

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6048032号
(P6048032)

(45) 発行日 平成28年12月21日(2016.12.21)

(24) 登録日 平成28年12月2日(2016.12.2)

(51) Int. Cl. F I
GO2B 6/132 (2006.01) GO2B 6/132
GO2B 6/122 (2006.01) GO2B 6/122 311

請求項の数 5 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2012-209967 (P2012-209967)	(73) 特許権者	000004455
(22) 出願日	平成24年9月24日 (2012.9.24)		日立化成株式会社
(65) 公開番号	特開2014-66750 (P2014-66750A)		東京都千代田区丸の内一丁目9番2号
(43) 公開日	平成26年4月17日 (2014.4.17)	(74) 代理人	100078732
審査請求日	平成27年8月5日 (2015.8.5)		弁理士 大谷 保
		(74) 代理人	100119666
			弁理士 平澤 賢一
		(74) 代理人	100125092
			弁理士 佐藤 玲太郎
		(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】 光導波路及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

下部クラッド層と、
 前記下部クラッド層に積層され、光信号が伝搬するコア部と、
 前記下部クラッド層において、前記コア部とは反対の面側に、形成された突起部とを備え、

前記コア部において前記突起部の近傍の部分である突起部近傍部分の厚みは薄く、
 前記コア部は、前記コア部において、前記突起部近傍部分から光信号が伝搬する伝搬方向に進むにつれて、前記コア部の厚みが厚くなる厚みテーパ部を有する、光導波路の製造方法であって、

前記下部クラッド層を形成する下部クラッド層形成工程と、
前記突起部を形成する突起部形成工程と、
前記突起部形成工程の後に、前記コア部を形成するコア部形成工程と、
前記突起部近傍部分の厚みが薄くなるように、前記突起部を押し込む押し込工程とを含み

、
前記押し込工程は、前記コア部形成工程と同時に又は前記コア部形成工程の後に行なわれる、光導波路の製造方法。

【請求項2】

前記押し込工程は、前記突起部近傍部分が薄くなるよう、前記コア部の上面を平坦化することを含む、請求項1に記載の光導波路の製造方法。

【請求項 3】

前記突起部形成工程は、前記下部クラッド層形成工程と同時に又は前記下部クラッド層形成工程の後に行われる、請求項 1 又は 2 に記載の光導波路の製造方法。

【請求項 4】

光導波路は前記下部クラッド層を積層する基板を含み、

さらに、前記基板の厚み方向に貫通する開口部を形成する開口部形成工程を含み、

前記下部クラッド層形成工程及び前記突起部形成工程は、前記開口部形成工程の後に行われ、

前記下部クラッド層形成工程及び前記突起部形成工程は、前記基板の一方の表面にクラッド層形成用樹脂を、他方の表面に突起部形成用樹脂フィルムを、同時に積層し、フォト
10
リソグラフィ加工によって前記下部クラッド層と前記突起部とを同時に形成する工程を有する、請求項 1 から 3 のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

【請求項 5】

さらに、前記コア部形成工程の後に、光路変換ミラーを形成するミラー形成工程を含む、請求項 1 から 4 のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光導波路及びその製造方法に関する。本発明は、特に、厚み方向にテーパ
20
を有するコア部の厚みの薄い部分の位置を容易に認識することができる光導波路及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

情報容量の増大に伴い、幹線やアクセス系といった通信の分野のみならず、ルータやサーバ内の情報処理の分野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
30
いる。具体的には、光インターコネクション技術は、ルータやサーバ装置内のボード間又はボード内の電子部品間の短距離信号伝送に、電気的なノイズの影響を受けない光を用いる。このため、光インターコネクション技術は、光が伝搬する光伝送路として、光ファイバに比べ、光伝送路の設計自由度が高く、かつ高密度化が可能な光導波路を用いる。

【0003】

また、光導波路は、光が伝搬するコア部を有し、コア部の両端は、光が入射する受光部
と、光を放射させる発光部とされる。光導波路は、光学製品のデバイスとして用いられる際、例えば、光ファイバ、フォトダイオード、レーザーダイオード等の光学素子と接続して用いられることがある（例えば、特許文献 1）。

【0004】

コア部をコアパターンで形成する場合、そのコアパターンの厚みを増減させる方法としては、所定の部分を削ったコア層形成用樹脂フィルムを基板に形成して、所定の部分が薄
40
いコアパターンを形成する方法がある（例えば、特許文献 2）。しかし、この方法では、基板内に複数のコアパターンを形成すると、基板表面からコアパターンの厚みの最も薄い部分の位置を認識することは困難であり、例えば、最も厚みの薄い部分に光路変換ミラーや端面の切り出しなどを精度よく形成しにくいという課題があった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2001 - 42149 号

【特許文献 2】特許第 4679582 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、前記の課題を解決するためになされたもので、厚み方向にテーパを有する
50

コア部の厚みの薄い部分の位置を認識することが容易な光導波路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】

【0007】

本発明に係る光導波路及びその製造方法は、以下のとおりである。

[1] 下部クラッド層と、

前記下部クラッド層に積層され、光信号が伝搬するコア部と、

前記下部クラッド層において、前記コア部とは反対の面側に、形成された突起部とを備え、

前記コア部において前記突起部の近傍の部分である突起部近傍部分の厚みは薄く、

前記コア部は、前記コア部において、前記突起部近傍部分から光信号が伝搬する伝搬方向に進むにつれて、前記コア部の厚みが厚くなる厚みテーパ部を有する、光導波路。

[2] 前記突起部が透明な材料で形成されている、[1]に記載の光導波路。

[3] 前記突起部が感光性樹脂を含む、[1]又は[2]に記載の光導波路。

[4] さらに、前記突起部近傍部分に光路変換ミラーを備える、[1]から[3]のいずれかに記載の光導波路。

[5] 前記コア部がコアパターンである、[1]から[4]のいずれかに記載の光導波路。

[6] 前記コアパターンが、前記突起部近傍部分から前記伝搬方向に進むにつれて、前記コアパターンの幅が広がる幅テーパ部を有する、[5]に記載の光導波路。

[7] さらに、前記下部クラッド層及び前記コア部が積載されている基板とを備え、

前記基板がフレキシブルな材料で形成されている、[1]から[6]のいずれかに記載の光導波路。

[8] 前記基板は開口部を有し、

前記下部クラッド層と前記突起部とが、前記開口部を介して接続されている、[7]に記載の光導波路。

[9] 前記下部クラッド層を形成する下部クラッド層形成工程と、

前記突起部を形成する突起部形成工程と、

前記突起部形成工程の後に、前記コア部を形成するコア部形成工程と、

前記突起部近傍部分の厚みが薄くなるように、前記突起部を押し込む押し込み工程とを含み

、前記押し込み工程は、前記コア部形成工程と同時に又は前記コア部形成工程の後に行なわれる、[1]から[8]のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

[10] 前記押し込み工程は、前記突起部近傍部分が薄くなるよう、前記コア部の上面を平坦化することを含む、[9]に記載の光導波路の製造方法。

[11] 前記突起部形成工程は、前記下部クラッド層形成工程と同時に又は前記下部クラッド層形成工程の後に行われる、[9]又は[10]に記載の光導波路の製造方法。

[12] 光導波路は前記下部クラッド層を積層する基板を含み、

さらに、前記基板の厚み方向に貫通する開口部を形成する開口部形成工程を含み、

前記下部クラッド層形成工程及び前記突起部形成工程は、前記開口部形成工程の後に行われ、

前記下部クラッド層形成工程及び前記突起部形成工程は、前記基板の一方の表面にクラッド層形成用樹脂を、他方の表面に突起部形成用樹脂フィルムを、同時に積層し、フォトリソグラフィ加工によって前記下部クラッド層と前記突起部とを同時に形成する工程を有する、[9]から[11]のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

[13] さらに、前記コア部形成工程の後に、光路変換ミラーを形成するミラー形成工程を含む、[9]から[12]のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

【発明の効果】

【0008】

本発明に係る光導波路は、特に、厚み方向にテーパを有するコア層やコアパターンで

10

20

30

40

50

あるコア部の厚みの薄い部分の位置を認識することが容易なテーパ付きの光導波路を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明に係る第1実施形態の光導波路を示す一部を省略した斜視図である。

