

(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2010-60669

(P2010-60669A)

(43) 公開日 平成22年3月18日(2010.3.18)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2B 6/122 (2006.01)	GO2B 6/12 A	2H147
GO2B 6/13 (2006.01)	GO2B 6/12 M	

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2008-224149 (P2008-224149)	(71) 出願人	000002141
(22) 出願日	平成20年9月1日(2008.9.1)		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	寺田 信介
			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	松山 睦宏
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光導波路

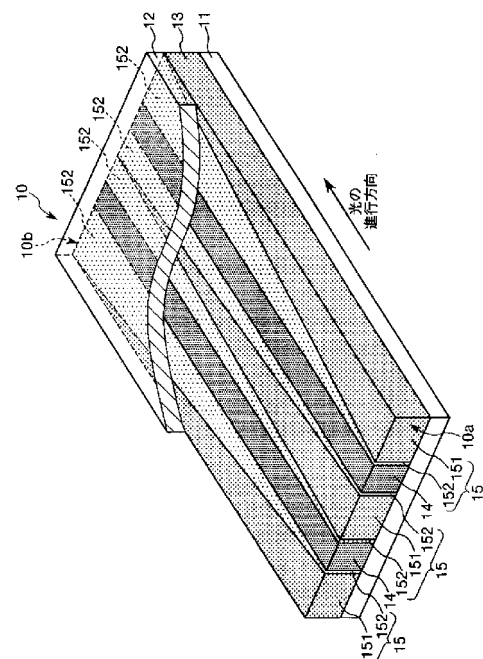
(57) 【要約】

【課題】クラッド部を伝搬する光をコア部から遠い位置に誘導する手段を有することにより、信号光のS/N比を向上させ、高品質の光通信が可能な光導波路を提供すること。

【解決手段】本発明の光導波路は、コア部14と、該コア部14を介して両側に設けられた側面クラッド部15とを含むコア層13(第2の層)を介して、クラッド層11(第1の層)とクラッド層12(第3の層)とを積層してなる光導波路10であって、側面クラッド部15中に、コア部14よりも屈折率が低く、コア部14に接した低屈折率領域152と、低屈折率領域152よりも屈折率が高く、低屈折率領域152を介してコア部14から離間した高屈折率領域151とを有している。そして、高屈折率領域151は、コア部14を通過する光の進行方向の前方に向かうにつれて、コア部14との距離が徐々に大きくなる形状をなしていることを特徴とする。

。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

コア部と、該コア部に隣接して設けられたクラッド部とを備える光導波路であって、前記クラッド部中に、前記コア部よりも屈折率が低く、前記コア部に接した低屈折率領域と、該低屈折率領域よりも屈折率が高く、該低屈折率領域を介して前記コア部から離間した高屈折率領域とを有しており、

該高屈折率領域は、前記コア部を通過する光の進行方向の前方に向かうにつれて、前記コア部との距離が徐々に大きくなる形状をなす部分を有していることを特徴とする光導波路。

【請求項 2】

前記高屈折率領域は、前記コア部と同種の材料で構成されている請求項 1 に記載の光導波路。

【請求項 3】

前記高屈折率領域の屈折率と前記低屈折率領域の屈折率との差は、0.5%以上である請求項 1 または 2 に記載の光導波路。

【請求項 4】

前記高屈折率領域は、当該光導波路の光入射側の端面に露出している請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の光導波路。

【請求項 5】

当該光導波路の光入射側の端面のうち、前記クラッド部が露出した面のほぼ全体を前記高屈折率領域が占めている請求項 4 に記載の光導波路。

【請求項 6】

前記高屈折率領域は、前記コア部と同一の製造工程で形成されたものである請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の光導波路。

【請求項 7】

当該光導波路は、第 1 の層、第 2 の層および第 3 の層をこの順で積層してなる積層体を有し、

前記第 2 の層の一部が、前記コア部をなしており、

前記第 2 の層の残部、前記第 1 の層および前記第 3 の層が、前記クラッド部を構成している請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の光導波路。

【請求項 8】

前記高屈折率領域は、前記第 2 の層中に設けられている請求項 7 に記載の光導波路。

【請求項 9】

前記高屈折率領域の横断面積は、前記コア部を通過する光の進行方向の前方に向かうにつれて、徐々に減少している請求項 7 または 8 に記載の光導波路。

【請求項 10】

当該光導波路は、前記第 2 の層中に、複数の前記コア部と、該各コア部間に設けられた前記高屈折率領域とを有しており、

前記高屈折率領域は、前記コア部を通過する光の進行方向の前方に向かうにつれて、隣接する 2 つの前記コア部間の中間部に収束するような形状をなしている請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載の光導波路。

【請求項 11】

当該光導波路の前記コア部と、前記クラッド部の少なくとも一部とは、それぞれノルボルネン系ポリマーを主材料として構成されている請求項 1 ないし 10 のいずれかに記載の光導波路。

【請求項 12】

当該光導波路は、さらに、前記低屈折率領域中に前記コア部および前記高屈折率領域から離間して設けられ、前記低屈折率領域よりも屈折率が高い第 2 の高屈折率領域を有しており、

該第 2 の高屈折率領域は、長尺状をなしており、かつ前記コア部と平行に設けられてい

10

20

30

40

50

る請求項 1 ないし 1 1 のいずれかに記載の光導波路。

【請求項 1 3】

前記第 2 の高屈折率領域は、前記コア部から前記低屈折率領域に漏れ出た光を反射して、前記コア部側に閉じ込めるものである請求項 1 2 に記載の光導波路。

【請求項 1 4】

当該光導波路は、さらに、前記低屈折率領域中に前記コア部および前記高屈折率領域から離間して設けられ、前記低屈折率領域よりも屈折率が高い複数の第 3 の高屈折率領域を有しており、

該複数の第 3 の高屈折率領域は、前記低屈折率領域中に点在または整列している請求項 1 ないし 1 3 のいずれかに記載の光導波路。

10

【請求項 1 5】

前記各第 3 の高屈折率領域は、それぞれ前記クラッド部を通過する光を、前記コア部から遠ざかる方向に屈折させるもの、または不規則に散乱させるものである請求項 1 4 に記載の光導波路。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光導波路に関するものである。

【背景技術】

【0002】

20

近年、光周波搬送波を使用してデータを移送する光通信がますます重要になっている。このような光通信において、光周波搬送波を、一地点から他地点に導くための手段として、光導波路がある。

【0003】

この光導波路は、例えば、一对のクラッド層と、一对のクラッド層の間に設けられたコア層を有して構成される。コア層は、線状のコア部とそれを挟み込むようにコア部の両側に設けられたクラッド部とを有している。コア部は、光周波搬送波の光に対して実質的に透明な材料によって構成され、クラッド層およびクラッド部は、コア部より屈折率が低い材料によって構成されている。

【0004】

30

特許文献 1 には、2 層のクラッド層（上方クラッド層および下方クラッド層）と、その間に設けられ、ポリシランと有機過酸化物を含むポリシラン組成物を用いて形成されたポリシラン層とを有するポリマー光導波路が開示されている。また、ポリシラン層中には、コア層（コア部）とその両側に設けられた側面クラッド層（クラッド部）とが形成されている。

【0005】

このような光導波路では、コア部が、コア部よりも屈折率が低いクラッド層およびクラッド部によって囲まれた構成となっている。したがって、コア部の端部から導入された光は、クラッド層およびクラッド部との境界で反射しながら、コア部の軸に沿って搬送される。

40

【0006】

また、光導波路の入射側には、半導体レーザ等の発光素子が配置され、この発光素子から発生した光を光導波路のコア部に入射する。一方、光導波路の出射側には、フォトダイオード等の受光素子が配置され、コア部を伝搬してきた光を受光素子により受光する。そして、受光素子により受光した光の明滅パターンに基づいて光通信を可能にする。

【0007】

ところで、光導波路が低屈折率の媒体に隣接している場合、具体的には、光導波路が空气中に存在している場合、コア部とクラッド部との境界のみでなく、クラッド部と空気との境界においても光が反射される。

【0008】

50

ここで、光導波路の入射側では、発光素子が発生する光の全てをコア部に入射させることが好ましいが、一般には、光導波路と発光素子との間で光軸のずれや開口数のマッチング不良等の原因により、一部の光がクラッド部に入射することがある。

【 0 0 0 9 】

このようにしてクラッド部に入射された光は、空気との境界で反射を繰り返し、終端まで伝搬する。そして、最終的には、クラッド部の終端から出射し、コア部から出射した光とともに受光素子によって受光される。その結果、クラッド部を伝搬してきた光がノイズとなって S / N 比を低下させ、クロストーク等による光通信の品質低下を招くことが問題となっている。

【 0 0 1 0 】

10

【特許文献 1】特開 2 0 0 4 - 3 3 3 8 8 3 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 1 】

本発明の目的は、クラッド部を伝搬する光をコア部から遠い位置に誘導する手段を有することにより、信号光の S / N 比を向上させ、高品質の光通信が可能な光導波路を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

20

このような目的は、下記 (1) ~ (1 5) の本発明により達成される。

(1) コア部と、該コア部に隣接して設けられたクラッド部とを備える光導波路であって、

前記クラッド部中に、前記コア部よりも屈折率が低く、前記コア部に接した低屈折率領域と、該低屈折率領域よりも屈折率が高く、該低屈折率領域を介して前記コア部から離間した高屈折率領域とを有しており、

該高屈折率領域は、前記コア部を通過する光の進行方向の前方に向かうにつれて、前記コア部との距離が徐々に大きくなる形状をなす部分を有していることを特徴とする光導波路。

【 0 0 1 3 】

30

(2) 前記高屈折率領域は、前記コア部と同種の材料で構成されている上記 (1) に記載の光導波路。

【 0 0 1 4 】

(3) 前記高屈折率領域の屈折率と前記低屈折率領域の屈折率との差は、 0 . 5 % 以上である上記 (1) または (2) に記載の光導波路。

【 0 0 1 5 】

(4) 前記高屈折率領域は、当該光導波路の光入射側の端面に露出している上記 (1) ないし (3) のいずれかに記載の光導波路。

【 0 0 1 6 】

40

(5) 当該光導波路の光入射側の端面のうち、前記クラッド部が露出した面のほぼ全体を前記高屈折率領域が占めている上記 (4) に記載の光導波路。

【 0 0 1 7 】

(6) 前記高屈折率領域は、前記コア部と同一の製造工程で形成されたものである上記 (1) ないし (5) のいずれかに記載の光導波路。

【 0 0 1 8 】

(7) 当該光導波路は、第 1 の層、第 2 の層および第 3 の層をこの順で積層してなる積層体を有し、

前記第 2 の層の一部が、前記コア部をなしており、

前記第 2 の層の残部、前記第 1 の層および前記第 3 の層が、前記クラッド部を構成している上記 (1) ないし (6) のいずれかに記載の光導波路。

【 0 0 1 9 】

50

(8) 前記高屈折率領域は、前記第 2 の層中に設けられている上記 (7) に記載の光導波路。

【 0 0 2 0 】

(9) 前記高屈折率領域の横断面積は、前記コア部を通過する光の進行方向の前方に向かうにつれて、徐々に減少している上記 (7) または (8) に記載の光導波路。

【 0 0 2 1 】

(1 0) 当該光導波路は、前記第 2 の層中に、複数の前記コア部と、該各コア部間に設けられた前記高屈折率領域とを有しており、

前記高屈折率領域は、前記コア部を通過する光の進行方向の前方に向かうにつれて、隣接する 2 つの前記コア部間の中間部に収束するような形状をなしている上記 (1) ないし (9) のいずれかに記載の光導波路。

