の形成は、例えばフィルムを貼り付ける方法、原料液を塗布する方法等により行うことができる。なお、塗布方法は、前述した方法から適宜選択される。

【0064】

[4] コア形成層130に活性放射線Lを照射する工程

次に、図2(a)に示すように、下面側からコア形成層130に活性放射線Lを照射する。これにより、コア形成層130にコア部14および側面クラッド部15を形成する。

【0065】

下面側、すなわちマスク付き基材7越しに活性放射線Lを照射すると、マスク72を介してコア形成層130に活性放射線Lが照射されることとなる。このため、マスク72が設けられている領域では、活性放射線Lが遮蔽される一方、マスク72が設けられていない領域では、コア形成層130に活性放射線Lが到達する。

【0066】

活性放射線Lは、前述した屈折率変調能においてコア形成層130が反応する放射線の種類に応じて適宜選択されるが、例えば、可視光のような光、赤外線や紫外線のような電磁波等が挙げられる。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 7 】

本実施形態では、照射領域の屈折率が低下する屈折率変調能を有するコア形成層 1 3 0 を例として説明する。すなわち、本実施形態に係るコア形成層 1 3 0 は、活性放射線 L の照射によって屈折率が低下する。したがって、図 2 (a) に示すように、マスク 7 2 はコア部 1 4 を形成しようとする領域に設けられる。そして、このようなマスク 7 2 を介して活性放射線 L が照射されると、照射領域では屈折率が低下して側面クラッド部 1 5 が形成される。また、マスク 7 2 と重なる領域は、非照射領域となるため、コア部 1 4 が形成されることとなる。これにより、後述するように、マスク 7 2 を、マスクとしての機能のみでなく、コア部 1 4 の位置や形状と一致したパターンを示すアライメントマークとして利用することができる。

10

【 0 0 6 8 】

なお、コア形成層 1 3 0 は、照射領域の屈折率が上昇する屈折率変調能を有するものであってもよい。その場合、マスク 7 2 は、側面クラッド部 1 5 を形成しようとする領域に設けられることとなる。

【 0 0 6 9 】

その後、必要に応じて、コア形成層 1 3 0 を硬化させるプロセスを追加してもよい。

かかるプロセスは、例えば加熱処理であり、その条件は 5 0 ~ 2 3 0 の温度で、1 分 ~ 3 時間程度とされる。また、加熱処理は複数回に分けて行われてもよい。

【 0 0 7 0 】

以上のようにしてコア部 1 4 および側面クラッド部 1 5 を含むコア層 1 3 が形成される (図 2 (b) 参照) 。

20

【 0 0 7 1 】

なお、このようにして形成されたコア部 1 4 および側面クラッド部 1 5 は、その構成材料のベースポリマーを互いに同じにすることが可能である。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返し単位の構造が互いに同じであることをいう。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 と他の光学部品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。

30

【 0 0 7 2 】

また、このようなコア部 1 4 および側面クラッド部 1 5 は、光照射によって同時に形成される。このため、コア部 1 4 と側面クラッド部 1 5 との界面に異物が付着したり、隙間ができたりすることが抑制される。その結果、コア部 1 4 と側面クラッド部 1 5 との界面に起因する伝搬損失の増大が抑制され、伝搬効率の高い光導波路 1 が得られる。

【 0 0 7 3 】

[5] 上側クラッド層 1 2 を形成する工程

次に、コア層 1 3 の上面側に上側クラッド層 1 2 を形成する。

【 0 0 7 4 】

上側クラッド層 1 2 の形成は、例えばフィルムを貼り付ける方法、原料液を塗布する方法等により行うことができる。具体的には、下側クラッド層 1 1 の形成と同様にして行うことができる。

40

【 0 0 7 5 】

以上のようにして、下側クラッド層 1 1 、コア層 1 3 および上側クラッド層 1 2 を含む光導波路 1 が得られる (図 2 (c) 参照) 。

【 0 0 7 6 】

なお、上側クラッド層 1 2 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、本工程も省略することができる。

【 0 0 7 7 】

50

このような製造方法では、その原理上、マスク72のパターンが忠実に反映されたコア部14が形成されることとなる。換言すれば、マスク72のパターンは、コア部14のパターンと実質的に一致することとなる。このため、マスク72は、活性放射線の照射領域を制御するというマスク本来の機能に加え、コア部14の位置や形状を把握するためのマーク（アライメントマーク）にもなり得る。