【図2】図1に示す光導波路の製造方法を説明する側面図である。

【図3】図2に続く光導波路の製造方法を説明する側面図である。

【図4】図3に続く光導波路の製造方法を説明する側面図である。

【図5】図4に続く光導波路の製造方法を説明する側面図である。

【図6】本発明に係る第2実施形態の光導波路を示す一部を省略した斜視図である。

10

【図7】図6に示す光導波路の製造方法を説明する側面図である。

【図8】図7に続く光導波路の製造方法を説明する側面図である。

【図9】図8に続く光導波路の製造方法を説明する側面図である。

【図10】本発明に係る第3実施形態の光導波路の製造方法を説明する側面図である。

【図11】図10に示す光導波路の製造方法を説明する側面図である。

【図12】図11に続く光導波路の製造方法を説明する側面図である。

【図13】本発明に係る第4実施形態の光導波路を示す一部を省略した平面図である。

【図14】本発明に係る第5実施形態の光導波路を示す一部を省略した平面図である。

【図15】本発明に係る第6実施形態の光導波路を示す一部を省略した平面図である。

【発明を実施するための形態】

20

【0010】

図1を参照して、本発明に係る第1実施形態の光導波路100を説明する。

図1に示すように、光導波路100は、基板10と、基板10に積層された下部クラッド層21と、下部クラッド層21に積層され、光信号が伝搬するコア部の一実施形態であるコア層22と、コア層22を覆うように下部クラッド層21の上方に積層された上部クラッド層23と、光路変換ミラー40と、突起部60とを備える。突起部60付近のコア層22の厚みは他の部分より薄い。コア層22は、光信号が伝搬する伝搬方向Lにおいて、突起部60の近傍部分である突起部近傍部分22dから離れる方向に進むにつれて、厚みtが厚くなるテーパ部22cを有する。

【0011】

30

基板10は、基板本体11と、接着層12とを含む。基板10の一方の表面10aに下部クラッド層21が積層配置され、他方の表面10bには突起部60が配置されている。

基板本体11は、光導波路100の製造工程中に、基板本体11が図3に示すような変形が可能ないように、変形が容易な樹脂で形成された板状の基材で形成されている。基板本体11は、透過性のある材料で形成されていることが好ましい。基板本体11は、例えば、柔軟性及び強靱性のあるフレキシブル基板を用いることが好ましく、さらに、クラッド層形成用樹脂フィルム及びコア層形成用樹脂フィルムのキャリアフィルムを基板として用いることが好ましい。

【0012】

基板本体11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、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などが挙げられる。

40

基板本体11の厚さは、基板本体11が変形し得る範囲内であれば特に制限はないが、 $5\mu\text{m}$ ～ $500\mu\text{m}$ であることが好ましい。基板本体11が容易に変形するよう、基板本体11の厚さは、 $10\mu\text{m}$ ～ $50\mu\text{m}$ であることが好ましい。基板本体11の厚さを薄くすると、急峻なテーパを有するコア層22を形成することができる。基板本体11の厚さを厚くすると、緩やかなテーパを有するコア層22を形成することができる。このため、コア層22のテーパの角度が所望の角度になるよう、基板本体11の厚さを適宜調整することが好ましい。

【0013】

50

また、基板本体 11 を低い弾性率の材料で形成すると、急峻なテーパーを有するコア層 22 を形成することができる。基板本体 11 を高い弾性率の材料で形成すると、緩やかなテーパーを有するコア層 22 を形成することができる。このため、コア層 22 のテーパーの角度が所望の角度になるよう、基板本体 11 の弾性率を適宜調整することが好ましい。基板本体 11 の弾性率を 200 MPa ~ 20 GPa の範囲内にすると、0.05 ~ 2.0 MPa 程度の圧力を基板本体 11 に与えるだけで、基板 10 を変形させることができる。

【0014】

本発明において、コア層 22 と突起部 60 との間に、下部クラッド層 21 からなる単層体、下部クラッド層 21 と基板 10 とからなる積層体、又は、下部クラッド層 21 と接着層 12 と基板本体 11 とからなる積層体が配置されるため、コア層 22 の厚み方向のテーパーは、途切れることなく連続にかつなめらかに形成される。

10

【0015】

接着層 12 は、基板 10 と下部クラッド層 21 との間の密着性を高めるために、基板本体 11 の一方の表面に設けられている。

接着層 12 の種類としては特に限定されないが、両面テープ、UV硬化性接着剤、熱硬化性接着剤、プリプレグ、ビルドアップ材など、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が、基板本体 11 の変形時に、基板本体 11 と同様に接着層 12 も変形する材料であることが好ましい。

基板本体 11 と下部クラッド層 21 との間に接着性がある場合には、接着層 12 を省略してもよい。

20

【0016】

突起部 60 は、基板 10 の両表面のうち下部クラッド層 21 が形成された表面 10b とは反対の表面 10a に形成されている。突起部 60 は、基板 10 を変形させることができる大きさであればよく、伝搬方向 L と直角の方向である基板 10 の幅方向 W の寸法と同じ寸法を有し、基板 10 の他方の表面 10a の中央に伝搬方向 L を横切るように形成されている。

突起部 60 の形状は特に限定はなく、円柱状、多角形柱状、曲面の凸状、階段状であってもよく、ドット状、線状、リング状等のパターン形状であってもよい。コア層 22 のテーパー部 22c が緩やかになるよう、突起部 60 の形状を、曲面を持つ凸状、階段状等の形状とすることが好ましい。

30

なお、突起部 60 の形状は、突起部 60 の材質として透明性がない金属パターン等を用いる場合には、光路変換ミラー 40 によって偏向された光信号が突起部 60 に干渉しないように、開口したリング形状とすることが好ましい。

【0017】

突起部 60 の厚さ寸法（基板 10 の表面 10a に直角の方向の寸法）は、特に限定はないが、コア層 22 が所望するテーパー量（コア層 22 の樹脂の最大厚みと最小厚みとの差）、基板 10 の厚み、基板 10 の弾性率によって適宜選択される。

突起部 60 の厚さは、コア層 22 のテーパーを形成する部分の樹脂の厚みを超えない範囲で、 $0.5 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$ であるとよく、突起部 60 の厚み t を { (所望するテーパー量) + (基板の変形時の厚み変化量) } にすると、所望のテーパー量を有するテーパー部 22c が得られる。また、平面基板 70（図 3 参照）を用いて基板 10 を変形させる場合には、突起部 60 の厚み t を { (所望するテーパー量) + (基板 10 の変形時の厚み変化量) + (平面基板 70 の厚み方向の変形量) } にすると、所望のテーパー量を有するテーパー部 22c が得られる。

40

突起部 60 の厚み t は、平面基板 70 のほかに、樹脂フィルムに用いられるキャリアフィルム、基板 10 の変形時に厚み方向における厚さが変化したり変形したりする材料がある場合には、その変化量や変形量を突起部 60 の厚みに加算することが好ましい。

【0018】

突起部 60 の材質としては、特に制限はなく、基板 10 の中央に外力を作用させて基板 10 を変形させ得る際に生じる弾性力に耐え得る材料であることが好ましい。

50

また、突起部 60 の材質としては、光導波路 100 のコア層 22 を伝搬する光信号の信号波長に対して透明である材料であることが好ましい。光路変換ミラー 40 で反射された光信号が突起部 60 を透過するよう、突起部 60 を透明な感光性レジストパターンで形成することが好ましい。

突起部 60 が高い位置精度で基板 10 の表面 10 a に形成されるよう、突起部 60 を感光性のレジストパターン、金属パターンなどで形成することが好ましい。

【0019】

下部クラッド層 21 は、基板 10 の表面 10 b に積層されている。下部クラッド層 21 は、表面が平坦な板状に形成されている。下部クラッド層 21 は、寸法安定性を維持できる厚さを有する材料で形成されることが好ましい。

10

【0020】

コア層 22 は、下部クラッド層 21 又は基板 10 と略同じ広さを有し、下部クラッド層 21 に積層されている。突起部 60 が形成されている突起部近傍部分 22 d のコア層 22 の厚み t は、それ以外の厚みよりも薄い。コア層 22 は、突起部近傍部分 22 d から光信号が伝搬する伝搬方向 L に進むにつれて、コア層 22 の厚みが厚くなる厚みテーパ部 22 c を有する。

このとき、光導波路 100 のコア層 22 の両端をフォトダイオードやレーザーダイオードに接続させる際に、フォトダイオードに向けて光を発射させる光導波路 100 の発光部となる端面 22 a の厚さ方向の寸法を他の部分の厚さより小さく、また、レーザーダイオードから光を受光する受光部である端面 22 b の厚さ方向の寸法を他の部分の厚さより大きくすることができる。これにより、出射部近傍に、受光素子や受光用の光ファイバなどの受光器を設置した際に、光導波路 100 と受光器との間の結合損失を低減することができると共に、光導波路 100 と光学素子とを接続する際の位置合わせトレランスが確保できる。

20

スポット径又は広がり角の拡縮はトレードオフの関係にあるが、使用する受光器の種類や、位置によって適宜用いることができる。

【0021】

上部クラッド層 23 は、コア層 22 を覆うように下部クラッド層 21 の上方に積層されている。上部クラッド層 23 は、コア層 22 の突起部近傍部分 22 d の表面が凹んでいる（図 3 参照）ので、上部クラッド層 23 の上面が平坦になるよう、その近傍の厚さが厚い凸形状を有する。

30

【0022】

下部クラッド層 21 及び上部クラッド層 23 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で形成することが好ましい。