10

【 0 0 2 2 】

(1 1) 当該光導波路の前記コア部と、前記クラッド部の少なくとも一部とは、それぞれノルボルネン系ポリマーを主材料として構成されている上記 (1) ないし (1 0) のいずれかに記載の光導波路。

【 0 0 2 3 】

(1 2) 当該光導波路は、さらに、前記低屈折率領域中に前記コア部および前記高屈折率領域から離間して設けられ、前記低屈折率領域よりも屈折率が高い第 2 の高屈折率領域を有しており、

該第 2 の高屈折率領域は、長尺状をなしており、かつ前記コア部と平行に設けられている上記 (1) ないし (1 1) のいずれかに記載の光導波路。

20

【 0 0 2 4 】

(1 3) 前記第 2 の高屈折率領域は、前記コア部から前記低屈折率領域に漏れ出た光を反射して、前記コア部側に閉じ込めるものである上記 (1 2) に記載の光導波路。

【 0 0 2 5 】

(1 4) 当該光導波路は、さらに、前記低屈折率領域中に前記コア部および前記高屈折率領域から離間して設けられ、前記低屈折率領域よりも屈折率が高い複数の第 3 の高屈折率領域を有しており、

該複数の第 3 の高屈折率領域は、前記低屈折率領域中に点在または整列している上記 (1) ないし (1 3) のいずれかに記載の光導波路。

30

【 0 0 2 6 】

(1 5) 前記各第 3 の高屈折率領域は、それぞれ前記クラッド部を通過する光を、前記コア部から遠ざかる方向に屈折させるもの、または不規則に散乱させるものである上記 (1 4) に記載の光導波路。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 7 】

本発明によれば、クラッド部に入射された光をコア部から遠ざけるように誘導するため、この光がクラッド部を出射端まで伝搬することが抑制され、クラッド部を伝搬してきた光が受光素子に受光される際の光強度を低減する。これにより、光導波路を伝搬する搬送波としての S / N 比を向上させ、クロストーク等を抑制することにより、高品質の光通信が可能で、光導波路を提供することができる。

40

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 8 】

以下、本発明の光導波路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。

【 0 0 2 9 】

< 第 1 実施形態 >

まず、本発明の光導波路の第 1 実施形態について説明する。

【 0 0 3 0 】

図 1 は、本発明の光導波路の第 1 実施形態を示す (一部切り欠いて、および透過して示

50

す)斜視図、図2は、図1に示す光導波路のコア層のみを示す平面図、図3は、図2に示すコア層を伝搬する光の伝搬経路の一例を示す図である。なお、以下の説明では、図1中の上側を「上」または「上方」、下側を「下」または「下方」といい、図2、3中の右側を「右」または「出射側」、左側を「左」または「入射側」という。また、図1は、層の厚さ方向(各図の上下方向)が誇張して描かれている。

【0031】

図1に示す光導波路10は、図1中下側からクラッド層(クラッド部)11、コア層13およびクラッド層(クラッド部)12をこの順に積層してなるものであり、コア層13には、所定パターンのコア部14と、このコア部(導波路チャンネル)14に隣接する側面クラッド部15(クラッド部)とが形成されている。図1には、2つのコア部14と3つの側面クラッド部15とが交互に設けられている。

10

【0032】

図1に示す光導波路10は、入射側端面10aのコア部14に入射された光を、コア部14とクラッド部(各クラッド層11、12および各側面クラッド部15)との界面で全反射させ、出射側に伝搬させることにより、出射側端面10bのコア部14から取り出すことができる。

【0033】

また、後に詳述するが、各側面クラッド部15は、それぞれ側面クラッド部15中の他の領域(低屈折率領域152)よりも屈折率が高い高屈折率領域151を含んでいる。すなわち、側面クラッド部15は、高屈折率領域151と、この高屈折率領域151より屈折率が低い低屈折率領域152とに分かれている。

20

【0034】

コア部14と側面クラッド部15中の低屈折率領域152との屈折率の差は、特に限定されないが、0.5%以上であるのが好ましく、0.8%以上であるのがより好ましい。一方、上限値は、特に設定されなくてもよいが、好ましくは5.5%程度とされる。屈折率の差が前記下限値未満であると光を伝達する効果が低下する場合があります、前記上限値を超えても、光の伝送効率のそれ以上の増大は期待できない。

【0035】

なお、前記屈折率差とは、コア部14の屈折率をA、低屈折率領域152の屈折率をBとしたとき、次式で表される。

30

$$\text{屈折率差}(\%) = |A/B - 1| \times 100$$

【0036】

また、図1に示す構成では、コア部14は、平面視で直線状に形成されているが、途中で湾曲、分岐等してもよく、その形状は任意である。なお、後述するような光導波路10の製造方法を用いれば、複雑かつ任意の形状のコア部14を容易にかつ寸法精度よく形成することができる。

【0037】

また、コア部14は、その横断面形状が正方形または矩形(長方形)のような四角形をなしている。

【0038】

コア部14の幅および高さは、特に限定されないが、それぞれ、1~200μm程度であるのが好ましく、5~100μm程度であるのがより好ましく、10~60μm程度であるのがさらに好ましい。

40

【0039】

このコア部14は、側面クラッド部15中の低屈折率領域152に比べて屈折率が高い材料で構成され、また、クラッド層11、12に対しても屈折率が高い材料で構成されている。

【0040】

コア部14、側面クラッド部15およびクラッド層11、12の各構成材料は、それぞれ上記の屈折率差が生じる材料であれば特に限定されないが、本実施形態では、コア部1

50

4 と側面クラッド部 1 5 とは同一の材料（コア層 1 3 ）で構成されており、コア部 1 4 と低屈折率領域 1 5 2 との屈折率差、および、高屈折率領域 1 5 1 と低屈折率領域 1 5 2 との屈折率差は、それぞれ材料の化学構造の差異により発現している。

【0041】

コア層 1 3 の構成材料には、コア部 1 4 を伝搬する光に対して実質的に透明な材料であればいかなる材料をも用いることができるが、具体的には、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、また、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ガラス材料等を用いることができる。

10

【0042】

このうち、本実施形態のように化学構造の差異により屈折率差を発現させるためには、紫外線、電子線のような活性エネルギー線の照射により（あるいはさらに加熱することにより）屈折率が変化する材料であるのが好ましい。

【0043】

このような材料としては、例えば、活性エネルギー線の照射や加熱により、少なくとも一部の結合が切断したり、少なくとも一部の官能基が脱離する等して、化学構造が変化し得る材料が挙げられる。

【0044】

具体的には、ポリシラン（例：ポリメチルフェニルシラン）、ポリシラザン（例：ペルヒドロポリシラザン）等のシラン系樹脂や、前述したような構造変化を伴う材料のベースとなる樹脂としては、分子の側鎖または末端に官能基を有する以下の（１）～（６）のような樹脂が挙げられる。（１）ノルボルネン型モノマーを付加（共）重合して得られるノルボルネン型モノマーの付加（共）重合体、（２）ノルボルネン型モノマーとエチレンや α -オレフィン類との付加共重合体、（３）ノルボルネン型モノマーと非共役ジエン、および必要に応じて他のモノマーとの付加共重合体、（４）ノルボルネン型モノマーの開環（共）重合体、および必要に応じて該（共）重合体を水素添加した樹脂、（５）ノルボルネン型モノマーとエチレンや α -オレフィン類の開環共重合体、および必要に応じて該（共）重合体を水素添加した樹脂、（６）ノルボルネン型モノマーと非共役ジエン、または他のモノマーの開環共重合体、および必要に応じて該（共）重合体を水素添加した樹脂等のノルボルネン系樹脂、その他、光硬化反応性モノマーを重合することにより得られるアクリル系樹脂、エポキシ樹脂。

20

30

【0045】

なお、これらの中でも特にノルボルネン系樹脂が好ましい。これらのノルボルネン系ポリマーは、例えば、開環メタセシス重合（ROMP）、ROMPと水素化反応との組み合わせ、ラジカルまたはカチオンによる重合、カチオン性パラジウム重合開始剤を用いた重合、これ以外の重合開始剤（例えば、ニッケルや他の遷移金属の重合開始剤）を用いた重合等、公知のすべての重合方法で得ることができる。

【0046】

一方、クラッド層 1 1 および 1 2 は、それぞれ、コア部 1 4 の下部および上部に位置するクラッド部を構成するものである。このような構成により、コア部 1 4 は、その外周をクラッド部に囲まれた導光路として機能する。

40

【0047】

クラッド層 1 1、1 2 の平均厚さは、コア層 1 3 の平均厚さの 0.1 ～ 1.5 倍程度であるのが好ましく、0.3 ～ 1.25 倍程度であるのがより好ましく、具体的には、クラッド層 1 1、1 2 の平均厚さは、特に限定されないが、それぞれ、通常、1 ～ 200 μm 程度であるのが好ましく、5 ～ 100 μm 程度であるのがより好ましく、10 ～ 60 μm 程度であるのがさらに好ましい。これにより、光導波路 1 0 が不要に大型化（厚膜化）するのを防止しつつ、クラッド層としての機能が好適に発揮される。

【0048】

50

また、クラッド層 11 および 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、特にノルボルネン系ポリマーが好ましい。

【0049】

なお、本実施形態では、コア層 13 の構成材料と、クラッド層 11、12 の構成材料との間で、両者の間の屈折率差を考慮して適宜異なる材料を選択して使用することが可能である。したがって、コア層 13 とクラッド層 11、12 との境界において光を確実に全反射させるため、十分な屈折率差が生じるように材料を選択すればよい。これにより、光導波路 10 の厚さ方向において十分な屈折率差が得られ、コア部 14 からクラッド層 11、12 に光が漏れ出るのを抑制することができる。その結果、コア部 14 を伝搬する光の減衰を抑制することができる。

10

【0050】

また、光の減衰を抑制する観点からは、コア層 13 とクラッド層 11、12 との間の密着性が高いことが好ましい。したがって、クラッド層 11、12 の構成材料は、コア層 13 の構成材料よりも屈折率が低く、かつコア層 13 の構成材料と密着性が高いという条件を満たすものであれば、いかなる材料であってもよい。

【0051】

例えば、比較的低い屈折率を有するノルボルネン系ポリマーとしては、末端にエポキシ構造を含む置換基を有するノルボルネンの繰り返し単位を含むものが好ましい。かかるノルボルネン系ポリマーは、特に低い屈折率を有するとともに、密着性が良好である。