なお、実質的に一致するとは、製造誤差程度のずれは許容されることを指す。

【0078】

また、マスク72は光遮蔽性を有しているため、光導波路1内において高い視認性を有する。

【0079】

すなわち、原則的には、光導波路1のうち、基材71、下側クラッド層11、コア層13および上側クラッド層12は、それぞれ比較的高い光透過性を有している。このため、コア部14を視認しようとしても、その光透過性によって、視認することが困難な場合がある。

【0080】

これに対し、本実施形態に係る光導波路1がマスク72を備えていることにより、光透過性の高い背景の中に、光遮蔽性を有するマスク72が存在することとなる。このため、例えば光透過性の差に基づいてマスク72の視認性を特に高めることができる。

【0081】

そして、マスク72の位置や形状が容易に把握されることによって、間接的に、コア部14の位置や形状を容易かつ正確に把握することができる。すなわち、マスク72は、コア部14に対して高い位置精度を有するものとなる。これは、コア部14が製造される際、マスク72の領域に対応して形成されるため、必然的にコア部14の位置や形状はマスク72の位置や形状に対応することとなる。

【0082】

したがって、マスク72は、コア部14の位置を他の光学部品に対して合わせるためのアライメントマークとして利用可能なものとなる。すなわち、光導波路1は、アライメントマークに対して位置精度の高いコア部14を備えるものとなる。そして、マスク72をアライメントマークとして利用することにより、光導波路1と他の光学部品との位置合わせをより正確に行うことができるので、光導波路1と他の光学部品との光結合効率を容易に高めることができる。

【0083】

この他、マスク72をアライメントマークとして利用することにより、光導波路1におけるコア部14の形状や位置を容易に認識することができるので、製品種類の判別やコネクタ等の取り付け作業も容易かつ正確に行うことができる。

【0084】

<光導波路の製造方法の変形例>

次に、実施形態に係る光導波路の製造方法の変形例について説明する。

【0085】

図3は、図1、2に示す実施形態に係る光導波路の製造方法の変形例を説明するための図である。なお、以下の説明では、図3の上方を「上」、下方を「下」という。

【0086】

以下、図3に基づいて変形例を説明するが、以下の説明では図1、2に示す実施形態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。

【0087】

本変形例では、コア部14や側面クラッド部15の形成方法が異なる以外、図1、2に示す実施形態と同様である。

【0088】

すなわち、本変形例に係る光導波路の製造方法は、光透過性を有するマスク付き基材7を用意する工程と、マスク付き基材7の上面側に下側クラッド層11を形成する工程と、

10

20

30

40

50

下側クラッド層 1 1 の上面側にコア形成層 1 3 0 を形成する工程と、下面側からコア形成層 1 3 0 に活性放射線 L を照射し、不要部分を除去することによりコア部 1 4 を得る工程と、コア部 1 4 を覆うように側面クラッド部 1 5 および上側クラッド層 1 2 を形成する工程と、を有する。

【 0 0 8 9 】

[1] マスク付き基材 7 を用意する工程

まず、前記実施形態と同様にして、図 1 (a) に示すように、光透過性を有する基材 7 1 とマスク 7 2 とを備えるマスク付き基材 7 を用意する。

【 0 0 9 0 】

[2] 下側クラッド層 1 1 を形成する工程

次に、前記実施形態と同様にして、図 1 (b) に示すように、マスク付き基材 7 の上面に下側クラッド層 1 1 を形成する。

【 0 0 9 1 】

[3] コア形成層 1 3 0 を形成する工程

次に、前記実施形態と同様にして、図 1 (c) に示すように、下側クラッド層 1 1 の上面側にコア形成層 1 3 0 を形成する。

【 0 0 9 2 】

[4] コア形成層 1 3 0 に活性放射線 L を照射する工程

次に、図 3 (a) に示すように、下面側からコア形成層 1 3 0 に活性放射線 L を照射する。これにより、照射領域に対し現像液に対する溶解性が付与される。

【 0 0 9 3 】

次に、コア形成層 1 3 0 に現像液を接触させる。これにより、コア形成層 1 3 0 のうち、照射領域に対応する部分（不要部分）が溶解する。その結果、非照射領域に対応する部分が残存する。その後、必要に応じて、残存した部分に加熱処理を施す。