コア層 22 は、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形成することが好ましい。コア層形成用樹脂は、下部クラッド層 21 及び上部クラッド層 23 より高屈折率であることが好ましい。

【0023】

クラッド層形成用樹脂としては、コア層 22 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。

40

下部クラッド層 21 は、下部クラッド層 21 が変形された形状を保持することができるよう、光硬化性がある材料で形成することが好ましい。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 21 及び上部クラッド層 23 において、樹脂組成物に含有する成分が互いに同一であったり異なっていたりしてもよく、また、樹脂組成物の屈折率が互いに同一であったり異なっていたりしてもよい。

【0024】

下部クラッド層 21 及び上部クラッド層 23 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ることが好ましい。例えば、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、

50

溶媒を除去することにより、ラミネートに用いるクラッド層形成用樹脂フィルムを容易に製造することができる。

【0025】

下部クラッド層21及び上部クラッド層23は、下部クラッド層21及び上部クラッド層23を乾燥させた状態において、 $5\mu\text{m} \sim 500\mu\text{m}$ の範囲の厚みであることが好ましい。コア層22を伝搬する光信号が閉じ込められるよう、下部クラッド層21及び上部クラッド層23の厚みを $5\mu\text{m}$ 以上にすることが好ましい。また、下部クラッド層21及び上部クラッド層23の膜厚を容易に均一に制御することができるよう、膜厚を $500\mu\text{m}$ 以下にすることが好ましい。また、下部クラッド層21及び上部クラッド層23は、 $10\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ の範囲内の厚みであることがより好ましい。

10

【0026】

コア層形成用樹脂フィルムの厚みについては特に限定されず、乾燥後のコア層22の厚みは、通常、 $10\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ であることが好ましい。コア層形成用樹脂フィルムの厚みが $10\mu\text{m}$ 以上であると、形成された光導波路100と受発光素子又は光ファイバとの結合において、受発光素子又は光ファイバの位置合わせトレランスが拡大する。乾燥後のコア層22の厚みが $100\mu\text{m}$ 以下であると、形成された光導波路100と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。コア層形成用樹脂フィルムの厚みは、さらに、 $30\mu\text{m} \sim 70\mu\text{m}$ の範囲であることが好ましい。

【0027】

クラッド層形成用樹脂フィルム及びコア層形成用樹脂フィルムはキャリアフィルム上に形成することが好ましい。キャリアフィルムの種類としては、柔軟性及び強靱性のあるキャリアフィルムが好ましく、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、ポリイミドが好適に挙げられる。キャリアフィルムの厚みは、 $5\mu\text{m} \sim 200\mu\text{m}$ であることが好ましい。キャリアフィルムの厚みが $5\mu\text{m}$ 以上であると、キャリアフィルムとしての強度が得やすい。キャリアフィルムの厚みが $200\mu\text{m}$ 以下であると、パターン形成時のマスクとのギャップが小さくなり、より微細なパターンを形成することができる。キャリアフィルムの厚みは、 $10\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ の範囲であることがより好ましく、 $15\mu\text{m} \sim 50\mu\text{m}$ であることが特に好ましい。

20

30

【0028】

光路変換ミラー40は、コア層22を伝搬する光信号を基板10がある方向に光路変換したり、基板10の垂直方向からの光信号を伝搬方向Lに光路変換したりすることができるよう、下部クラッド層21、コア層22及び上部クラッド層23を一体的に削って形成したV溝30の側面に形成されている。光路変換ミラー40は、コア層22の端面22bを覆うように、V溝30の側面に露出したV溝30の側面に形成されている。光路変換ミラー40は、 $40 \sim 50^\circ$ の斜面であることが好ましく、 45° の斜面であることがより好ましい。また、V溝30の側面(端面22b)に蒸着装置を用いて、金等の金属を蒸着し、反射金属層を備えた光路変換ミラー40としてもよい。

40

【0029】

次に光導波路100の製造方法を図2から図5を用いて説明する。

図2を参照して、基板10上に下部クラッド層21を形成する下部クラッド層形成工程を説明する。

下部クラッド層21の形成方法としては特に限定はないが、下部クラッド層形成用樹脂をスピンコート、コンマコート、ダイコート等を用いて基板10上に塗布したり、あらかじめキャリアフィルム上に塗工したドライフィルム形状の下部クラッド層形成用樹脂フィルムを、ロールラミネータ、真空ロールラミネータ、真空ラミネータ、常圧プレス、真空プレス等を用いてラミネート形成したりする。コア層22の形成時に下部クラッド層21

50

の厚み量の変化（膜減り）が抑制するよう、必要に応じて下部クラッド層 2 1 を光や熱によって硬化させることが好ましい。

【 0 0 3 0 】

次に、基板 1 0 の表面 1 0 a に突起部 6 0 を形成する突起部形成工程を説明する。

下部クラッド層 2 1 が形成された表面 1 0 b とは反対の表面 1 0 a に突起部 6 0 を形成する。突起部形成工程は下部クラッド層形成工程の前でも後でも同時でもよいが、下部クラッド層 2 1 の厚み量の変化（膜減り）が抑えられるよう、下部クラッド層形成工程の後に突起部形成工程を行うことが好ましい。

突起部 6 0 の形成方法は、基板 1 0 の表面 1 0 a から突出した形状を形成することができれば特に限定されない。

10

突起部 6 0 は、例えば、突起部形成用樹脂を基板 1 0 の表面 1 0 a に形成した後に、凹版にて基板 1 0 の表面 1 0 a に突起部 6 0 を形成する方法で形成してもよい。

また、突起部 6 0 は、凹版を基板 1 0 の表面 1 0 a に押し、基板 1 0 の表面 1 0 a を変形させる方法で形成してもよい。

また、突起部 6 0 は、突起部形成用樹脂を基板 1 0 の表面 1 0 a に形成した後に、フォトリソグラフィ加工によってテーパターン化する方法で形成してもよい。フォトリソグラフィ加工によって形成する場合には、工程数が低減するよう、下部クラッド層形成工程と突起部形成工程とを同時に行うことが好ましい。具体的には、基板 1 0 の一方の表面 1 0 b に下部クラッド層形成用樹脂層を、もう一方の表面 1 0 a に突起部形成用樹脂層を同時に形成し、突起部形成用樹脂層に露光を行った後に、エッチングによって突起部 6 0 を形成する。

20

【 0 0 3 1 】

次に、図 3 を参照して、コア部のうちコア層 2 2 を形成するコア部形成工程について説明する。

コア層 2 2 の形成方法としては特に限定はないが、コア層形成用樹脂をスピンコータ、コンマコータ、ダイコータ等を用いて下部クラッド層 2 1 の表面に塗布する方法や、あらかじめキャリアフィルム上に塗工したドライフィルム形状のコア層形成用樹脂フィルムを、ロールラミネータ、真空ロールラミネータ、真空ラミネータ、常圧プレス、真空プレス等を用いてラミネート形成してもよい。

そして、コア層形成用樹脂を積層すると同時又は後に、基板 1 0 の表面 1 0 a のうち突起部 6 0 が形成されている部分が凹むように、突起部 6 0 をコア層 2 2 側に押し込む。これにより、基板 1 0 の中央部分 a 及び基板 1 0 に積層された下部クラッド層 2 1 の突起部近傍部分 2 2 d が押し上げられ、基板 1 0 の中央部分 a の近傍部分 b の表面がテーパ形状になる。つまり、基板 1 0 及び下部クラッド層 2 1 は、それぞれ、中央部分 a 及び突起部近傍部分 2 2 d を天辺とする凸状に変形する。

30

このとき、基板 1 0 が塑性変形しても、コア層 2 2 の下面は凹んだ状態となるため、コア層 2 2 をテーパ形状に形成することができるが、基板 1 0 の寸法安定性を確保するために、基板 1 0 を変形させるようにすることが好ましい。

【 0 0 3 2 】

基板 1 0 及び下部クラッド層 2 1 を、凸状に変形させた状態で、突起部近傍部分 2 2 d が薄くなるよう、コア層形成用樹脂を塗布し、その上面を平坦化する。これにより、コア層 2 2 の上面が平坦になる。そして、コア層形成用樹脂を下部クラッド層 2 1 の形成方法と同様の方法でコア層 2 2 を形成する。このとき、コア層 2 2 の中央部分 a の厚さは薄く、その近傍部分 b は、中央部分 a から離れるに従って、厚さが厚くなっている。また、コア層 2 2 の下面の中央は凹んだ状態になっている。

40

突起部 6 0 を基板 1 0 に押し込む方法は、特に限定はないが、平面基板 7 0 を基板 1 0 のうち突起部 6 0 がある側に設置し、平面基板 7 0 を基板 1 0 側に圧力を作用させる方法であることが好ましい。