20

【0052】

また、ノルボルネン系ポリマーは、アルキルノルボルネンの繰り返し単位を含むものが好ましい。アルキルノルボルネンの繰り返し単位を含むノルボルネン系ポリマーは、柔軟性が高いため、かかるノルボルネン系ポリマーを用いることにより、光導波路 10 に高いフレキシビリティ（可撓性）を付与することができる。

【0053】

アルキルノルボルネンの繰り返し単位が有するアルキル基としては、例えば、プロピル基、ブチル基、ペンチル基、ヘキシル基、ヘプチル基、オクチル基、ノニル基、デシル基等が挙げられるが、ヘキシル基が特に好ましい。なお、これらのアルキル基は、直鎖状または分岐状のいずれであってもよい。

30

【0054】

ヘキシルノルボルネンの繰り返し単位を含むことにより、ノルボルネン系ポリマー全体の屈折率が上昇するのを防止することができる。また、ヘキシルノルボルネンの繰り返し単位を有するノルボルネン系ポリマーは、前述したような波長領域（特に、850nm 付近の波長領域）の光に対する透過率が優れることから好ましい。

【0055】

なお、クラッド層 11、側面クラッド部 15 およびクラッド層 12 の構成材料は、それぞれ、同一（同種）のものでも異なるものでもよいが、これらは、屈折率が近似しているものであるのが好ましい。

【0056】

40

このような本発明の光導波路 10 は、コア部 14 の材料の光学特性等によっても若干異なり、特に限定されないが、例えば、600～1550nm 程度の波長領域の光を使用したデータ通信において好適に使用される。

【0057】

ここで、前述したように、側面クラッド部 15 は、高屈折率領域 151 と、この高屈折率領域 151 より屈折率が低い低屈折率領域 152 とに分かれている。

【0058】

本発明の光導波路は、クラッド部中の一部にこのような高屈折率領域を含むことを特徴とするものである。

【0059】

50

以下、高屈折率領域 151 および低屈折率領域 152 について詳述する。

低屈折率領域 152 は、各側面クラッド部 15 のうち、図 2 に示すように、各コア部 14 に接するように設けられている。一方、高屈折率領域 151 は、図 2 に示すように、各コア部 14 に直接接触しないように設けられている。すなわち、高屈折率領域 151 と各コア部 14 との間に、低屈折率領域 152 が介挿された状態になっている。

【0060】

また、高屈折率領域 151 は、側面クラッド部 15 中において入射側端面 10a から出射側端面 10b に向かって延伸している。そして、高屈折率領域 151 は、その横断面積が入射側端面 10a から出射側端面 10b に向かって徐々に減少しており、平面視でいわゆる「くさび状」をなしている。

10

【0061】

一方、低屈折率領域 152 も、側面クラッド部 15 中において入射側端面 10a から出射側端面 10b に向かって延伸している。そして、低屈折率領域 152 は、その横断面積が入射側端面 10a から出射側端面 10b に向かって徐々に増大した「くさび状」をなしている。

【0062】

さらに、高屈折率領域 151 を構成する各面のうち、隣接するコア部 14 側の面 1510 は、図 2 に示すように、入射側から出射側に向かうにつれて隣接するコア部 14 から遠ざかるように、コア部 14 の軸に対して傾斜している。その結果、光導波路 10 の出射側端面 10b では、コア部 14 の露出面と高屈折率領域 151 の露出面との離間距離が十分に確保されることとなる。

20

【0063】

ここで、従来の光導波路について説明する。

図 16 は、従来の光導波路 90 のコア層 93 のみを示す平面図である。

【0064】

図 16 に示すコア層 93 は、平行に設けられた 2 つのコア部 94 と 3 つの側面クラッド部 95 とを交互に配置して構成されている。また、このようなコア層 93 に通信用の光を照射するため、各コア部 94 に対応して、それぞれ光導波路 90 の入射側に発光素子 97 が設けられ、出射側には、信号光を受光するための受光素子 98 が設けられる。

【0065】

30

このようなコア層 93 では、側面クラッド部 95 の屈折率よりも空気の屈折率が小さいため、側面クラッド部 95 とその外部空間（空気）との界面において、光の全反射が生じる。このため、何らかの理由で側面クラッド部 95 に入射された光は、側面クラッド部 95 と空気との界面で全反射を繰り返しながら伝搬し、出射側端面 90b から出射する。これにより、側面クラッド部 95 を伝搬してきた光は、その一部がコア部 94 を伝搬してきた信号光とともに受光素子 98 に到達する。その結果、側面クラッド部 95 を伝搬してきた光は、信号光にとってのノイズとなり、搬送波としての S/N 比の低下やクロストークの発生を招いていた。このため従来の光導波路 90 では、側面クラッド部 95 を伝搬する光を減少させることが課題となっていた。

【0066】

40

ところで、側面クラッド部 95 に光が入射する原因の 1 つとしては、光導波路 90 の光軸と発光素子 97 の光軸とのずれ、および光導波路 90 と発光素子 97 の相互の開口数の不適合が挙げられる。本来、コア部 94 の光軸と発光素子 97 の光軸とが一致しており、かつ発光素子 97 から発生した光の全てがコア部 94 に入射するよう相互の開口数をマッチングさせることが好ましいが、これらが不十分である場合、一部の光が光導波路 90 の入射側端面 90a の側面クラッド部 95 に入射されてしまう。しかも、コア部 94 の横断面は極めて微小であるため、発光素子 97 を配置する際、光軸を一致させたり開口数のマッチングを図ることは極めて困難であった。

【0067】

さらには、光導波路 90 の光軸と受光素子 98 の光軸とがずれている場合、および光導

50

波路 90 と受光素子 98 の相互の開口数が不適合である場合にも、側面クラッド部 95 を伝搬してきた光が受光素子 98 に到達してしまい、搬送波としての S / N 比の低下を招く。

【0068】

そこで、本発明では、前述したように、側面クラッド部 15 の一部に、他の領域（低屈折率領域 152）よりも屈折率が高く、かつ前述したような「くさび状」をなす高屈折率領域 151 を設けることにより、光導波路 10 の側面クラッド部 15 を伝搬する光を高屈折率領域 151 内に誘導してコア部 14 から遠ざけることを可能にした。そして、光導波路 10 の出射側端面 10b では、コア部 14 の露出面と高屈折率領域 151 の露出面との離間距離を十分に確保すること可能にした。これにより、仮に側面クラッド部 15 に光が入射したとしても、この光が高屈折率領域 151 中を選択的に伝搬することになるため、くさび形状に沿ってコア部 14 から離れた位置に誘導することができる。

10

【0069】

ここで、図 3 には、図 2 に示す光導波路を通過する光の経路を示す。本発明によれば、図 3 に示すように、コア部 14 を通過する光（実線矢印で示す。）に影響を及ぼすことなく、側面クラッド部 15 を通過する光（破線矢印で示す。）がコア部 14 から遠ざかるように誘導される。その結果、出射側端面 10b では、コア部 14 を伝搬してきた信号光の出射位置 14L と、高屈折率領域 151 を伝搬してきたノイズ光の出射位置 151L とを十分に離すことができる。そして、このノイズ光が受光素子 18 に受光されるのを抑制して、搬送波としての S / N 比が低下するのを防止することができる。

20

【0070】

また、高屈折率領域 151 は、図 2 に示すように、コア部 14 と離間している。仮に高屈折率領域 151 とコア部 14 とが接していると、この部分からコア部 14 を伝搬する光が高屈折率領域 151 側に分岐してしまうおそれがあるが、高屈折率領域 151 とコア部 14 とが離間していることにより、コア部 14 を伝搬する光が高屈折率領域 151 側に分岐してしまうのを防止することができる。

【0071】

このような高屈折率領域 151 は、その屈折率が側面クラッド部 15 の他の領域、すなわち低屈折率領域 152 よりも高ければよいが、好ましくはその差が 0.5% 以上とされ、より好ましくはその差が 0.8% 以上とされる。また、上限値は特に設定されなくてもよいが、好ましくは 5.5% とされる。高屈折率領域 151 と低屈折率領域 152 との間にこのような十分な屈折率差を設けることにより、高屈折率領域 151 と低屈折率領域 152 との界面で確実に全反射を生じさせることができる。その結果、高屈折率領域 151 を伝搬する光が不本意にも低屈折率領域 152 に漏れ出るのをより確実に防止することができる。

30

【0072】

また、図 2 では、高屈折率領域 151 が入射側端面 10a に露出しているが、これにより、発光素子から発生した光のうち、コア部 14 に入射しなかった光は、直接、高屈折率領域 151 に入射し易くなる。その結果、コア部 14 に入射しなかった光を高屈折率領域 151 に確実に入射させ、コア部 14 から遠ざけることができる。

40

【0073】

さらに、上記の観点から、入射側端面 10a のうち、側面クラッド部 15 の露出面できるだけ多くの部分を高屈折率領域 151 の露出面が占めていれば、コア部 14 に入射しなかった光のより多くを高屈折率領域 151 に入射させることができる。したがって、図 2 に示すように側面クラッド部 15 の露出面のほぼ全体を高屈折率領域 151 の露出面が占めていることにより、コア部 14 に入射しなかった光のほとんどを高屈折率領域 151 に入射させることができ、光導波路 10 の S / N 比をより高めることができる。

【0074】

一方、光導波路 10 の出射側端面 10b では、図 2 に示すように、高屈折率領域 151 がコア部 14 から最も遠い位置に露出している。すなわち、図 2 に示す 3 つの側面クラッ

50

ド部 15 のうち、各コア部 14、14 で挟まれた側面クラッド部 15 では、高屈折率領域 151 の出射側端面が、各コア部 14、14 間の中心部に位置している。また、残る 2 つの側面クラッド部 15 では、高屈折率領域 151 の出射側端面は、各側面クラッド部 15 の露出面のうち、隣接するコア部 14 から最も離れた隅に位置している。このように、光導波路 10 の出射側端面 10b で高屈折率領域 151 がコア部 14 から最も遠い位置に露出していることにより、受光素子にノイズ光が到達する確率を特に低下させることができる。すなわち、コア部 14 と側面クラッド部 15 との境界付近に出射するノイズ光の強度を低下させ、S/N 比を特に高めることができる。

【0075】

また、図 2 に示すように、複数のコア部 14、14 がある（マルチチャンネルである）場合、前述したような高屈折率領域 151 が設けられていると、各コア部 14、14 にそれぞれ対応する受光素子以外の受光素子にノイズ光が受光されてしまうこと、すなわち、別チャンネルからの信号光の漏れ込み（クロストーク）を効果的に抑制することができる。