【 0 0 9 4 】

以上のようにしてコア部 1 4 （コア層 1 3 ）が得られる（図 3 (b) 参照）。なお、図 3 の例では、コア部 1 4 を形成しようとする部分のコア形成層 1 3 0 を残存させ、コア部 1 4 （コア層 1 3 ）を得ている。

【 0 0 9 5 】

なお、コア形成層 1 3 0 は、上記のようなポジ型の感光性を有するものであってもよいが、ネガ型の感光性を有するものであってもよい。その場合、その感光性に応じてマスク 7 2 のパターンを反転させるようにすればよい。

【 0 0 9 6 】

[5] コア部 1 4 を覆うように側面クラッド部 1 5 および上側クラッド層 1 2 を形成する工程

次に、コア部 1 4 を覆うように、側面クラッド部 1 5 と上側クラッド層 1 2 とが一体化した部位を形成する（図 3 (c) 参照）。

【 0 0 9 7 】

かかる部位の形成は、例えばフィルムを貼り付ける方法、原料液を塗布する方法等により行うことができるが、特に原料液を塗布する方法により行うのが好ましい。これにより、上側クラッド層 1 2 の上面の平坦化が図られ、取り扱い易い形状の光導波路 1 が得られる。

【 0 0 9 8 】

なお、かかる部位の形成は、下側クラッド層 1 1 の形成と同様にして行うことができる。

以上のような変形例においても、前記実施形態と同様の効果が得られる。

【 0 0 9 9 】

< 光導波路 >

次に、本発明の光導波路の製造方法により製造される光導波路の一例について説明する。

10

20

30

40

50

【0100】

図4は、本発明の光導波路の製造方法により製造される光導波路の一例を示す平面図である。また、図5は、図4に示す光導波路の断面図である。

【0101】

図4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。

【0102】

このような光導波路1は、図5に示すように、下側クラッド層11、コア層13および上側クラッド層12が下方からこの順で積層された積層体と、マスク付き基材7と、を備えている。なお、本明細書では、図5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」といい、上面を「上面104」ともいう。

10

【0103】

コア層13には、図4に示すように、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、下側クラッド層11および上側クラッド層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。

【0104】

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「左上面105」という。）には、上側クラッド層12が積層されていなくてもよい。この場合、左上面105は露出することとなり、他の光学部品に対してコア部14を近接させることができる。これにより、左上面105において、例えば、コア部14と光インターポザー2との間でアディアバティック結合を形成させることができる。このアディアバティック結合とは、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結合のことをいう。

20

【0105】

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。

30

【0106】

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。

【0107】

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。

40

【0108】

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。

【0109】

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 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

50

導波モードをシングルモードにし易くなる。

【0110】

また、図4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。

【0111】

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。

10

【0112】

また、必要に応じて、光導波路1が多層化されていてもよい。具体的には、図5に示す上側クラッド層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。

【0113】

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、ポリアミド系樹脂、ポリイミド系樹脂、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。

20

【0114】

また、下側クラッド層11および上側クラッド層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。

30

【0115】

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。

【0116】

また、光導波路1は、上側クラッド層12の上面に積層されるカバー層(図示せず)を備えていてもよい。

【0117】

カバー層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。

40

【0118】

カバー層の平均厚さは、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および上側クラッド層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。

【0119】

また、マスク付き基材7と下側クラッド層11との間、および、カバー層と上側クラッド層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。

50

【0120】

一方、コア層13の上面104に積層されている上側クラッド層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、上側クラッド層12が設けられることによって、例えば光導波路1の端面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。

【0121】

また、図5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には上側クラッド層12が積層されていない。すなわち、図5に示す光導波路1では、上側クラッド層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。これにより、左上面105に他の光学部品を配置するとき、上側クラッド層12と光学部品との干渉が避けられるとともに、コア層13が露出することとなる。このため、光導波路1と光学部品とを配置し易くなり、左上面105以外では上側クラッド層12によってコア部14を確実に保護しつつ、光導波路1と光学部品との接続性を高めることができる。