【 0 0 3 3 】

平面基板 7 0 は、光導波路 1 0 0 を製造する際に用いられる基板であり、基板 1 0 より

50

も大きい板状部材であることが好ましい。平面基板 70 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などが挙げられるが、平面基板 70 が、基板 10 が変形するように、突起部 60 を介して基板 10 の一部を押し上げる際の圧力で、変形しにくい材料であることが好ましい。特に、平面基板 70 は、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、金属基板がより好ましい。

【0034】

図 4 に示すように、突起部 60 を基板 10 に押し込むことを辞めると、基板 10 は、弾性力により、板状に戻ると共に、下部クラッド層 21 も板状に戻る。これに伴い、コア層 22 の下面も凹状から平面状になると共に、コア層 22 の突起部近傍部分 22d の上面が凹んだ状態になる。

【0035】

次に、上部クラッド層 23 を形成する上部クラッド層形成工程を説明する。

上部クラッド層 23 は、下部クラッド層 21 と同様の方法で形成することが好ましい。このとき、コア層 22 の突起部近傍部分 22d の上面は凹んでいるので、上部クラッド層 23 の厚さは、基板 10 の中央部分 a に積層された部分は厚く、基板 10 の近傍部分 b に積層された部分は中央部分 a から離れるに従って薄くなり、近傍部分 b に積層された部分より外側の部分は薄い。また、コア層 22 の端面 22a は、上部クラッド層 23 から露出している。

【0036】

次に、図 5 を参照して、光路変換ミラーを形成するミラー形成工程について説明する。

ミラー形成工程は、上部クラッド層形成工程又はコア層形成工程の後に、光路変換ミラー 40 を設けることが好ましい。

光路変換ミラー 40 の形成方法としては、公知の方法を適用することができる。例えば、上部クラッド層 23 の上面から、ダイシングソーやレーザアブレーション等を用いて V 溝 30 を形成する。このとき、コア層 22 の端面 22b が形成され、この端面 22b を光路変換ミラー 40 として機能させる。

ミラー形成工程においては、突起部 60 を位置合わせマーカとして、切削位置決めに用いることによって、コア層 22 のうち最も厚みの薄い部分に正確な位置に光路変換ミラー 40 を形成することができる。光路変換ミラー 40 の角度は、40 ~ 50 ° の斜面であることが好ましく、45 ° の斜面であることがより好ましい。また、光路変換ミラー 40 を加工した後に蒸着装置を用いて、金等の金属を蒸着し、反射金属層を備えるようにしてもよい。

【0037】

このように、光導波路 100 の製造は、基板 10 の一方の表面 10b に下部クラッド層 21 を形成する下部クラッド層形成工程と、基板 10 の他方の表面 10a に突起部 60 を形成する突起部形成工程と、突起部形成工程の後に、下部クラッド層 21 上にコア層 22 を形成するコア部形成工程と、突起部 60 付近のコア層 22 の厚みが薄くなるように、突起部 60 を基板 10 の他方の表面 10a から一方の表面 10b の方向である押し込み方向に押し込む押し込み工程と、コア層 22 上に上部クラッド層 23 を形成する上部クラッド層形成工程とを含む。ここで、押し込み工程は、コア部形成工程と同時に又はコア部形成工程の後に行う。

【0038】

これにより、基板 10 上に光導波路 100 のコア層 22 を形成する際に、基板 10 の一部に設けられた突起部 60 を押し込み方向に押し込み、基板 10 の一部が押し上げられた状態で、コア層 22 の表面を平坦化することにより、コア層 22 において突起部 60 によって押し上げられたコア層 22 の一部が他の部分より薄くなり、コア層 22 はテーパ状に形成される。

10

20

30

40

50

そして、突起部 60 の押し込み深さを調整することによってテーパ状が形成されているコア層 22 の厚さを調整することができ、ひいては、コア層 22 のテーパの角度を調節することができる。

また、突起部 60 付近のコア層 22 の厚みが最も薄くなるため、テーパが形成されたコア層 22 の最も薄い部分を容易に特定することができる。

【0039】

図 6 を参照して、本発明に係る第 2 実施形態の光導波路 100 a を説明する。なお、光導波路 100 と同じ構成については、同じ符号を付して、説明を省略する。

【0040】

図 6 に示すように、光導波路 100 a は、基板 10 と、基板 10 に積層された下部クラッド層 21 と、下部クラッド層 21 に積層され、光信号が伝搬するコア部の別の実施形態であるコアパターン 24 と、コアパターン 24 を覆うように下部クラッド層 21 の上方に積層された上部クラッド層 23 と、光路変換ミラー 40 と、突起部 60 a とを備える。突起部 60 a の近傍である突起部近傍のコアパターン 24 の厚みは薄く、幅は狭い。コアパターン 24 の厚み t は、突起部 60 a の突起部近傍から光信号が伝搬する伝搬方向 L に進むにつれて、厚くなり、幅 w も同様に広がるテーパ部 24 c を有する。

【0041】

基板 10 は、基板本体 11 と接着層 12 とを備える。基板本体 11 の厚さは、基板本体 11 が変形し得る範囲内であれば特に制限はないが、基板本体 11 の厚さを薄くすると、急峻なテーパを有するコアパターン 24 を形成することができる。基板本体 11 の厚さを厚くすると、緩やかなテーパを有するコアパターン 24 を形成することができる。このため、コアパターン 24 のテーパの角度が所望の角度になるよう、基板本体 11 の厚さを適宜調整することが好ましい。

また、基板本体 11 を低い弾性率の材料で形成すると、急峻なテーパを有するコアパターン 24 を形成することができる。基板本体 11 を高い弾性率の材料で形成すると、緩やかなテーパを有するコアパターン 24 を形成することができる。このため、コアパターン 24 のテーパの角度が所望の角度になるよう、基板本体 11 の弾性率を適宜調整することが好ましい。基板本体 11 の弾性率を $200 \text{ MPa} \sim 20 \text{ GPa}$ の範囲にすると、 $0.05 \sim 2.0 \text{ MPa}$ 程度の圧力を基板本体 11 に与えるだけで、基板 10 を変形させることができる。

【0042】

突起部 60 a は、伝搬方向 L と直角の方向である基板 10 の幅方向 W の寸法よりも短い寸法を有する。突起部 60 a の形状は、突起部 60 と同じように、特に限定はない。また、突起部 60 a の厚さ寸法は、突起部 60 と同様、特に限定はない。

【0043】

コアパターン 24 は、下部クラッド層 21 より小さい広さを有し、下部クラッド層 21 に積層されている。コアパターン 24 は、突起部 60 a が形成されている突起部近傍部分 24 d のコアパターン 24 の厚み t は、それ以外の厚みよりも薄い。同様に、コアパターン 24 は、突起部 60 a が形成されている突起部近傍部分 24 d のコアパターン 24 の幅 w は、それ以外の幅よりも狭い。

コアパターン 24 は、突起部近傍部分 24 d から光信号が伝搬する伝搬方向に進むにつれて、コアパターン 24 の厚みが厚くなり、また、幅が広がる厚みテーパ部 24 c を有する。

このとき、光導波路 100 a のコアパターン 24 の両端をフォトダイオードやレーザーダイオードに接続させる際に、フォトダイオードに向けて光を発射させる光導波路 100 の発光部となる端面 24 a の厚さ方向及び幅方向の寸法を小さく、レーザーダイオードから光を受光する受光部である端面 24 b の厚さ方向及び幅方向の寸法を大きくすることができる。このため、光導波路 100 と光学素子と接続する際の位置合わせトレランスが確保できる。

【0044】

上部クラッド層 2 3 は、コアパターン 2 4 を覆うように下部クラッド層 2 1 の上方に積層されている。上部クラッド層 2 3 は、コアパターン 2 4 の突起部近傍部分 2 4 d の表面が凹んでいる（図 8 参照）ので、コアパターン 2 4 において、上部クラッド層 2 3 の上面が平坦になるよう、その近傍の厚さが厚い凸形状を有する。

また、コアパターン 2 4 が上部クラッド層 2 3 に埋め込まれた状態にするために、上部クラッド層 2 3 の厚みは、コアパターン 2 4 の平均厚みよりも厚くすることが好ましい。

【 0 0 4 5 】

コアパターン 2 4 は、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をし、エッチングにより形成することが好ましい。コア層形成用樹脂は、下部クラッド層 2 1 及び上部クラッド層 2 3 より高屈折率であることが好ましい。

【 0 0 4 6 】

クラッド層形成用樹脂としては、コア層 2 2 と同様、コアパターン 2 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。

【 0 0 4 7 】

光路変換ミラー 4 0 は、コアパターン 2 4 を伝搬する光信号を基板 1 0 がある方向に光路変換したり、基板 1 0 の垂直方向からの光信号を伝搬方向 L に光路変換したりすることができるよう、下部クラッド層 2 1、コアパターン 2 4 及び上部クラッド層 2 3 を一体的に削られて形成された V 溝 3 0 の側面に形成されている。光路変換ミラー 4 0 は、V 溝 3 0 の側面に露出した、コアパターン 2 4 の端面 2 4 b を覆うように、V 溝 3 0 の側面に形成されている。光路変換ミラー 4 0 は、4 0 ~ 5 0 ° の斜面であることが好ましく、4 5 ° の斜面であることがより好ましい。また、光路変換ミラー 4 0 に蒸着装置を用いて、金等の金属を蒸着し、反射金属層を備えた光路変換ミラー 4 0 としてもよい。