10

【0076】

なお、図 2 に示す高屈折率領域 151 は、その全体において、隣接するコア部 14 側の面 1510 が、コア部 14 を通過する光の進行方向前方に向かうにつれてコア部 14 から徐々に遠ざかるような形状をなしているが、このような形状は、コア部 14 側の面 1510 の一部のみに設けられていてもよい。すなわち、高屈折率領域 151 のコア部 14 側の面 1510 は、一部が前述したようなコア部 14 から徐々に遠ざかるような形状をなしており、残部がコア部 14 と平行になってもよい。

20

【0077】

次に、光導波路 10 の製造方法の一例について説明する。

光導波路 10 は、クラッド層 11（第 1 の層）と、コア層 13（第 2 の層）と、クラッド層 12（第 3 の層）とをそれぞれ作製し、これらを積層することにより製造される。

【0078】

このような製造方法では、互いに屈折率の異なる部位が物理的かつ光学的に接するように作製する必要がある。具体的には、コア部 14 に対して、低屈折率領域 152 や各クラッド層 11、12 が隙間を介することなく、確実に密着するように形成する必要がある。また、高屈折率領域 151 と低屈折率領域 152 や各クラッド層 11、12 との間も確実に密着している必要がある。

30

【0079】

その具体的な製造方法としては、同一層（第 2 の層）内に、コア部 14、高屈折率領域 151、低屈折率領域 152 等を形成し得る方法であれば特に限定されず、例えば、フォトリソグラフィ法、フォトリソグラフィ法、直接露光法、ナノインプリンティング法、モノマーディフュージョン法等が挙げられる。

【0080】

ここでは、代表として、モノマーディフュージョン法による光導波路 10 の製造方法について説明する。

【0081】

40

図 4 ~ 図 8 は、それぞれ、図 1 に示す光導波路 10 の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。なお、図 5、6、8 は、図 2 の A - A 線における断面図である。

【0082】

[1] まず、支持基板 161 上に、層 110 を形成する（図 4 参照）。

層 110 は、コア層形成用材料（ワニス）100 を塗布し硬化（固化）させる方法により形成される。

【0083】

具体的には、層 110 は、支持基板 161 上にコア層形成用材料 100 を塗布して液状被膜を形成した後、この支持基板 161 を換気されたレベルテーブルに置いて、液状被膜表面の不均一な部分を水平化するとともに、溶媒を蒸発（脱溶媒）することにより形成す

50

る。

【0084】

層110を塗布法で形成する場合、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、ダイコート法等の方法が挙げられるが、これらに限定されるわけではない。

【0085】

支持基板161には、例えば、シリコン基板、二酸化ケイ素基板、ガラス基板、石英基板、ポリエチレンテレフタレート(PET)フィルム等が用いられる。

【0086】

コア層形成用材料100は、ポリマー115と、添加剤120(少なくともモノマーおよび触媒を含む)とで構成される現像性材料を含有し、活性放射線の照射および加熱により、ポリマー115中において、モノマーの反応が生じる材料である。

10

【0087】

そして、得られた層110中では、ポリマー(マトリックス)115は、いずれも、実質的に一様かつランダムに分配され、添加剤120は、ポリマー115内に実質的に一様かつランダムに分散されている。これにより、層110中には、添加剤120が実質的に一様かつ任意に分散されている。

【0088】

このような層110の平均厚さは、形成すべきコア層13の厚さに応じて適宜設定され、特に限定されないが、5~200 μm 程度であるのが好ましく、10~100 μm 程度であるのがより好ましく、15~65 μm 程度であるのがさらに好ましい。

20

【0089】

ポリマー115には、透明性が十分に高く(無色透明であり)、かつ、後述するモノマーと相溶性を有するもの、さらに、その中で後述するようにモノマーが反応(重合反応や架橋反応)可能であり、モノマーが重合した後においても、十分な透明性を有するものが好適に用いられる。

【0090】

ここで、「相溶性を有する」とは、モノマーが少なくとも混和して、コア層形成用材料100中や層110中においてポリマー115と相分離を起こさないことを言う。

このようなポリマー115としては、前述したコア層13の構成材料が挙げられる。

30

【0091】

なお、ポリマー115としてノルボルネン系ポリマーを用いた場合、このポリマーが高い疎水性を有するため、吸水による寸法変化等を生じ難いコア層13を得ることができる。

【0092】

また、ノルボルネン系ポリマーとしては、単独の繰り返し単位を有するもの(ホモポリマー)、2つ以上のノルボルネン系繰り返し単位を有するもの(コポリマー)のいずれであってもよい。

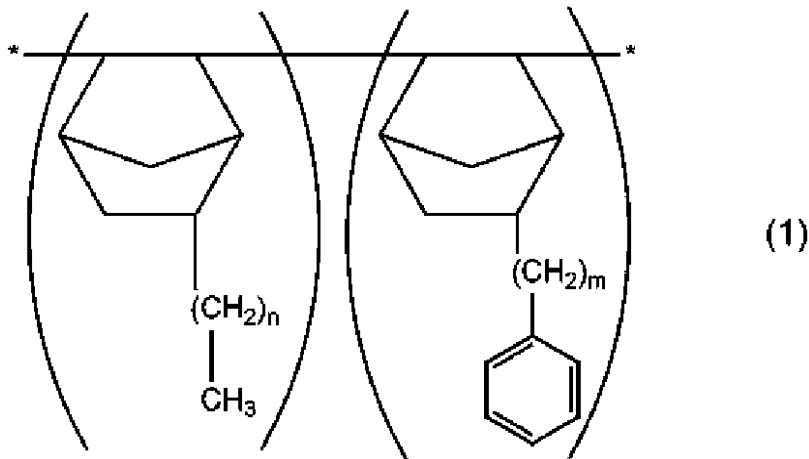
【0093】

このうち、コポリマーの一例としては、下記式(1)で表わされる繰り返し単位を有する化合物が好適に用いられる。

40

【0094】

【化 1】



10

[式中、 m は、1～4の整数を表し、 n は、1～9の整数を表す。]

【0095】

なお、コポリマーの種類としては、上記式(1)の2つの単位が任意の順序(ランダム)に並んだもの、交互に並んだもの、各単位がそれぞれ固まって(ブロック状に)並んだもの等のいずれの形態をとるものであってもよい。

【0096】

20

ここで、ポリマー115として上記ノルボルネン系ポリマーを用いた場合、添加剤120の一例として、ノルボルネン系モノマー、助触媒(第1の物質)および触媒前駆体(第2の物質)を含むものが好ましく選択される。

【0097】

ノルボルネン系モノマーは、後述する活性放射線に照射により、活性放射線の照射領域において反応して反応物を形成し、この反応物の存在により、層110において照射領域と、活性放射線の未照射領域とにおいて、屈折率差を生じさせ得るような化合物である。

【0098】

ここで、この反応物としては、ノルボルネン系モノマーがポリマー(マトリックス)115中で重合して形成されたポリマー(重合体)、ポリマー115同士を架橋する架橋構造、および、ポリマー115に重合してポリマー115から分岐した分岐構造(ブランチポリマーや側鎖(ペンダントグループ))のうちの少なくとも1つが挙げられる。

30

【0099】

ここで、層110において、照射領域の屈折率が高くなることが望まれる場合には、比較的低い屈折率を有するポリマー115と、このポリマー115に対して高い屈折率を有するノルボルネン系モノマーとが組み合わせて使用され、照射領域の屈折率が低くなることが望まれる場合には、比較的高い屈折率を有するポリマー115と、このポリマー115に対して低い屈折率を有するノルボルネン系モノマーとが組み合わせて使用される。

【0100】

なお、屈折率が「高い」または「低い」とは、屈折率の絶対値を意味するものではなく、ある材料同士の相対的な関係を意味する。

40

【0101】

そして、ノルボルネン系モノマーの反応(反応物の生成)により、層110において照射領域の屈折率が低下する場合、当該部分が側面クラッド部15となり、照射領域の屈折率が上昇する場合、当該部分がコア部14となる。

【0102】

触媒前駆体(第2の物質)は、前記のモノマーの反応(重合反応、架橋反応等)を開始させ得る物質であり、後述する活性放射線の照射により活性化した助触媒(第1の物質)の作用により、活性化温度が変化する物質である。

【0103】

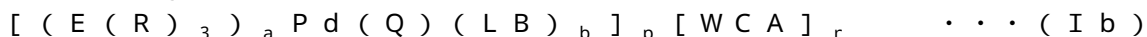
50

この触媒前駆体（プロカタリスト：pro catalyst）としては、活性放射線の照射に伴って活性化温度が変化（上昇または低下）するものであれば、いかなる化合物を用いてもよいが、特に、活性放射線の照射に伴って活性化温度が低下するものが好ましい。これにより、比較的低温による加熱処理でコア層 13（光導波路 10）を形成することができ、他の層に不要な熱が加わって、光導波路 10 の特性（光伝送性能）が低下するのを防止することができる。

【0104】

このような触媒前駆体としては、下記式（I a）および（I b）で表わされる化合物の少なくとも一方を含む（主とする）ものが好適に用いられる。

【0105】



〔式 I a、I b 中、それぞれ、 $E(R)_3$ は、第 15 族の中性電子ドナー配位子を表し、E は、周期律表の第 15 族から選択される元素を表し、R は、水素原子（またはその同位体の 1 つ）または炭化水素基を含む部位を表し、Q は、カルボキシレート、チオカルボキシレートおよびジチオカルボキシレートから選択されるアニオン配位子を表す。また、式 I b 中、LB は、ルイス塩基を表し、WCA は、弱配位アニオンを表し、a は、1～3 の整数を表し、b は、0～2 の整数を表し、a と b との合計は、1～3 であり、p および r は、パラジウムカチオンと弱配位アニオンとの電荷のバランスをとる数を表す。〕

【0106】

式 I a に従う典型的な触媒前駆体としては、 $Pd(OAc)_2 (P(i-Pr)_3)_2$ 、 $Pd(OAc)_2 (P(Cy)_3)_2$ 、 $Pd(O_2CCMe_3)_2 (P(Cy)_3)_2$ 、 $Pd(OAc)_2 (P(Cp)_3)_2$ 、 $Pd(O_2CCF_3)_2 (P(Cy)_3)_2$ 、 $Pd(O_2CC_6H_5)_3 (P(Cy)_3)_2$ が挙げられるが、これらに限定されるわけではない。ここで、Cp は、シクロペンチル（cyclopentyl）基を表し、Cy は、シクロヘキシル基を表す。

【0107】

また、式 I b で表される触媒前駆体としては、p および r が、それぞれ 1 および 2 の整数から選択される化合物が好ましい。

【0108】

このような式 I b に従う典型的な触媒前駆体としては、 $Pd(OAc)_2 (P(Cy)_3)_2$ が挙げられる。ここで、Cy は、シクロヘキシル基を表し、Ac は、アセチル基を表す。

【0109】

これらの触媒前駆体は、モノマーを効率よく反応（ノルボルネン系モノマーの場合、付加重合反応によって効率よく重合反応や架橋反応等）することができる。

【0110】

助触媒（第 1 の物質）は、活性放射線の照射によって活性化して、前記の触媒前駆体（プロカタリスト）の活性化温度（モノマーに反応を生じさせる温度）を変化させ得る物質である。