10

【0122】

なお、上側クラッド層12は、コア層13の上面104の全体を覆うように積層されていてよい。

【0123】

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と光学部品との距離を近づけることができる。これにより、両者間での光結合効率をより高めることができる。

20

【0124】

このような光導波路1は、前述したようにマスク付き基材7を備えている。このため、マスク72は、コア部14の位置を他の光学部品に対して合わせるためのアライメントマークとして利用可能なものとなる。その結果、光導波路1は、他の光学部品との位置合わせをより正確に行い得るものとなり、他の光学部品との光結合効率を高め得るものとなる。

【0125】

<光導波路の変形例1>

次に、図4に示す光導波路の変形例1について説明する。

30

【0126】

図6は、図4に示す光導波路の変形例1を示す平面図である。また、図7は、図6に示す光導波路の右端面を示す図である。なお、図6、7では、それぞれ光導波路の一部のみを図示している。

【0127】

以下、変形例1について説明するが、以下の説明では図4に示す光導波路と異なる事項を中心に説明し、同様の事項についてはその説明を省略する。

【0128】

図6に示す光導波路1が備えるマスク付き基材7は、平面視でコア部14と重なる領域に設けられた前述のマスク72(第1マスク)に加え、それ以外の領域に設けられたマスク73(第2マスク)をさらに備えている。

40

【0129】

具体的には、図6に示すマスク73は、光導波路1のうち、コア部14の一端が露出している右端面102に設けられている。より具体的には、図6に示す光導波路1は、平面視で長方形をなしているが、右側に位置する短辺の両端にマスク73が設けられている。これにより、コア部14の光入出射面が露出している右端面102、すなわち、図7に示す右端面に、2つのマスク73、73が露出している。その結果、マスク73は、例えば、コア部14の両端のいずれか一方のみが光入射に適した仕様になっている場合、あるいは、光出射に適した仕様になっている場合、その一方を容易に識別するための目印となり

50

得る。すなわち、マスク73をアライメントマークとして利用することができる。このため、光結合効率の高い接続を容易に実現する光導波路1が得られる。

【0130】

また、本変形例では、図6に示すように、コア層13の上面104を平面視した場合においてマスク73を視認することができる一方、図7に示すように、光導波路1の右端面102を平面視した場合においてもマスク73を視認することができる。このため、マスク73を視認するための自由度が高く、光導波路1と他の光学部品との接続作業をより容易に行うことができる。

【0131】

なお、マスク73の個数は、特に限定されない。例えば、コア部14が複数本並列している場合には、それに応じてマスク73が増設されてもよいし、増設されなくてもよい。

10

【0132】

また、マスク73の形状も、特に限定されない。図6に示すマスク73は、四角形をなしているが、円形であってもよく、多角形であってもよく、その他の形状であってもよい。

以上のような変形例1においても、前記実施形態と同様の効果が得られる。

【0133】

<光導波路の変形例2>

次に、図4に示す光導波路の変形例2について説明する。

【0134】

20

図8は、図4に示す光導波路の変形例2を示す平面図である。なお、図8では、光導波路の一部のみを図示している。

【0135】

以下、変形例2について説明するが、以下の説明では前記変形例1と異なる事項を中心に説明し、同様の事項についてはその説明を省略する。

【0136】

図8に示す光導波路1が備えるマスク付き基材7は、マスク73の位置と形状が異なる以外、図6に示す光導波路1と同様である。

【0137】

図8に示すマスク73は、コア部14の長手方向の中間点付近に設けられている。なお、マスク73の位置は、特に限定されず、これ以外の位置であってもよい。

30

【0138】

一方、図8に示すマスク73の形状は、円環状をなしている。円環状のマスクは、それが画像認識される際、外縁のみならず、内縁についても、エッジ座標として認識させることができる。このため、より高精度な位置座標の取得が可能になり、この位置座標を利用して光導波路1と他の光学部品とをより高精度に接続することができる。すなわち、マスク73をアライメントマークとして利用することができる。