【 0 0 4 8 】

次に光導波路 1 0 0 a の製造方法を図 7 から図 9 を用いて説明する。

【 0 0 4 9 】

図 7 を参照して、基板 1 0 上に下部クラッド層 2 1 を形成する下部クラッド層形成工程を説明する。

下部クラッド層 2 1 の形成方法としては、特に限定はないが、コアパターン 2 4 の形成時に下部クラッド層 2 1 の厚み量の変化（膜減り）が抑制するよう、必要に応じて下部クラッド層 2 1 を光や熱によって硬化させることが好ましい。

【 0 0 5 0 】

次に、基板 1 0 の表面 1 0 a に突起部 6 0 a を形成する突起部形成工程を説明する。

突起部 6 0 a は、突起部 6 0 よりも小さいので、突起部 6 0 a を形成する範囲が小さいこと以外は、突起部 6 0 と同じ製造方法で形成することができる。下部クラッド層 2 1 が形成された表面 1 0 b とは反対の表面 1 0 a の中央に突起部 6 0 a を形成する。

突起部 6 0 a の形成方法は、突起部 6 0 の形成方法と同様、基板 1 0 の表面 1 0 a の中央から突出した形状を形成することができれば特に限定されない。

【 0 0 5 1 】

次に、図 7 を参照して、コア部のうちコアパターン 2 4 を形成するコア部形成工程について説明する。

コアパターン 2 4 の形成方法としては特に限定はないが、例えば、コア層形成用樹脂が感光性を有する樹脂の場合、コアパターン形成用マスクを用いてコアパターン形成用樹脂を硬化し得る活性光線を照射後、エッチングによって未硬化部を除去することによって形成することができる。このとき、コアパターン 2 4 が突起部 6 0 a 上を通るように形成するとコアパターン 2 4 の厚みの変化を効果的につけることができる。

コアパターン形成用マスクは、中央部分 a の幅は狭く、近傍部分 b は中央部分 a から離れるに従って広くなるようなスリット形状が形成されていることが好ましい。

そして、コア層形成用樹脂を積層すると同時に又は後に、基板 1 0 の表面 1 0 a のうち突起部 6 0 a が形成されている部分が凹むように、突起部 6 0 a をコアパターン 2 4 側に押

10

20

30

40

50

し込む。これにより、基板 10 及び基板 10 の中央部分 a に積層された下部クラッド層 21 の部分が押し上げられ、中央部分 a の近傍部分 b に積層されている部分の表面がテーパ形状になる。つまり、基板 10 及び下部クラッド層 21 は、中央部分 a を天辺とする凸状に変形する。

基板 10 及び下部クラッド層 21 を、凸状に変形させた状態で、突起部近傍部分 24 d が薄くなるよう、コア層形成用樹脂を塗布し、その上面を平坦化する。これにより、コアパターン 24 の上面が平坦になる。そして、コア層形成用樹脂を下部クラッド層 21 の形成方法と同様の方法でコアパターン 24 を形成する。このとき、コアパターン 24 の突起部近傍部分 24 d の厚さは薄く、突起部近傍部分 24 d から離れるに従って、厚さが厚くなっている。また、コアパターン 24 の下面の中央は凹んだ状態になっている。

10

突起部 60 a を基板 10 に押し込む方法は、突起部 60 を基板 10 に押し込む方向と同様、特に限定はないが、平面基板 70 を基板 10 のうち突起部 60 a がある側に設置し、平面基板 70 を基板 10 側に圧力を作用させる方法であることが好ましい。

【0052】

図 8 に示すように、突起部 60 a を基板 10 に押し込むことを辞めると、基板 10 は、弾性力により、板状に戻ると共に、下部クラッド層 21 も板状に戻る。これに伴い、コアパターン 24 の下面も凹状から平面状になると共に、コアパターン 24 の上面は中央部分 a が凹んだ状態になる。

【0053】

次に、上部クラッド層 23 を形成する上部クラッド層形成工程を説明する。

20

上部クラッド層 23 は、下部クラッド層 21 と同様の方法で形成することが好ましい。このとき、コアパターン 24 の突起部近傍部分 24 d の上面は凹んでいるので、コアパターン 24 において、上部クラッド層 23 の厚さは、中央部分 a は厚く、突起部近傍部分 24 d の近傍のテーパ部 24 c は突起部近傍部分 24 d から離れるに従って薄くなり、テーパ部 24 c より外側の部分は薄い。また、コアパターン 24 の端面 24 a は、上部クラッド層 23 から露出している。

【0054】

次に、図 9 を参照して、光路変換ミラーを形成するミラー形成工程について説明する。

光路変換ミラー 40 の形成方法としては、公知の方法を適用することができる。例えば、上部クラッド層 23 の上面から、ダイシングソーやレーザアブレーション等を用いて V 溝 30 を形成する。このとき、コアパターン 24 の端面 24 b が形成され、この端面 24 b を光路変換ミラー 40 として機能させる。

30

ミラー形成工程においては、突起部 60 a を位置合わせマーカとして、切削位置決めを用いることによって、コアパターン 24 のうち最も厚みの薄い部分に正確な位置に光路変換ミラー 40 を形成することができる。

【0055】

図 10 から図 12 を参照して、本発明に係る第 3 実施形態の光導波路 100 b を説明する。

図 10 に示すように、光導波路 100 b の基板 15 a は、中央に開口部 16 が形成されていること以外は基板 10 と同じである。

40

また、突起部 65 は、開口部 16 を介して下部クラッド層 21 と接続していること以外は突起部 60 と同じである。

開口部 16 は、使用する信号波長に対して透明性が基板 15 a にない場合、光信号が透過する部分に設ける。このとき開口部 16 内に突起部 65 を形成することにより、開口部 16 の付近のコア層 22 の厚みを小さくすることができる。

【0056】

次に光導波路 100 b の製造方法を図 11 及び図 12 を用いて説明する。

【0057】

図 11 を参照して、基板 15 a 上に下部クラッド層 21 及び突起部 65 を形成する下部クラッド層形成工程及び突起部形成工程を説明する。

50

開口部 16 は、公知の方法により、基板 15 a に設けられる。

基板 15 a に開口部 16 を設け、基板 15 a の一方の表面に突起部形成用樹脂を、他方の表面に下部クラッド層 21 を形成するための下部クラッド層形成用樹脂を、それぞれ、積層し、開口部 16 において、突起部形成用樹脂や下部クラッド層形成用樹脂で充填し、下部クラッド層側から下部クラッド層 21 及び開口部 16 を露光し、エッチングすることによって、下部クラッド層 21 と突起部 65 とが形成される。

【0058】

図 12 に示すように、コア層 22 を形成するコア部形成工程を行う。

コア部形成工程は、光導波路 100 のコア部形成工程と同様の工程でコア層 22 を形成する。形成されたコア層 22 は、突起部近傍部分 22 d は厚く、テーパ部 22 c は突起部近傍部分 22 d から離れるに従って薄くなり、テーパ部 22 c より外側の部分は薄い。

10

【0059】

そして、光導波路 100 の上部クラッド層形成工程及びミラー形成工程と同様に、上部クラッド層 23 及び光路変換ミラー 40 をそれぞれ形成する上部クラッド層形成工程及びミラー形成工程を行い、図 10 に示す光導波路 100 b を得る。

ミラー形成工程においては、突起部 65 を位置合わせマーカとして、切削位置決めを用いることによって、コア層 22 のうち最も厚みの薄い部分に正確な位置に光路変換ミラー 40 を形成することができる。

【0060】

図 13 を参照して、本発明に係る第 4 実施形態の光導波路 100 c を説明する。

光導波路 100 c は、基板 15 b と、基板 15 b の裏面に形成された 4 つの突起部 60 と、基板 15 b の表面に形成された 16 のコアパターン 24 とを有し、1 つの突起部 60 に対して 4 つのコアパターン 24 が形成されている。基板 15 b は、基板 10 よりも大きい。

20

4 つのコアパターン 24 は、最もコアパターン 24 の厚さが薄い位置（突起部 60 が形成されている位置）から、放射状に遠ざかるにつれコアパターン 24 の厚さが厚くなるよう、基板 15 b に形成されている。つまり、光導波路 100 c は、突起部 60 が形成されている位置から放射状に基板 15 b に配置されている複数のコアパターン 24 を有する。