【0111】

この助触媒（コカタリスト：co catalyst）としては、活性放射線の照射により、その分子構造が変化（反応または分解）して活性化する化合物であれば、いかなるものでも用いることができるが、特定波長の活性放射線の照射によって分解し、プロトンや他の陽イオン等のカチオンと、触媒前駆体の脱離基に置換し得る弱配位アニオン（WCA）とを発生する化合物（光開始剤）を含む（主とする）ものが好適に用いられる。

【0112】

弱配位アニオンとしては、例えば、テトラキス（ペンタフルオロフェニル）ホウ酸イオン（ F_4BA^- ）、ヘキサフルオロアンチモン酸イオン（ SbF_6^- ）等が挙げられる。

【0113】

10

20

30

40

50

この助触媒（光酸発生剤または光塩基発生剤）としては、例えば、テトラキス（ペンタフルオロフェニル）ホウ酸塩やヘキサフルオロアンチモン酸塩の他、テトラキス（ペンタフルオロフェニル）ガリウム酸塩、アルミン酸塩類、アンチモン酸塩類、他のホウ酸塩類、ガリウム酸塩類、カルボラン類、ハロカルボラン類等が挙げられる。

【0114】

また、コア層形成用材料（ワニス）100中には、必要に応じて、増感剤を添加するようにしてもよい。

【0115】

さらに、コア層形成用材料100中には、酸化防止剤を添加することができる。これにより、望ましくないフリーラジカルの発生や、ポリマー115の自然酸化を防止することができる。その結果、得られたコア層13（光導波路10）の特性の向上を図ることができる。

10

【0116】

以上のようなコア層形成用材料100を用いて層110が形成される。

このとき、層110は、第1の屈折率を有している。この第1の屈折率は、層110中に一様に分散（分布）するポリマー115およびモノマーの作用による。

【0117】

また、以上の添加剤120の説明では、モノマーがノルボルネン系モノマーの場合を例に説明したが、これ以外のモノマーとしては、重合可能な部位を有する化合物であればよく、アクリル酸（メタクリル酸）系モノマー、エポキシ系モノマー、スチレン系モノマー等が挙げられ、これらのうちの1種または2種以上を組み合わせる用いることができる。

20

【0118】

なお、添加剤120中の触媒は、モノマーの種類に応じて適宜選択すればよく、例えば、アクリル酸系モノマーやエポキシ系モノマーの場合には、触媒前駆体（第2の物質）の添加を省略することができる。

【0119】

[2] 次に、開口（窓）1351が形成されたマスク（マスキング）135を用意し、このマスク135を介して、層110に対して活性放射線（活性エネルギー光線）130を照射する（図5参照）。

【0120】

30

以下では、モノマーとして、ポリマー115より低い屈折率を有するものを用い、コア層形成用材料100は、活性放射線130の照射に伴って照射領域125の屈折率が低下する場合を一例に説明する。

【0121】

すなわち、ここで示す例では、活性放射線130の照射領域125が側面クラッド部15中の低屈折率領域152となる。

【0122】

したがって、ここで示す例では、マスク135には、形成すべき低屈折率領域152のパターンと等価な開口（窓）1351が形成される。この開口1351は、照射する活性放射線130が透過する透過部を形成するものである。

40

【0123】

マスク135は、予め形成（別途形成）されたもの（例えばプレート状のもの）でも、層110上に例えば気相成膜法や塗布法により形成されたものでもよい。

【0124】

用いる活性放射線130は、助触媒に対して、光化学的な反応（変化）を生じさせ得るものであればよく、例えば、可視光、紫外光、赤外光、レーザ光の他、電子線やX線等を用いることもできる。

【0125】

マスク135を介して、活性放射線130を層110に照射すると、活性放射線130が照射された照射領域125内に存在する助触媒（第1の物質：コカタリスト）は、活性

50

放射線 1 3 0 の作用により反応（結合）または分解して、カチオン（プロトンまたは他の陽イオン）と、弱配位アニオン（W C A）とを遊離（発生）する。

【 0 1 2 6 】

そして、これらのカチオンや弱配位アニオンは、照射領域 1 2 5 内に存在する触媒前駆体（第 2 の物質：プロカタリスト）の分子構造に変化（分解）を生じさせ、これを活性潜在状態（潜在的活性状態）に変化させる。

【 0 1 2 7 】

なお、活性放射線 1 3 0 として、レーザ光のように指向性の高い光を用いる場合には、マスク 1 3 5 の使用を省略してもよい。

【 0 1 2 8 】

10

[3] 次に、層 1 1 0 に対して加熱処理（第 1 の加熱処理）を施す。

これにより、照射領域 1 2 5 内では、活性潜在状態の触媒前駆体が活性化して（活性状態となって）、モノマーの反応（重合反応や架橋反応）が生じる。

【 0 1 2 9 】

そして、モノマーの反応が進行すると、照射領域 1 2 5 内におけるモノマー濃度が徐々に低下する。これにより、照射領域 1 2 5 と未照射領域 1 4 0 との間には、モノマー濃度に差が生じ、これを解消すべく、未照射領域 1 4 0 からモノマーが拡散（モノマーディフュージョン）して照射領域 1 2 5 に集まってくる。

【 0 1 3 0 】

その結果、照射領域 1 2 5 では、モノマーやその反応物（重合体、架橋構造や分岐構造）が増加し、当該領域の屈折率にモノマー由来の構造が大きく影響を及ぼすようになり、第 1 の屈折率より低い第 2 の屈折率へと低下する。なお、モノマーの重合体としては、主に付加（共）重合体が生成する。

20

【 0 1 3 1 】

一方、未照射領域 1 4 0 では、当該領域から照射領域 1 2 5 にモノマーが拡散することにより、モノマー量が減少するため、当該領域の屈折率にポリマー 1 1 5 の影響が大きく現れるようになり、第 1 の屈折率より高い第 3 の屈折率へと上昇する。

【 0 1 3 2 】

このようにして、照射領域 1 2 5 と未照射領域 1 4 0 との間に屈折率差（第 2 の屈折率 < 第 3 の屈折率）が生じて、コア部 1 4 および高屈折率領域 1 5 1（未照射領域 1 4 0）と低屈折率領域 1 5 2（照射領域 1 2 5）とが形成される（図 6 参照）。

30

【 0 1 3 3 】

[4] 次に、層 1 1 0 に対して第 2 の加熱処理を施す。

これにより、未照射領域 1 4 0 および / または照射領域 1 2 5 に残存する触媒前駆体を、直接または助触媒の活性化を伴って、活性化させる（活性状態とする）ことにより、各領域 1 2 5、1 4 0 に残存するモノマーを反応させる。

【 0 1 3 4 】

このように、各領域 1 2 5、1 4 0 に残存するモノマーを反応させることにより、得られるコア部 1 4、高屈折率領域 1 5 1 および低屈折率領域 1 5 2 の安定化を図ることができる。

40

【 0 1 3 5 】

[5] 次に、層 1 1 0 に対して第 3 の加熱処理を施す。

これにより、得られるコア層 1 3 に生じる内部応力の低減や、コア部 1 4、高屈折率領域 1 5 1 および低屈折率領域 1 5 2 の更なる安定化を図ることができる。

【 0 1 3 6 】

以上の工程を経て、コア層 1 3（第 2 の層）が得られる。

なお、例えば、第 2 の加熱処理や第 3 の加熱処理を施す前の状態で、コア部 1 4 および高屈折率領域 1 5 1 と低屈折率領域 1 5 2 との間に十分な屈折率差が得られている場合等には、本工程 [5] や前記工程 [4] を省略してもよい。

【 0 1 3 7 】

50

[6] 次に、支持基板 1 6 2 上に、クラッド層 1 1 (1 2) を形成する (図 7 参照)

。

【 0 1 3 8 】

クラッド層 1 1 (1 2) の形成方法としては、クラッド材を含むワニス (クラッド層形成用材料) を塗布し硬化 (固化) させる方法、硬化性を有するモノマー組成物を塗布し硬化 (固化) させる方法等、いかなる方法でもよい。

【 0 1 3 9 】

クラッド層 1 1 (1 2) を塗布法で形成する場合、例えば、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、アプリケーション法、カーテンコート法、ダイコート法等の方法が挙げられる。

【 0 1 4 0 】

支持基板 1 6 2 には、支持基板 1 6 1 と同様のものを用いることができる。

以上のようにして、支持基板 1 6 2 上に、クラッド層 1 1 (1 2) が形成される。

【 0 1 4 1 】

[7] 次に、支持基板 1 6 1 からコア層 1 3 を剥離し、このコア層 1 3 を、クラッド層 1 1 (第 1 の層) が形成された支持基板 1 6 2 と、クラッド層 1 2 (第 3 の層) が形成された支持基板 1 6 2 とで挟持する (図 8 参照) 。

【 0 1 4 2 】

そして、図 8 中の矢印で示すように、クラッド層 1 2 が形成された支持基板 1 6 2 の上面側から加圧し、クラッド層 1 1、1 2 とコア層 1 3 とを圧着する。

【 0 1 4 3 】

これにより、クラッド層 1 1、1 2 (第 1 の層および第 3 の層) とコア層 1 3 (第 2 の層) とが接合、一体化される。

【 0 1 4 4 】

また、この圧着作業は、加熱下で行われるのが好ましい。加熱温度は、クラッド層 1 1、1 2 やコア層 1 3 の構成材料等により適宜決定されるが、通常は、80 ~ 200 程度が好ましく、120 ~ 180 程度がより好ましい。

【 0 1 4 5 】

次いで、クラッド層 1 1、1 2 から、それぞれ、支持基板 1 6 2 を剥離、除去する。これにより、光導波路 1 0 (本発明の光導波路) が得られる。

【 0 1 4 6 】

以上のような方法によれば、コア部 1 4 と高屈折率領域 1 5 1 とを同一の製造工程において同時に形成することができる。このため、従来の製造方法から工程数を増やすことなく、側面クラッド部 1 5 内に高屈折率領域 1 5 1 と低屈折率領域 1 5 2 とを効率よく作り込むことができる。

【 0 1 4 7 】

また、このようにして形成されたコア部 1 4 と高屈折率領域 1 5 1 とは、同種の材料で構成されたものとなる。このため、両者は熱膨張率が等しくなり、互いに異なる材料で構成された場合に比べ、温度変化に伴う光導波路 1 0 の変形や層間剥離等の不具合を低減することができる。

【 0 1 4 8 】

以上、モノマーディフュージョン法による光導波路 1 0 の製造方法について説明したが、前述したように、光導波路 1 0 の製造方法には、前述したようなその他の方法を用いることもできる。

【 0 1 4 9 】

このうち、フォトリソ法では、例えば、活性放射線の照射により活性化する離脱剤 (物質) と、主鎖と該主鎖から分岐し、活性化した離脱剤の作用により、分子構造の少なくとも一部が主鎖から離脱し得る離脱性基 (離脱性ペンダントグループ) とを有するポリマーを含有するコア層形成用材料を用いる。このコア層形成用材料は、層状に成膜された後、この層の一部に紫外線等の活性放射線を照射することにより、離脱性基が離脱 (