【0139】

なお、マスク73の形状は、特に限定されず、図8に示す円環状以外の形状であってもよい。

40

以上のような変形例2においても、前記変形例1と同様の効果が得られる。

【0140】

<光導波路接続体>

次に、図1、2に示す光導波路と光インターポージャーとを接続して得られる光導波路接続体の一例について説明する。

【0141】

図9は、図1、2に示す光導波路と光インターポージャーとを接続して得られる光導波路接続体の一例を示す斜視図であり、図10は、図9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11は、図9に示す光導波路接続体の断面図であり、図12は、図11に示す光導波路接続体の部分拡大図である。また、図13は、図

50

1、2に示す光導波路と光インターポージャーとを接続する様子を示す断面図である。なお、以下の説明では、説明の便宜上、図11、12の上方を「上」、下方を「下」として説明する。

【0142】

図9に示す光導波路接続体10は、光導波路1と、光導波路1の右端部に設けられた光コネクタ5と、光導波路1の接続対象である光インターポージャー2と、実装基板3と、を有している。

【0143】

また、図9に示す光導波路1は、図10に示すように、光コネクタ91を伴う光ファイバ9と接続されるようになっている。すなわち、光導波路1の右端面102は、光信号を入射させるための光入射面であり、光コネクタ5と光コネクタ91とを互いに締結することにより、光ファイバ9の光入射面と光学的に結合される。

10

【0144】

一方、光インターポージャー2は、インターポージャー基板21と、導光部22と、導電部23と、パンプ24と、半導体素子25と、受発光素子26と、を備えている。

【0145】

そして、光導波路1のコア層13の上面104のうち、左端面101近傍の部分（以下、この部分を「左上面105」という。）には、上側クラッド層12が積層されていない（図12参照）。そして、この左上面105上には、図12に示すように、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との間でアディバティック結合が形成される。このアディバティック結合は、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。

20

【0146】

このような光導波路接続体10を製造するには、図13に示すように、光導波路1のコア部14の幅の中心と光インターポージャー2の導光部22の幅の中心とが一致するように双方を配置する。これにより、光結合効率を高めることができる。この際、光導波路1では、マスク72によってコア部14の視認性が間接的に高められているため、光導波路1の位置決めを行い易い。その結果、位置合わせの精度が高くなり、光結合効率を高めることができる。

30

【0147】

（光コネクタ）

光コネクタ5は、図11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。

【0148】

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10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。

40

【0149】

コネクタ本体51の外形状は、特に限定されず、図9～11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。

【0150】

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ージャーに接続されていてもよい。

【0151】

（実装基板）

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、LSI (Large-Scale Integration)、IC (Integrated Circuit)、CPU (Central Processing Unit)、RAM (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。

【0152】

実装基板 3 は、絶縁基板 31 と導電層 32 (電気配線) とを備えている。

10

このうち、絶縁基板 31 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

【0153】

また、導電層 32 は、絶縁基板 31 の内部や表面に設けられる。導電層 32 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。

【0154】

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。

【0155】

(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 21 と、導光部 22 と、導電部 23 と、パンプ 24 と、半導体素子 25 と、受発光素子 26 と、を備えている。

【0156】

インターポージャー基板 21 は、導光部 22 と導電部 23 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。例えば、前述した絶縁基板 31 として挙げた基板やガラス基板、セラミック基板、化合物半導体基板等であってもよいが、好ましくはシリコン基板 (シリコンウエハー) や SOI (Silicon On Insulator) 基板、炭化ケイ素基板が用いられる。

【0157】

導光部 22 は、受発光素子 26 と光導波路 1 とを光学的に接続する。すなわち、導光部 22 は、受発光素子 26 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。

40

【0158】

導光部 22 の幅は、特に限定されないが、光導波路 1 のコア部 14 の幅より狭いのが好ましい。具体的には $0.1 \sim 3 \mu\text{m}$ 程度であるのが好ましく、 $0.2 \sim 2 \mu\text{m}$ 程度であるのがより好ましい。このような導光部 22 は、高密度に形成可能であるため、光インターポージャー 2 の小型化に寄与する。また、光導波路 1 との間で良好な光結合効率を実現する。

【0159】

なお、導光部 22 には、必要に応じて、光信号を分配する分岐部、合波する合流部、共

50

振器等が含まれていてもよい。

【0160】

また、導光部22は、その幅が徐々に変化している部分が含まれていてもよい。例えば、導光部22の長手方向の一端に向かうにつれて幅が徐々に減少している部分（テーパ形状部分）が含まれていてもよい。このようなテーパ形状部分を含むことにより、導光部22とコア部14との光結合効率をより高めることができる。