これにより、例えば、光導波路 100 c のコアパターン 24 が集中する箇所（コアパターン 24 の厚さが薄くなる箇所）に光路変換ミラー 40 を設けることができる。そのような光導波路 100 c は、受光面（又は発光面）が集中した受発光素子チップを光路変換ミラー 40 上に実装することができる。また、基板 15 b 上に形成するコアパターン 24 の伝搬方向 L の制約を受けることなく、基板 15 b のいたる方向からコアパターン 24 を形成することができる。

30

【0061】

図 14 を参照して、本発明に係る第 4 実施形態の光導波路 100 d を説明する。

光導波路 100 d は、基板 15 b と、基板 15 b の裏面に形成された 4 つのリング状の突起部 60 と、基板 15 b の表面に形成された 16 のコアパターン 24 とを有し、1 つの突起部 60 に対して 4 つのコアパターン 24 が形成されている。基板 15 b は、基板 10 よりも大きい。

40

4 つのコアパターン 24 は、最もコアパターン 24 の厚さが薄い位置（突起部 60 が形成されている位置）から、リングの中央に向かうに従ってコアパターン 24 の厚さが厚くなるよう、基板 15 b に形成されている。換言すると、最もコアパターンの厚さが厚い場所から放射状に遠ざかるにつれてコアパターン 24 の厚さが薄くなっている。

これにより、光導波路 100 d は、光導波路 100 c と同様の作用効果を奏する。

【0062】

図 15 を参照して、本発明に係る第 5 実施形態の光導波路 100 e を説明する。

光導波路 100 e は、基板 15 b 上に突起部 60 を線状に形成し、突起部 60 の上にあるコアパターン 24 の厚さを薄くすることで基板 15 b の平面内における 1 次元方向（X

50

又はY方向)にテーパーを形成することができる。つまり、光導波路100eは、複数のコアパターン24を列状に配置して基板15bに形成されている。各コアパターン24は、一端側(突起部60側)の厚みが最も薄く、他端側へと遠ざかるにつれ厚みが厚くなるテーパー構造となっている。また、複数のコアパターン24の一端側(突起部60側)の幅が最も狭く、他端側へと遠ざかるにつれ幅が広がるテーパー構造となる。これにより、例えば、受光面(又は発光面)が整列した受発光素子チップを実装する場合に、基板15bの平面の一方向から複数のコアパターン24を形成しても同じテーパー付きのコアパターン24を用いることができる。

基板15bの平面内の1次元方向にテーパーを形成することにより、例えば、光導波路100eの厚みが集中するライン(薄くなる箇所又は厚くなるライン)上に光路変換ミラー40を設け、受光面(又は発光面)が一行に整列した受発光素子チップを実装すると、基板15bの平面の一方向から複数のコアパターンを引き回してきて同じテーパー付きのコアを用いることができる。

さらに、突起部60を複数箇所形成することで、基板15bの平面内で、複数のコアパターン24を一括形成することができる。

これにより、光導波路100eは、光導波路100dと同様の作用効果を奏する。

【実施例】

【0063】

以下、本発明に係る光導波路及びについて詳細に説明するが、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質量部を秤量し、窒素ガスを導入しながら攪拌を行った。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時間攪拌し、さらに95℃で1時間攪拌を続けて、(メタ)アクリルポリマー(A-1)溶液(固形分45質量%)を得た。

【0064】

[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(東ソー株式会社製「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式会社製「Gel pack GL-A150-S」及び「Gel pack GL-A160-S」を使用した。

【0065】

[酸価の測定]

(A-1)溶液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。

【0066】

[クラッド層形成用樹脂ワニスの調合]

(A)ベースポリマーとして、(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(新中村化学工業株式会社製「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(新中村化学工業株式会

10

20

30

40

50

社製「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式会社製「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・ジャパン株式会社製「イルガキュア2959」) 1質量部、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・ジャパン株式会社製「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質量部を攪拌しながら混合した。孔径2 μm のポリフロンフィルタ(アドバンテック東洋株式会社製「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を得た。

10

上記で得られたクラッド層形成用樹脂組成物を、PETフィルム(東洋紡績株式会社製「コスモシャインA4100」、厚み50 μm)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 $^{\circ}\text{C}$ で20分乾燥後、カバー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式会社製「ピューレックスA31」、厚み25 μm)を貼付け、クラッド層形成用樹脂フィルムを得た。

【0067】

[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、東都化成株式会社製) 26質量部、(B)光重合性化合物として、9,9-ビス[4-(2-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、新中村化学工業株式会社製) 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、新中村化学工業株式会社製) 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シド(商品名:イルガキュア819、チバ・スペシャリティ・ケミカルズ社製) 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・スペシャリティ・ケミカルズ社製) 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、上記製造例と同様の方法及び条件で加圧濾過させ、さらに減圧脱泡させた。

20

30

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、東洋紡績株式会社製、厚み:16 μm)の非処理面上に、上記製造例と同様な方法で塗布乾燥し、次いでカバーフィルムとして離型PETフィルム(商品名:ピューレックスA31、帝人デュボンフィルム株式会社、厚み:25 μm)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。

【0068】

[光導波路の作製]

基板に、下部クラッド層、突起部を形成する製造方法について、以下に説明する。

40

下部クラッド層を形成するための樹脂である下部クラッド層形成用樹脂として30 μm 厚のクラッド層形成用樹脂フィルムを100mm \times 100mmに切断し、カバーフィルムを剥離させた。突起部を形成するための樹脂である突起部形成用樹脂として、20 μm 厚のクラッド層形成用樹脂フィルムを100mm \times 100mmに切断し、カバーフィルムを剥離させた。その後、開口部を有する基板としてポリイミドフィルム(商品名:カプトンEN、東レ・デュボン株式会社製、厚さ:25 μm)の一方の表面に下部クラッド層形成用樹脂を、もう一方の表面に突起部形成用樹脂を載置し、真空加圧式ラミネータ(商品名:MVLP-500、株式会社名機製作所製)を用いて、500Pa以下に真空引きした。その後、圧力0.4MPa、温度120 $^{\circ}\text{C}$ 、加圧時間30秒の条件で同時に加熱させ、下部クラッド層形成用樹脂及び突起部形成用樹脂をそれぞれ基板の両面に圧着させると共

50

に、開口部内で、下部クラッド層形成用樹脂と突起部形成用樹脂とを圧着させた。その後、紫外線露光機（商品名：E V - 8 0 0、日立ピアメカニクス株式会社製）で下部クラッド層形成用樹脂のキャリアフィルム側から紫外線を $4000 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 照射させた。その後、突起部形成用樹脂のキャリアフィルム側から直径 $200 \mu\text{m}$ の開口部（開口部のピッチ；X, Y 方向それぞれ 10 mm （81箇所））を有するネガ型フォトマスクを介し、紫外線露光機（株式会社オーク製作所製、E X M - 1 1 7 2）にて紫外線（波長 365 nm ）を $0.25 \text{ J} / \text{cm}^2$ 照射させた。その後、下部クラッド層 21 と突起部 65 との形成用樹脂のキャリアフィルムを剥離させた。その後、現像液（1%炭酸カリウム水溶液）を用いて、突起部 65 が形成されるよう、突起部エッチングをした。その後、水洗浄した。その後、 170°C で1時間加熱乾燥及び硬化させ、基板に突起部、下部クラッド層を形成した。

10

【0069】

コア層を形成する製造方法について以下、説明する。

得られた基板の突起部のある側に、平面基板として $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ の銅箔をエッチング除去した F R - 4 基板（日立化成株式会社製、商品名；M C L - E - 6 7 9 F G B、厚さ； 0.6 mm ）を設置した。その後、下部クラッド層上に、カバーフィルムを剥離させたサイズ $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 、厚み $50 \mu\text{m}$ のコア層形成用樹脂フィルムを配置した。その後、さらにその上に平面基板（図示せず）として $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ の両面銅箔付きの F R - 4 基板（日立化成株式会社製、商品名；M C L - E - 6 7 9 F G B、厚さ； 0.6 mm ）を配置した。その後、真空加圧式ラミネータ（商品名：M V L P - 5 0 0、株式会社名機製作所製）を用いて、 500 Pa 以下に真空引きした。その後、コア層と下部クラッド層とを圧力 0.4 MPa 、温度 70°C 、加圧時間 30 秒 の条件で加熱圧着させ、コア層のラミネートと、基板の押し上げと、コア層の表面の平坦化を同時に行った。なお、コア層のキャリアフィルムとコア層平坦化のための平面基板は図示していない。その後、基板の両面に配置した平面基板を取り外した。