10

20

30

40

50

切断)され、その領域の屈折率が変化(上昇または低下)する。例えば、離脱性基の離脱に伴って屈折率が低下するものとする、活性放射線の照射領域が低屈折率領域152となり、それ以外の領域がコア部14または高屈折率領域151となる。このようにしてコア層13を形成した後、前述したようにして、コア層13の両面にクラッド層11、12を接合する。

【0150】

一方、フォトリソグラフィ法は、例えば、高屈折率のコア部形成用材料の層をクラッド層11上に成膜し、さらにこの層上にコア部14および高屈折率領域151に対応する形状のレジスト膜をフォトリソグラフィ技術により形成する。そして、このレジスト膜をマスクとして、コア部形成用材料の層をエッチングする。これによりコア部14および高屈折率領域151が得られる。その後、コア部14および高屈折率領域151を覆うようにして、相対的に低屈折率のクラッド部形成用材料を成膜することにより、コア部14と高屈折率領域151との隙間をクラッド部形成用材料が充填し、低屈折率領域152が得られる。また、さらに、これら(コア部14、高屈折率領域151および低屈折率領域152)を覆うようにクラッド部形成用材料が供給されることにより、クラッド層12が得られる。

【0151】

<第2実施形態>

次に、本発明の光導波路の第2実施形態について説明する。

図9は、本発明の光導波路の第2実施形態のコア層のみを示す平面図である。

【0152】

以下、本実施形態にかかる光導波路について説明するが、前記第1実施形態にかかる光導波路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。

【0153】

本実施形態にかかる光導波路は、高屈折率領域および低屈折率領域の平面視のパターンが異なること以外は、前記第1実施形態と同様である。

【0154】

図9に示す側面クラッド部15は、前記第1実施形態と同様のくさび状をなす高屈折率領域151と、この高屈折率領域151よりコア部14側に設けられ、平面視で帯状をなす2つの高屈折率領域153(第2の高屈折率領域)とを有するものである。

【0155】

この2つの高屈折率領域153は、高屈折率領域151と同様、低屈折率領域152よりも屈折率が高い領域であり、コア層13中においてコア部14を挟んで両側に位置している。

【0156】

また、各高屈折率領域153は、高屈折率領域151とは分離して設けられており、また、各コア部14に直接接触しないように設けられている。すなわち、高屈折率領域153と高屈折率領域151との間、および、高屈折率領域153と各コア部14との間には、それぞれ低屈折率領域152が介挿された状態になっている。

【0157】

また、帯状の高屈折率領域153は、出射側端面10bに露出しているが、入射側端面10aには露出していない。

【0158】

このような本実施形態にかかる光導波路10は、前記第1実施形態と同様のくさび状をなす高屈折率領域151を有していることから、前記第1実施形態と同様の作用・効果を奏する。

【0159】

ここで、従来の光導波路の問題点について説明する。

図16に示す従来の光導波路90では、不本意にも側面クラッド部95に光が伝搬することが問題となっており、側面クラッド部95に光が入射してしまう原因の1つとして、

前記第 1 実施形態では、コア部 9 4 の光軸と発光素子 9 7 の光軸とのずれ、および光導波路 9 0 と発光素子 9 7 の相互の開口数の不適合を挙げた。

【 0 1 6 0 】

ところで、上記とは別の原因としては、光導波路 9 0 の途中でコア部 9 4 から側面クラッド部 9 5 に光が漏れ出ることが挙げられる。コア部 9 4 から漏れ出た光は、側面クラッド部 9 5 を伝搬し、前述したようにノイズ光として受光素子 9 7 に受光されることとなる。このようなコア部 9 4 から光が漏れ出る現象は、コア部 9 4 と側面クラッド部 9 5 との間で十分な屈折率差がない場合において発生する。

【 0 1 6 1 】

そこで、本実施形態では、光導波路 1 0 の側面クラッド部 1 5 中に、くさび状をなす高屈折率領域 1 5 1 に加え、さらに帯状をなす高屈折率領域 1 5 3 (第 2 の高屈折率領域) を設けることとした。このような光導波路 1 0 では、入射側端面 1 0 a から入射した光が出射側端面 1 0 b に伝搬する途中で、コア部 1 4 から側面クラッド部 1 5 (低屈折率領域 1 5 2) に漏れ出た光を、高屈折率領域 1 5 3 で内側に反射して、漏れ出た光がそれ以上側方に発散してしまうのを防止することができる。すなわち、漏れ出た光を、高屈折率領域 1 5 3 より内側に閉じ込めることができる。これにより、光導波路 1 0 の途中で信号光がノイズ光へと変化してしまうのを防止することができ、出射側端面 1 0 b において、ノイズ光の光強度を弱めることができる。その結果、搬送波としての S / N 比を前記第 1 実施形態に比べてさらに高めることができる。そして、マルチチャンネルの場合、クロストークを抑制することができる。図 9 には、コア部 1 4 から漏れ出た光の伝搬経路の一例を矢印で示す。

【 0 1 6 2 】

なお、高屈折率領域 1 5 3 は、コア部 1 4 および高屈折率領域 1 5 1 と同一の製造工程において同時に形成することができる。これにより、従来の製造方法から工程数を増やすことなく、側面クラッド部 1 5 内に高屈折率領域 1 5 1、低屈折率領域 1 5 2 および高屈折率領域 1 5 3 を効率よく作り込むことができる。

【 0 1 6 3 】

また、高屈折率領域 1 5 3 は、低屈折率領域 1 5 2 より屈折率が高い材料であればいかなる材料で構成してもよいが、コア部 1 4 および高屈折率領域 1 5 1 と同種の材料で構成することにより、各々の熱膨張率が等しくなり、互いに異なる材料で構成された場合に比べ、温度変化に伴う光導波路 1 0 の変形や層間剥離等の不具合をより低減することができる。

【 0 1 6 4 】

また、各高屈折率領域 1 5 3 と低屈折率領域 1 5 2 との屈折率差は、好ましくはその差が 0 . 5 % 以上とされ、より好ましくはその差が 0 . 8 % 以上とされる。また、上限値は特に設定されなくてもよいが、好ましくは 5 . 5 % とされる。

【 0 1 6 5 】

< 第 3 実施形態 >

次に、本発明の光導波路の第 3 実施形態について説明する。

図 1 0 は、本発明の光導波路の第 3 実施形態のコア層のみを示す平面図である。

【 0 1 6 6 】

以下、本実施形態にかかる光導波路について説明するが、前記第 2 実施形態にかかる光導波路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。

【 0 1 6 7 】

本実施形態にかかる光導波路は、高屈折率領域および低屈折率領域の平面視のパターンが異なること以外は、前記第 2 実施形態と同様である。

【 0 1 6 8 】

図 1 0 に示す側面クラッド部 1 5 は、前記第 1 実施形態と同様のくさび状をなす高屈折率領域 1 5 1 と、この高屈折率領域 1 5 1 よりコア部 1 4 側に設けられ、平面視で短冊状をなす複数の高屈折率領域 1 5 4 (第 3 の高屈折率領域) とを有するものである。なお、

図 10 に示す各高屈折率領域 154 は、平面視で平行四辺形をなしている。

【0169】

この複数の高屈折率領域 154 は、高屈折率領域 151 と同様、低屈折率領域 152 よりも屈折率が高い領域であり、コア部 14 を挟んで両側に整列している。また、図 10 に示す各高屈折率領域 154 は、細長い平行四辺形をなしており、長辺の長さは短辺の 2 ~ 50 倍程度であるのが好ましく、5 ~ 30 倍程度であるのがより好ましい。

【0170】

また、各高屈折率領域 154 は、高屈折率領域 151 とは分離して設けられており、また、各コア部 14 に直接接触しないように設けられている。すなわち、高屈折率領域 154 と高屈折率領域 151 との間、および、高屈折率領域 154 と各コア部 14 との間に、それぞれ低屈折率領域 152 が介挿された状態になっている。

10

【0171】

ここで、図 11 には、図 10 に示す第 3 実施形態の別の構成例を示す。

図 11 に示す光導波路 10 は、短冊状をなす高屈折率領域の平面視の形状が異なること以外は、図 10 と同様である。すなわち、図 11 に示す側面クラッド部 15 は、前記第 1 実施形態と同様のくさび状をなす高屈折率領域 151 と、この高屈折率領域 151 よりコア部 14 側に設けられ、平面視で短冊状をなす複数の高屈折率領域 154' (第 3 の高屈折率領域) とを有するものであるが、この複数の高屈折率領域 154' は、平面視で細長い三角形をなしている。

【0172】

20

また、このような高屈折率領域 154' は、前記第 3 実施形態にかかる高屈折率領域 154 と同様、その軸線が、コア部 14 の軸線の垂線に対して、コア部 14 を通過する光の進行方向の後方に傾斜するように設けられている。

【0173】

さらに、各高屈折率領域 154' は、コア部 14 側から遠ざかるにつれて、横断面積が徐々に増大するような形状をなしている。

【0174】

なお、図 11 では、平面視で細長い三角形をなす複数の高屈折率領域 154' において、コア部 14 側に位置する内角は、鋭角であり、他の内角に比べてその角度が小さい。具体的には、この内角は、3 ~ 30° 程度であるのが好ましく、5 ~ 20° 程度であるのがより好ましい。また、この場合、コア部 14 側に位置する内角に対向する辺の長さは、他の 2 辺よりも短くなっている。

30

【0175】

また、図 12 には、図 10 に示す第 3 実施形態のさらに別の構成例を示す。

図 12 に示す光導波路 10 は、短冊状をなす高屈折率領域の平面視の形状が異なること以外は、図 10 と同様である。すなわち、図 12 に示す側面クラッド部 15 は、前記第 1 実施形態と同様のくさび状をなす高屈折率領域 151 と、この高屈折率領域 151 よりコア部 14 側に設けられ、平面視で短冊状をなす複数の高屈折率領域 154'' (第 3 の高屈折率領域) とを有するものであるが、この複数の高屈折率領域 154'' は、平面視で細長い長方形をなしており、かつ、その軸線がコア部 14 の軸線に対してほぼ垂直になるよう配置されている。

40

【0176】

なお、図 12 に示す各高屈折率領域 154'' は、細長い長方形をなしているが、長辺の長さは短辺の 2 ~ 50 倍程度であるのが好ましく、5 ~ 30 倍程度であるのがより好ましい。