【0161】

また、導光部22は、前述したように、その幅の中心とコア部14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。

10

【0162】

なお、導光部22の幅の中心とコア部14の幅の中心とが一致しているとは、位置ずれがコア部14の幅の20%以下である状態を指す。

【0163】

さらに、導光部22の光軸およびコア部14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できる。

【0164】

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。

20

【0165】

導電部23は、半導体素子25や受発光素子26とバンプ24とを電気的に接続する。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。導電部23の構成材料は、前述した導電層32の構成材料と同様のものから選択可能である。

【0166】

バンプ24は、インターポージャー基板21の下面に設けられ、光インターポージャー2と実装基板3とを電気的および機械的に接続する。バンプ24としては、例えば金バンプやはんだバンプ等が挙げられる。

30

【0167】

半導体素子25としては、例えば、ドライバーIC、トランスインピーダンスアンプ（TIA）、リミッティングアンプ（LA）、またはこれらの素子を複合したコンビネーションIC、LSI、CPU、RAM、ROM、センサー素子等のような能動素子が挙げられる。

【0168】

また、光インターポージャー2には、その他に、コンデンサー、コイル、抵抗、ダイオード、圧電素子等のような受動素子が搭載されていてもよい。

【0169】

なお、半導体素子25は、好ましくはベアチップとして搭載される。これにより、光インターポージャー2のさらなる小型化を図ることができる。

40

【0170】

受発光素子26としては、例えば、発光ダイオード、レーザーダイオードのような発光素子、フォトダイオードのような受光素子、またはこれらを複合した複合素子等が挙げられる。

【0171】

なお、半導体素子25や受発光素子26の実装方法は、特に限定されず、図示したフェイスダウンでのフリップチップ実装以外の実装方法であってもよい。

【0172】

50

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。

【0173】

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。

【0174】

< 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 とが高い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が得られる。

【0175】

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。

【0176】

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。

【0177】

以上、本発明の光導波路の製造方法を、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。

例えば、前記実施形態には任意の工程が付加されていてもよい。

【符号の説明】

【0178】

- 1 光導波路
- 2 光インターポージャー
- 3 実装基板
- 5 光コネクタ
- 7 マスク付き基材
- 9 光ファイバー
- 10 光導波路接続体
- 11 下側クラッド層
- 12 上側クラッド層
- 13 コア層
- 14 コア部
- 15 側面クラッド部
- 21 インターポージャー基板
- 22 導光部
- 23 導電部
- 24 パンプ
- 25 半導体素子
- 26 受発光素子