20

【0070】

（コアパターンの形成）

幅が $30 \mu\text{m}$ から $50 \mu\text{m}$ に拡大するテーパ部で長さ 0.5 mm の開口部を持ち、該開口部が幅 $30 \mu\text{m}$ 側を内側にして放射状（4方位）にそれぞれ設けられ、対向する開口部間を $100 \mu\text{m}$ にしたネガ型フォトマスクを介し、4つの開口部の中心を突起部に位置合わせをし、コア層形成側から上記紫外線露光機にて紫外線（波長 365 nm ）を $0.6 \text{ J} / \text{cm}^2$ 照射し、次いで 80°C 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 P E T フィルムを剥離させ、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、コアパターンを現像した。続いて、洗浄液（イソプロパノール）を用いて洗浄し、 100°C で10分間加熱乾燥し、厚み方向及び幅方向にテーパを有する四角錐台形状のコアパターンを形成した（図13参照）。

30

【0071】

コア層の面上に、カバーフィルムを剥離させたサイズ $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 、厚み $70 \mu\text{m}$ の上部クラッド層形成用樹脂フィルムを配置させた。その後、さらにその上に平面基板（図示せず）として $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ の両面銅箔付きの F R - 4 基板（日立化成株式会社製、商品名；M C L - E - 6 7 9 F G B、厚さ； 0.6 mm ）を配置させた。その後、真空加圧式ラミネータ（商品名：M V L P - 5 0 0、株式会社名機製作所製）を用いて、 500 Pa 以下に真空引きした。その後、圧力 0.4 MPa 、温度 70°C 、加圧時間 30 秒 の条件で加熱圧着し、キャリアフィルム側から紫外線を $4000 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ 照射させた。その後、キャリアフィルムを剥離させた。その後、 170°C 、1時間加熱硬化させた。

40

【0072】

その後、得られた光導波路の上部クラッド層の側からダイシングソー（D A C 5 5 2、株式会社ディスコ社製）を用いて下部クラッド層、コア層、上部クラッド層に 45° の V

50

溝30を形成した。その後、蒸着などの方法により、光路変換ミラーを形成し、ミラー付き光導波路を得た。

得られた光路変換ミラーの基板垂直方向から見たときのコア形状を測定したところ、約30 μm 角であった。放射外側のコアパターンから光信号を入射したところ、スポット径が、約30 μm 角に縮小され、突起部を透過して良好に伝搬された。光路変換ミラーの加工時は、突起部65を光路変換ミラーの位置マーカとして利用できたため、コアパターンの厚みが薄い部分の特定が容易であった。

【0073】

また、上述の実施例1に示した製造方法に従って得た図13に示す光導波路100cにおいて、放射中心側（突起部上）のコアパターンの全ての厚みが30 μm 、幅は30.1 μm であった。放射外側のコアパターンは全て50 μm 、幅は50 μm であった。

コアパターンの中心（コアパターンの放射中心端部から0.25mm地点）の厚みは42.5 μm 、幅は40 μm であった。上部クラッド層の下面から下部クラッド層の上面までの厚みは、コアパターンの厚みが薄い箇所も厚い箇所もどちらも全て100 μm であった。

【0074】

実施例2

（開口部付き基板の作製）

基板として100mm \times 100mmのポリイミドフィルム（宇部日東化成株式会社製、商品名；ユープレックスRN、厚み；25 μm ）に、ドリル加工にて直径200 μm の開口部（開口部ピッチ；X、Y方向それぞれ10mm（81箇所））を形成し、開口部付き基板を得た。

基板の両面に下部クラッド層と突起部形成用樹脂をラミネートし、その後、紫外線露光機（商品名；EV-800、日立ピアメカニクス株式会社製）で下部クラッド層形成用樹脂のキャリアフィルム側から紫外線を300mJ/cm²照射し、下部クラッド層と開口部内及び開口部状の突起部形成用樹脂を光硬化した。その後、下部クラッド層と突起部の形成用樹脂の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、突起部をエッチングした。続いて、水洗浄し、170 $^{\circ}\text{C}$ で1時間加熱乾燥及び硬化し、突起部、下部クラッド層が形成された基板を作製した。

コアパターン形成工程以降は実施例1と同様の方法で行った。

【0075】

（厚み測定）

得られた光導波路の放射中心側のコアパターンは全ての厚みが30 μm 、幅は30.1 μm であった。放射外側のコアパターンは全て50 μm 、幅は50 μm であった。

コアの中心（コアパターンの放射中心端部から0.25mm地点）のコア厚みは42.6 μm 、幅は40 μm であった。上部クラッド層下面から下部クラッド層上面までの厚みは、コアパターンの厚みが薄い箇所も厚い箇所もどちらも全て100 μm であった。

【0076】

（ミラーの形成）

実施例1と同様に光路変換ミラーを形成した。得られた光路変換ミラーの基板垂直方向から見たときのコア形状を測定したところ、約30 μm 角であった。放射外側のコアパターンから光信号を入射したところ、スポット径が、約30 μm 角に縮小され、開口部と突起部を透過して良好に伝搬された。光路変換ミラーの加工時は、突起部をマーカとして利用できたため、コアパターンの厚みが薄い部分の特定が容易であった。

【0077】

実施例3（図14の光導波路の作製）

実施例1において、突起部形成用樹脂を露光する際に用いたネガ型フォトマスクを内径1.1mm、外計1.5mmのリング形状の開口部を有するネガ型フォトマスクにし、コア層形成用樹脂を露光する際に用いたネガ型フォトマスクの幅方向のテーパを逆向きにした以外は同様の方法で、光導波路を作製した。

(厚み測定)

得られた光導波路の放射中心側のコアパターンは全ての厚みが $50\ \mu\text{m}$ 、幅は $50\ \mu\text{m}$ であった。放射外側(突起部上)のコアパターンは全て $30\ \mu\text{m}$ 、幅は $30.1\ \mu\text{m}$ であった。

コアの中心(コアパターンの放射中心端部から $0.25\ \text{mm}$ 地点)のコア厚みは $43.3\ \mu\text{m}$ 、幅は $40\ \mu\text{m}$ であった。上部クラッド層下面から下部クラッド層上面までの厚みは、コアパターンの厚みが薄い箇所も厚い箇所もどちらも全て $100\ \mu\text{m}$ であった。

【0078】

実施例4(図15の光導波路の作製)

実施例1において突起部の作製時に用いたネガ型フォトマスクを、幅 $200\ \mu\text{m}$ の開口部(開口部ピッチ; Y方向それぞれ $10\ \text{mm}$ (9箇所))を有するネガ型フォトマスクに変えて直線状の突起部が形成された平面状の基板を形成した。

さらに、コアパターン形成用のネガ型フォトマスクを、幅が $30\ \mu\text{m}$ から $50\ \mu\text{m}$ に拡大するテーパ部で長さ $0.5\ \text{mm}$ の開口部を持ち、該開口部が $30\ \mu\text{m}$ 幅側が内側とし、Y方向の開口部間を $150\ \mu\text{m}$ (該開口部間中心と、突起部の中心とが一致するように位置合わせを行ってから、コア層のラミネートとテーパ形成を行った)に対向するように設け、X方向に $500\ \mu\text{m}$ ピッチで整列した開口部を有するネガ型フォトマスクに変更した以外は同様の方法で光導波路を形成した。

【0079】

(厚み測定)

得られた光導波路の突起部上のコアパターンは全ての厚みが $30\ \mu\text{m}$ 、幅は $30\ \mu\text{m}$ であった。突起部と反対側のコアパターンの端部は全て $50\ \mu\text{m}$ 、幅は $50\ \mu\text{m}$ であった。

コアパターンの中心の厚みは $43.4\ \mu\text{m}$ 、幅は $40\ \mu\text{m}$ であった。上部クラッド層下面から下部クラッド層上面までの厚みは、コアパターンの厚みが薄い箇所も厚い箇所もどちらも全て $100\ \mu\text{m}$ であった。

【0080】

実施例5

実施例1において突起部の厚みを $25\ \mu\text{m}$ にした以外は同様の方法で光導波路を作製した。

【0081】

(厚み測定)

得られた光導波路の放射中心側(突起部上)のコアパターンは全ての厚みが $25\ \mu\text{m}$ 、幅は $30.1\ \mu\text{m}$ であった。放射外側のコアパターンは全て $50\ \mu\text{m}$ 、幅は $50\ \mu\text{m}$ であった。

パターンの中心(コアパターンの放射中心端部から $0.25\ \text{mm}$ 地点)の厚みは $38.5\ \mu\text{m}$ 、幅は $40\ \mu\text{m}$ であった。上部クラッド層下面から下部クラッド層上面までの厚みは、コアパターンの厚みが薄い箇所も厚い箇所もどちらも全て $100\ \mu\text{m}$ であった。

【0082】

実施例6

実施例1において突起部の厚みを $15\ \mu\text{m}$ にした以外は同様の方法で光導波路を作製した。

【0083】

(厚み測定)

得られた光導波路の放射中心側(突起部上)のコアパターンは全ての厚みが $35\ \mu\text{m}$ 、幅は $30.1\ \mu\text{m}$ であった。放射外側のコアパターンは全て $50\ \mu\text{m}$ 、幅は $50\ \mu\text{m}$ であった。