【0177】

これらの各高屈折率領域 154' および各高屈折率領域 154'' は、前述した各高屈折率領域 154 と同様の機能を有する。

【0178】

そして、このような本実施形態にかかる光導波路 10 は、前記第 1 実施形態と同様のく

50

さび状をなす高屈折率領域 151 を有していることから、前記第 1 実施形態と同様の作用・効果を奏する。

【0179】

また、本実施形態では、光導波路 10 の側面クラッド部 15 中に、くさび状をなす高屈折率領域 151 に加え、さらに短冊状をなす高屈折率領域 154 (第 3 の高屈折率領域) を設けることとした。このような光導波路 10 では、入射側端面 10a から入射した光が出射側端面 10b に伝搬する途中で、コア部 14 から側面クラッド部 15 (低屈折率領域 152) に漏れ出た光を、高屈折率領域 154 で外側に屈折させたり散乱させたりして、漏れ出た光をコア部 14 から遠ざけることができる。図 10 には、コア部 14 から漏れ出た光の伝搬経路の一例を矢印で示す。

10

【0180】

かかる観点から、短冊状をなす高屈折率領域 154 は、そのそれぞれの軸線が、コア部 14 の軸線の垂線に対して、コア部 14 を通過する光の進行方向の後方に傾斜するように設けられればよい。これにより、高屈折率領域 154 を透過する光は、必然的にコア部 14 から遠ざかるように屈折する。その結果、コア部 14 から漏れ出た光を、コア部 14 から遠ざけることができ、出射側端面 10b において、コア部 14 近傍におけるノイズ光の光強度を低減することができる。すなわち、コア部 14 近傍において、信号光とノイズ光との光強度差をより明確にすることができるため、搬送波としての S/N 比を前記第 1 実施形態に比べてさらに高めることができる。そして、マルチチャンネルの場合、クロストークを抑制することができる。

20

【0181】

なお、図 10 に示す、コア部 14 の軸線の垂線と、短冊状をなす高屈折率領域 154 の軸線とがなす角度 (高屈折率領域 154 の傾斜角) θ は、高屈折率領域 154 と低屈折率領域 152 との屈折率差や側面クラッド部 15 の幅等に応じて、側面クラッド部 15 を通過する光が必要かつ十分に屈折するように適宜設定される。

【0182】

具体的には、高屈折率領域 154 の傾斜角 θ は、 $10 \sim 85^\circ$ 程度であるのが好ましく、 $20 \sim 70^\circ$ 程度であるのがより好ましい。傾斜角 θ を前記範囲内に設定することにより、コア部 14 から漏れ出た光がコア部 14 から確実に離れるよう屈折し、光導波路 10 の出射側端面 10b において、信号光とノイズ光とを分離することができる。その結果、搬送波としての S/N 比をより確実に高めることができる。

30

【0183】

また、各高屈折率領域 154 同士の離間距離も、高屈折率領域 154 と低屈折率領域 152 との屈折率差や側面クラッド部 15 の幅等に応じて適宜設定される。

【0184】

さらに、各高屈折率領域 154 の幅も、同様に適宜設定されるが、一例としては、 $1 \sim 30 \mu\text{m}$ 程度であるのが好ましく、 $3 \sim 20 \mu\text{m}$ 程度であるのがより好ましい。

【0185】

また、各高屈折率領域 154 と低屈折率領域 152 との屈折率差は、好ましくはその差が 0.5% 以上とされ、より好ましくはその差が 0.8% 以上とされる。また、上限値は特に設定されなくてもよいが、好ましくは 5.5% とされる。

40

【0186】

< 第 4 実施形態 >

次に、本発明の光導波路の第 4 実施形態について説明する。

図 13 は、本発明の光導波路の第 4 実施形態のコア層のみを示す平面図である。

【0187】

以下、本実施形態にかかる光導波路について説明するが、前記第 3 実施形態にかかる光導波路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。

【0188】

本実施形態にかかる光導波路は、高屈折率領域および低屈折率領域の平面視のパターン

50

が異なること以外は、前記第 3 実施形態と同様である。

【0189】

図 13 に示す側面クラッド部 15 は、前記第 1 実施形態と同様のくさび状をなす高屈折率領域 151 と、この高屈折率領域 151 よりコア部 14 側に設けられ、平面視で粒状をなす複数の高屈折率領域 155 (第 3 の高屈折率領域) とを有するものである。

【0190】

この複数の高屈折率領域 155 は、高屈折率領域 151 と同様、低屈折率領域 152 よりも屈折率が高い領域であり、コア部 14 を挟んで両側に点在している。

【0191】

また、各高屈折率領域 155 は、互いに独立しているとともに、高屈折率領域 151 とは分離して設けられており、また、各コア部 14 に直接接触しないように設けられている。すなわち、高屈折率領域 155 と高屈折率領域 151 との間、および、高屈折率領域 154 と各コア部 14 との間に、それぞれ低屈折率領域 152 が介挿された状態になっている。

【0192】

このような本実施形態にかかる光導波路 10 は、前記第 1 実施形態と同様のくさび状をなす高屈折率領域 151 を有していることから、前記第 1 実施形態と同様の作用・効果を奏する。

【0193】

そして、本実施形態では、光導波路 10 の側面クラッド部 15 中に、くさび状をなす高屈折率領域 151 に加え、さらに粒状をなす高屈折率領域 155 (第 3 の高屈折率領域) を設けることとした。このような光導波路 10 では、入射側端面 10a から入射した光が出射側端面 10b に伝搬する途中で、コア部 14 から側面クラッド部 15 (低屈折率領域 152) に漏れ出た光が、高屈折率領域 155 に達すると、そこで不規則に散乱される。これにより、コア部 14 から側面クラッド部 15 に漏れ出た光は、出射側端面 10b に達する前に広範囲に広がり減衰することとなる。その結果、出射側端面 10b では、側面クラッド部 15 から出射するノイズ光の光強度が低減されることとなり、信号光とノイズ光との光強度差をより明確にすることができるため、搬送波としての S/N 比を前記第 1 実施形態に比べてさらに高めることができる。そして、マルチチャンネルの場合、クロストークを抑制することができる。

【0194】

粒状をなす高屈折率領域 155 の平面視における形状は、特に限定されず、例えば、真円、楕円、長円のような円形、三角形、四角形、六角形、八角形、星型のような多角形、半円、扇型、針状等とされる。

【0195】

また、高屈折率領域 155 の輪郭は、図 13 に示すように凹凸を有しているのが好ましい。これにより、高屈折率領域 155 の輪郭は、コア部 14 から漏れ出た光を受ける面が不規則性を有することとなり、光を確実に乱反射することができる。

【0196】

また、各高屈折率領域 155 の平均粒径は、10 ~ 500 μm 程度であるのが好ましく、20 ~ 300 μm 程度であるのがより好ましい。各高屈折率領域 155 の平均粒径を前記範囲内とすることにより、各高屈折率領域 155 が光を散乱する確率を十分に高めることができる。

【0197】

また、各高屈折率領域 155 の配置密度は、高屈折率領域 155 と低屈折率領域 152 との屈折率差や側面クラッド部 15 の幅等に応じて適宜設定されるが、配置パターンは、好ましくは不規則 (ランダム) とされる。配置パターンをランダムにすることにより、散乱した光が干渉するのを防止して、ノイズ光を分散させて減衰させるという高屈折率領域 155 の機能を十分に発揮させることができる。

【0198】

なお、各高屈折率領域 155 と低屈折率領域 152 との屈折率差は、好ましくはその差が 0.5% 以上とされ、より好ましくはその差が 0.8% 以上とされる。また、上限値は特に設定されなくてもよいが、好ましくは 5.5% とされる。

【0199】

以上、本発明の光導波路を、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く、各部の構成は、同様の機能を発揮し得る任意の構成と置換することができ、また、任意の構成が付加されていてもよい。

【0200】

また、本発明の光導波路は、前記各実施形態の構成のうち、任意の 2 つ以上を適宜組み合わせたものであってもよい。

10

【0201】

さらに、前記各実施形態では、コア層 13 中に 2 つのコア部 14 が設けられているが、コア部 14 の数は、1 つまたは 3 つ以上であってもよい。

【0202】

また、前記各実施形態では、側面クラッド部 15 中に高屈折率領域 151、153、154、155 が設けられているが、これらの高屈折率領域は、クラッド層 11、12 中に設けられていてもよい。

【0203】

なお、このような本発明の光導波路は、例えば光通信用の光配線に用いることができる。

20

【0204】

また、この光配線は、既存の電気配線とともに基板上に混載されることにより、いわゆる「光・電気混載基板」を構成することができる。かかる光・電気混載基板では、例えば、光配線（光導波路のコア部）で伝送された光信号を、光デバイスにおいて電気信号に変換し、電気配線に伝達する。これにより、光配線の部分で、従来の電気配線よりも高速かつ大容量の情報伝送が可能になる。したがって、例えば CPU や LSI 等の演算装置と RAM 等の記憶装置との間をつなぐバス等に、この光・電気混載基板を適用することにより、システム全体の性能を高めるとともに、電磁ノイズの発生を抑制することができる。

【0205】

なお、かかる光・電気混載基板は、例えば、携帯電話、ゲーム機、パソコン、テレビ、ホーム・サーバー等、大容量のデータを高速に伝送する電子機器類に搭載することが考えられる。

30

【実施例】

【0206】

以下、本発明の具体的実施例について説明する。

【0207】

1. 光導波路の製造

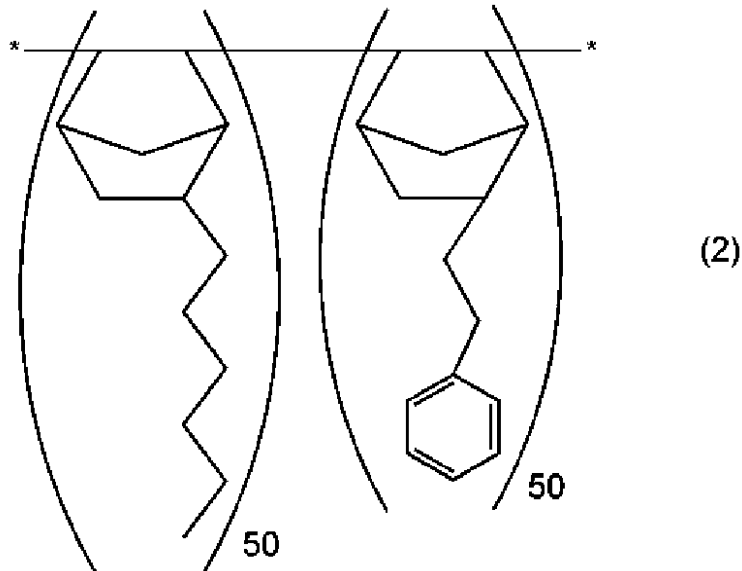
（実施例 1）

まず、下記式（2）で表わされる繰り返し単位を有するノルボルネン系ポリマーを含むコア層形成用材料を調製した。

40

【0208】

【化 2】



10

【0209】

次いで、このコア層形成用材料を基板上に塗布し、液状被膜を形成した。次いで、この液状被膜を乾燥し、コア層形成用材料の層を得た。

【0210】

20

次に、この層に、形成すべき低屈折率領域に対応する開口（窓）を有するマスクを介して、紫外線を照射した。次いで、オープン中で層を加熱した。これにより、紫外線を照射した領域が低屈折率領域（屈折率：1.54）となり、また紫外線を照射しなかった領域がコア部（屈折率：1.55）および高屈折率領域（屈折率：1.55）となり、その結果、コア層を得た。なお、コア部、高屈折率領域および低屈折率領域の形状は、それぞれ図2に示す形状とした。