10

20

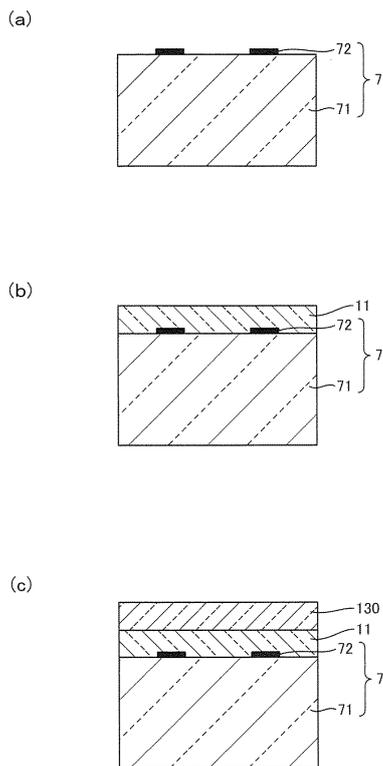
30

40

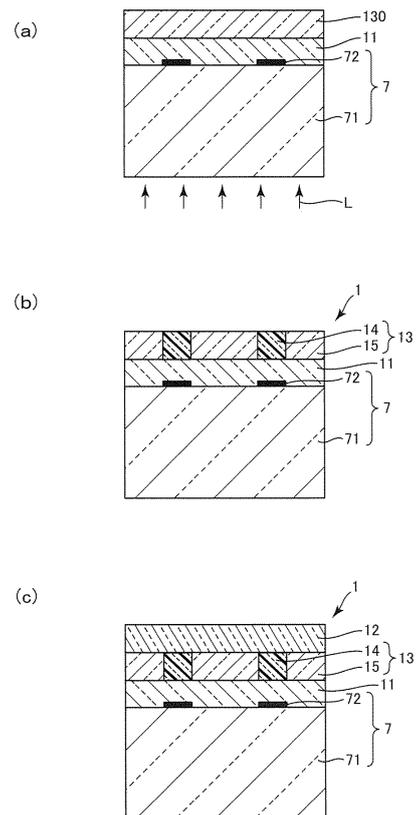
50

- 3 1 絶縁基板
- 3 2 導電層
- 5 0 貫通孔
- 5 1 コネクタ本体
- 7 1 基材
- 7 2 マスク
- 7 3 マスク
- 9 1 光コネクタ
- 1 0 1 左端面
- 1 0 2 右端面
- 1 0 3 下面
- 1 0 4 上面
- 1 0 5 左上面
- 1 2 1 左端面
- 1 3 0 コア形成層
- L 活性放射線