パターンの中心(コアパターンの放射中心端部から $0.25\ \text{mm}$ 地点)のコア厚みは $44\ \mu\text{m}$ 、幅は $40\ \mu\text{m}$ であった。上部クラッド層下面から下部クラッド層上面までの厚みは、コアパターンの厚みが薄い箇所も厚い箇所もどちらも全て $100\ \mu\text{m}$ であった。

【産業上の利用可能性】

10

20

30

40

50

【 0 0 8 4 】

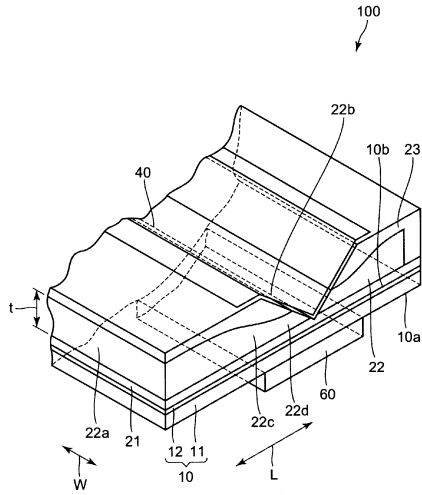
以上詳細に説明したように、本発明に係る光導波路は、特に、厚み方向にテーパを有するコア層やコアパターンであるコア部の厚みの薄い部分の位置を認識することが容易なテーパ付きの光導波路を得ることができる。このため、例えば、光ファイバとミラー付き光導波路の接続機器用のデバイスや、ミラー付き光導波路と電気配線板が複合されたデバイスとして有用である。

【符号の説明】

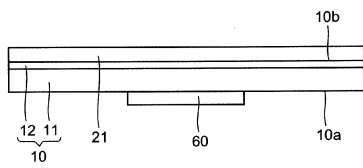
【 0 0 8 5 】

1 0	基板	
1 0 a、1 0 b	表面	10
1 1	基板本体	
1 2	接着層	
1 5 a、1 5 b	基板	
1 6	開口部	
2 1	下部クラッド層	
2 2	コア層	
2 2 a、2 2 b	端面	
2 2 c	テーパ部	
2 2 d	突起部近傍部分	
2 3	上部クラッド層	20
2 4	コアパターン	
2 4 a、2 4 b	端面	
2 4 c	テーパ部	
2 4 d	突起部近傍部分	
3 0	V溝	
4 0	光路変換ミラー	
6 0、6 0 a	突起部	
6 5	突起部	
7 0	平面基板	
1 0 0、1 0 0 a、1 0 0 b、1 0 0 c、1 0 0 d、1 0 0 e	光導波路	30

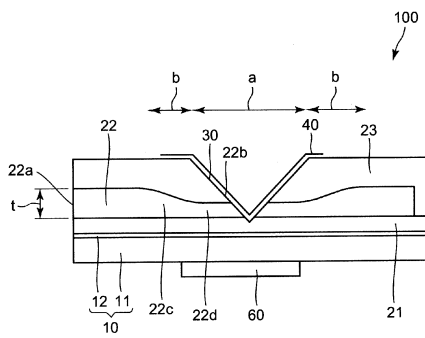
【図1】



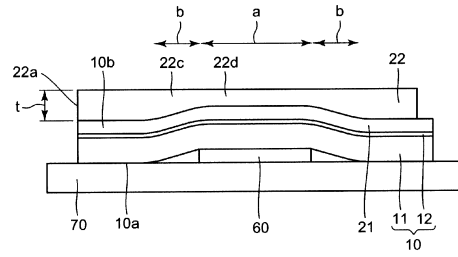
【図2】



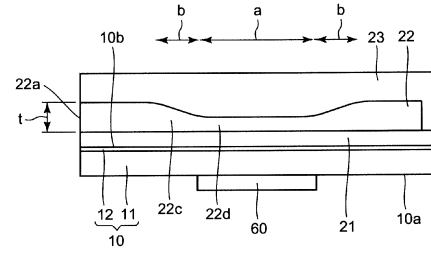
【図5】



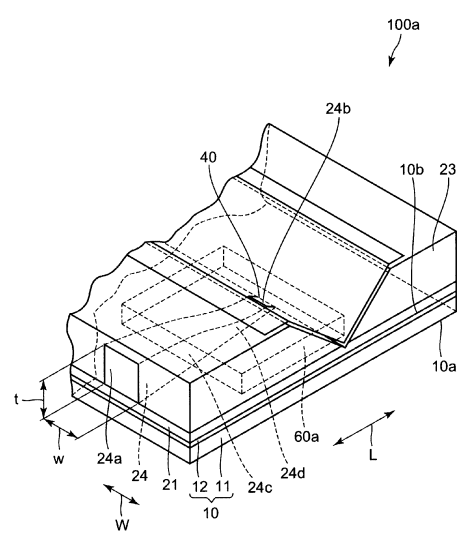
【図3】



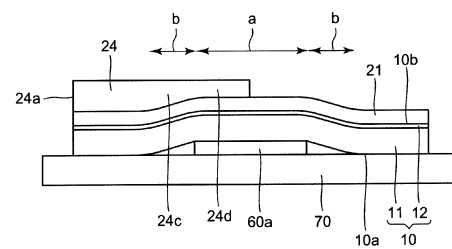
【図4】



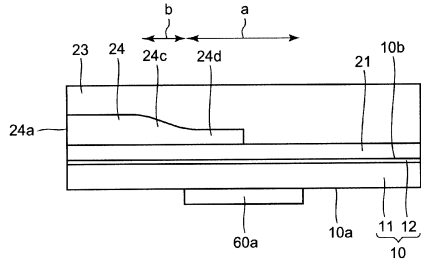
【図6】



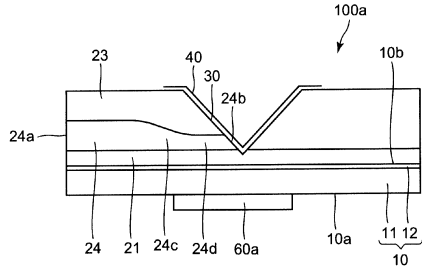
【図7】



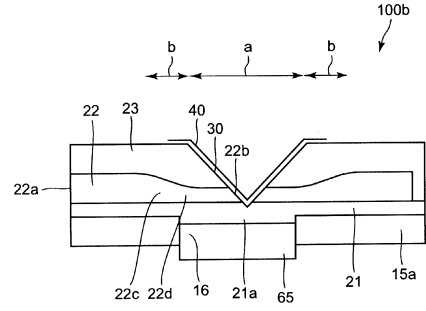
【 図 8 】



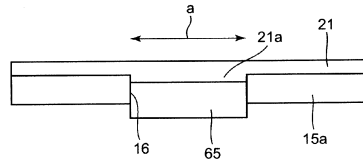
【 図 9 】



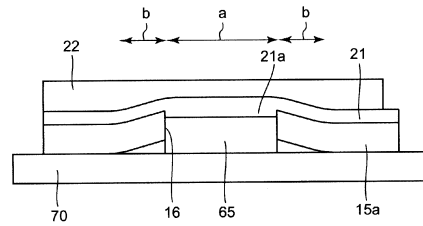
【 図 10 】



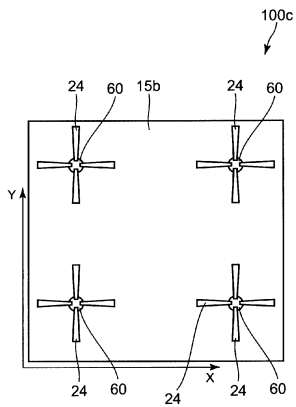
【 図 11 】



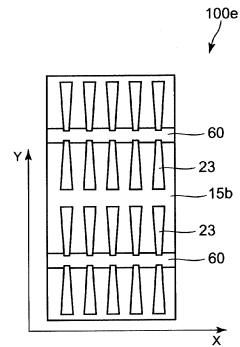
【 図 12 】



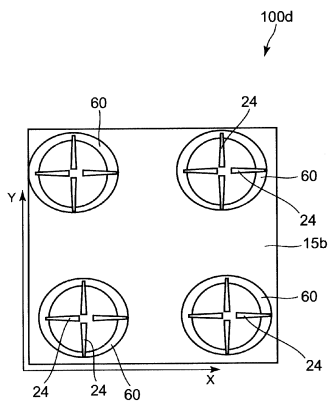
【 図 13 】



【 図 15 】



【 図 14 】



フロントページの続き

- (72)発明者 皆川 一司
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
茨城県つくば市和台4-8 日立化成工業株式会社内
- (72)発明者 別井 洋
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 瀬川 幸太
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 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

審査官 奥村 政人

- (56)参考文献 特開2009-175475(JP,A)
特開2009-276452(JP,A)
米国特許出願公開第2011/0116737(US,A1)
特開2010-175741(JP,A)
特開2014-038133(JP,A)
特開2014-038134(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 6/12 - 6/14