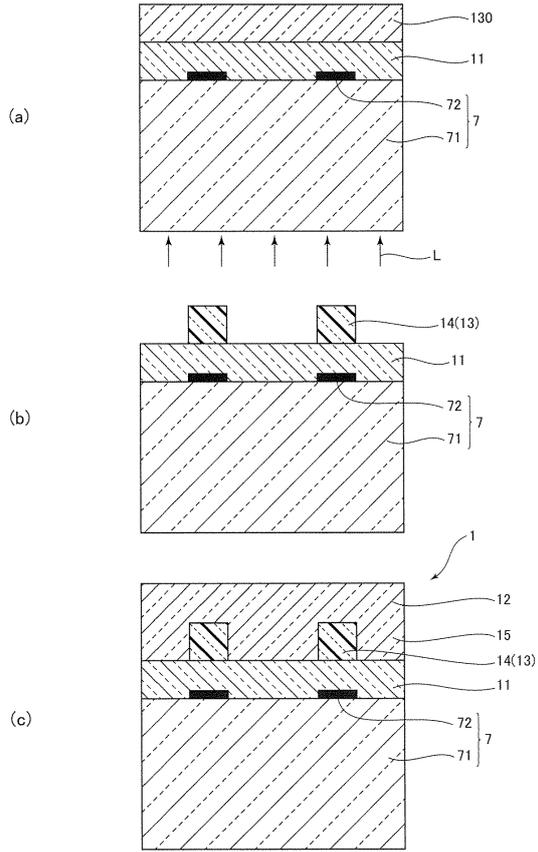
【図1】



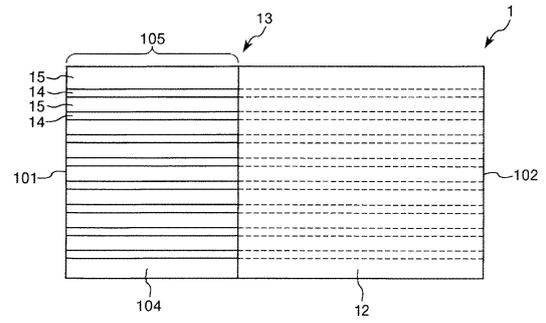
【図2】



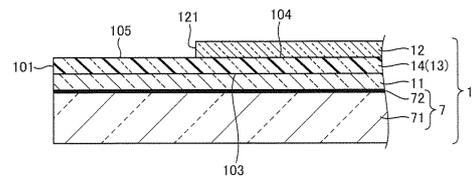
【図3】



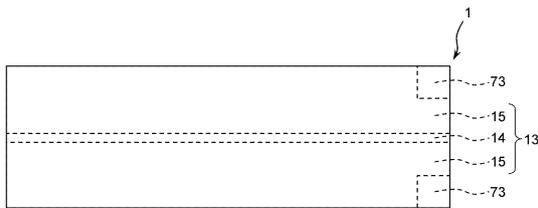
【図4】



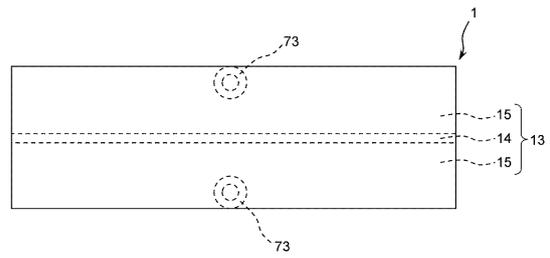
【図5】



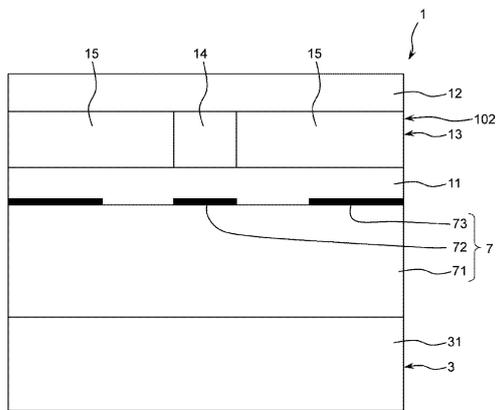
【図6】



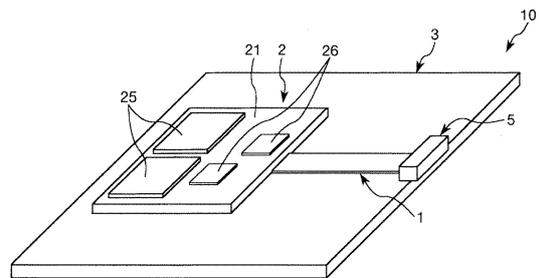
【図8】



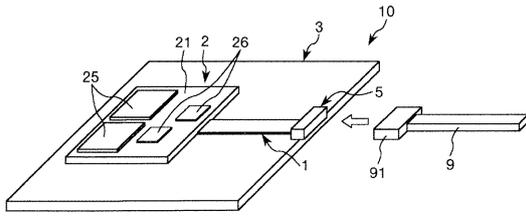
【図7】



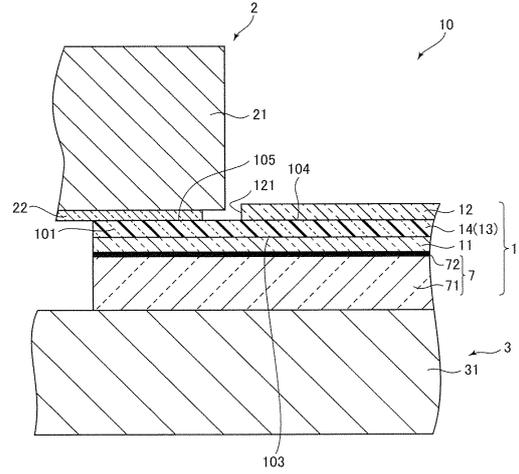
【図9】



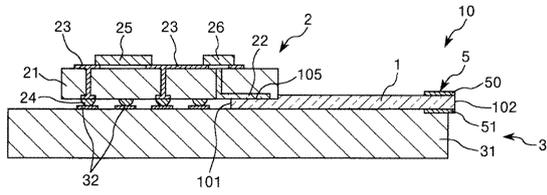
【図10】



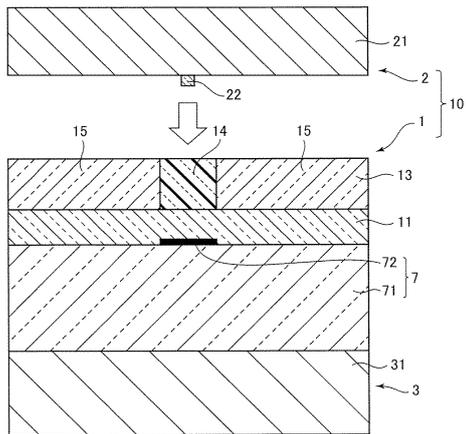
【図12】



【図11】



【図13】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2006-058357(JP,A)
特開2014-199369(JP,A)
特開2012-163837(JP,A)
特開2015-106034(JP,A)
特開2013-015736(JP,A)
米国特許第06366730(US,B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 6/12 - 6/14
6/26 - 6/27
6/42 - 6/43