【0211】

次に、コア層形成用材料に用いたポリマーよりも屈折率の低いノルボルネン系ポリマーを用意し、これを含むクラッド層形成用材料を調製した。

【0212】

30

次いで、このクラッド層形成用材料を2つの基板上にそれぞれ塗布し、液状被膜を形成した。次いで、これらの液状被膜を乾燥し、それぞれクラッド層を得た。

【0213】

そして、得られたコア層の両面にクラッド層を貼り合わせた。これにより、光導波路を得た。

【0214】

（実施例2）

コア部、高屈折率領域および低屈折率領域の各形状を、それぞれ図9に示す形状とした以外は、前記実施例1と同様にして光導波路を得た。

【0215】

40

（実施例3）

コア部、高屈折率領域および低屈折率領域の各形状を、それぞれ図10に示す形状とした以外は、前記実施例1と同様にして光導波路を得た。ただし、高屈折率領域の傾斜角は、 45° とした。

【0216】

（実施例4）

コア部、高屈折率領域および低屈折率領域の各形状を、それぞれ図11に示す形状とした以外は、前記実施例1と同様にして光導波路を得た。ただし、高屈折率領域の傾斜角は、実施例3と同様である。

【0217】

50

(実施例 5)

コア部、高屈折率領域および低屈折率領域の各形状を、それぞれ図 1 2 に示す形状とした以外は、前記実施例 1 と同様にして光導波路を得た。

【0 2 1 8】

(実施例 6)

コア部、高屈折率領域および低屈折率領域の各形状を、それぞれ図 1 3 に示す形状とした以外は、前記実施例 1 と同様にして光導波路を得た。

【0 2 1 9】

(比較例)

高屈折率領域および低屈折率領域の形成を省略し、図 1 6 に示すように、コア層中にコア部とその両側のクラッド部とを形成するようにした以外は、前記実施例 1 と同様にして光導波路を得た。

【0 2 2 0】

2. 光導波路の評価結果

各実施例で得られた光導波路および比較例で得られた光導波路について、それぞれ以下に示す方法で出射側端面における光強度を測定した。

【0 2 2 1】

図 1 4 は、光導波路の出射側端面における光強度を測定する方法を説明するための図である。この方法では、まず、測定対象の光導波路 1 0 の光入射側に、直径 5 0 μm の入射側光ファイバ 2 1 を配置した。この入射側光ファイバ 2 1 は、光導波路 1 0 に光を入射するための発光素子 (図示せず) に接続されており、その光軸と、光導波路 1 0 のコア部 1 4 の光軸とが一致するように配置されている。また、入射側光ファイバ 2 1 は、光導波路 1 0 の入射側端面 1 0 a に沿ってコア層 1 3 と同じ面内を走査し得るようになっている。なお、この走査幅は、光導波路 1 0 のコア部 1 4 の光軸を中心に、両側 2 5 0 μm ずつに設定されている。

【0 2 2 2】

一方、光導波路 1 0 の光出射側には、直径 2 0 0 μm の出射側光ファイバ 2 2 を配置した。この出射側光ファイバ 2 2 は、光導波路 1 0 から出射した光を受光するための受光素子 (図示せず) に接続されており、その光軸が、光導波路 1 0 のコア部 1 4 の光軸から側面クラッド部 1 5 側に 1 2 5 μm ずれた個所に位置するよう配置されている。

【0 2 2 3】

光強度を測定する際には、光を放射しつつ入射側光ファイバ 2 1 を走査させると、光導波路 1 0 内を通過した光の一部が出射側光ファイバ 2 2 に到達する。そして、このとき出射側光ファイバ 2 2 に入射した光強度を測定することにより、入射側光ファイバ 2 1 の位置と、出射側光ファイバ 2 2 に入射する光の強度との関係の評価した。

【0 2 2 4】

この測定結果のうち、代表として実施例 1 と比較例のものを図 1 5 に示す。なお、図 1 5 のグラフの横軸は光導波路のコア部の光軸を基準とした入射側光ファイバの位置を表し、縦軸は光導波路のコア部を伝搬してきた光の強度 (入射側光ファイバの光軸と出射側光ファイバの光軸とを光導波路のコア部に一致させたときの光強度) を基準とした光強度比 (損失) を表す。

【0 2 2 5】

図 1 5 から明らかなように、比較例で得られた光導波路では、入射側光ファイバが光導波路のコア部の光軸を基準として 8 0 ~ 2 0 0 μm 付近の位置にあるとき、光強度比が特に大きかった。このことから、比較例の光導波路では、側面クラッド部に入射された光がコア部とほとんど変わらない程度に伝搬してしまうことが認められた。

【0 2 2 6】

一方、実施例 1 で得られた光導波路では、全体的に光強度比が小さかった。すなわち、実施例 1 の光導波路では、側面クラッド部に入射した光が大きく減衰するため、十分な S / N 比が得られることが認められた。

10

20

30

40

50

【 0 2 2 7 】

なお、各実施例 2 ～ 6 で得られた光導波路については、光強度比の図示を省略するが、実施例 1 とほぼ同様の挙動を示した。

【図面の簡単な説明】

【 0 2 2 8 】

【図 1】本発明の光導波路の第 1 実施形態を示す（一部切り欠いて、および透過して示す）斜視図である。

【図 2】図 1 に示す光導波路のコア層のみを示す平面図である。

【図 3】図 2 に示すコア層を伝搬する光の伝搬経路の一例を示す図である。

【図 4】図 1 に示す光導波路の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

10

【図 5】図 1 に示す光導波路の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

【図 6】図 1 に示す光導波路の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

【図 7】図 1 に示す光導波路の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

【図 8】図 1 に示す光導波路の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

【図 9】本発明の光導波路の第 2 実施形態のコア層のみを示す平面図である。

【図 10】本発明の光導波路の第 3 実施形態のコア層のみを示す平面図である。

【図 11】図 10 に示す第 3 実施形態の別の構成例を示す図である。

【図 12】図 10 に示す第 3 実施形態のさらに別の構成例を示す図である。

【図 13】本発明の光導波路の第 4 実施形態のコア層のみを示す平面図である。

【図 14】光導波路の出射側端面における光強度を測定する方法を説明するための図である。

20

【図 15】実施例 1 で得られた光導波路および比較例で得られた光導波路について、入射側光ファイバの位置と出射側端面における光強度との関係を示すグラフである。

【図 16】従来の光導波路のコア層のみを示す平面図である。

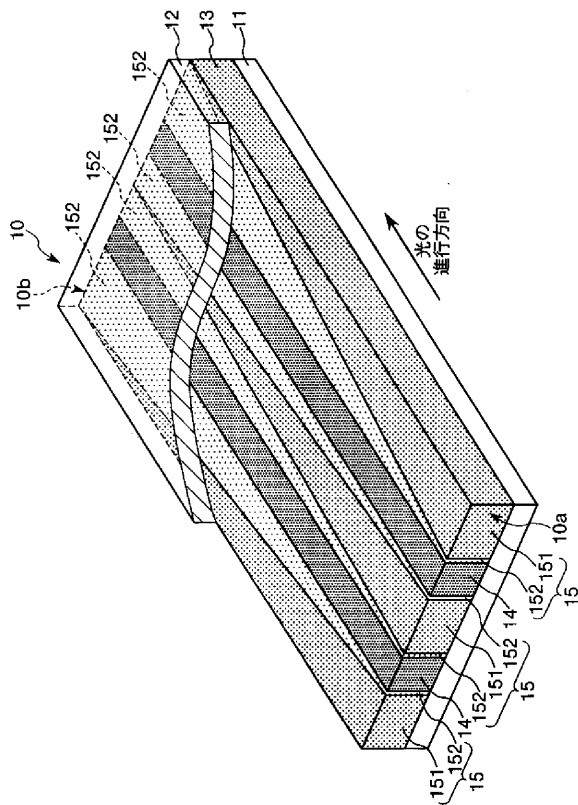
【符号の説明】

【 0 2 2 9 】

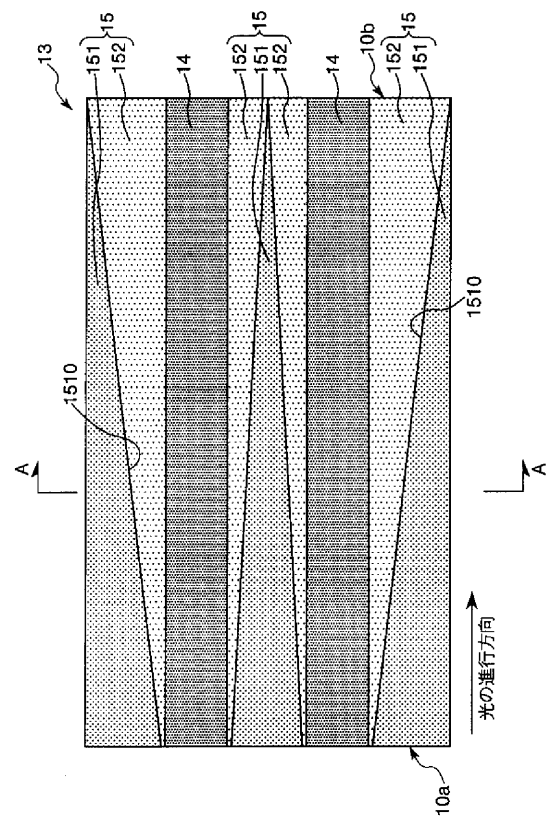
1 0	光導波路	
1 0 a	入射側端面	
1 0 b	出射側端面	
1 1、1 2	クラッド層	30
1 3	コア層	
1 4	コア部	
1 4 L	信号光の出射位置	
1 5	側面クラッド部	
1 5 1、1 5 3、1 5 4、1 5 4'、1 5 4''、1 5 5	高屈折率領域	
1 5 1 0	コア部側の面	
1 5 2	低屈折率領域	
1 5 1 L	ノイズ光の出射位置	
1 7	発光素子	
1 8	受光素子	40
1 0 0	コア層形成用材料（ワニス）	
1 1 0	層	
1 1 5	ポリマー	
1 2 0	添加剤	
1 2 5	照射領域	
1 3 0	活性放射線（活性エネルギー光線）	
1 3 5	マスク	
1 3 5 1	開口（窓）	
1 4 0	非照射領域	
1 6 1、1 6 2	支持基板	50

2 1	入射側光ファイバ
2 2	出射側光ファイバ
9 0	光導波路
9 0 a	入射側端面
9 0 b	出射側端面
9 3	コア層
9 4	コア部
9 5	側面クラッド部
9 7	発光素子
9 8	受光素子

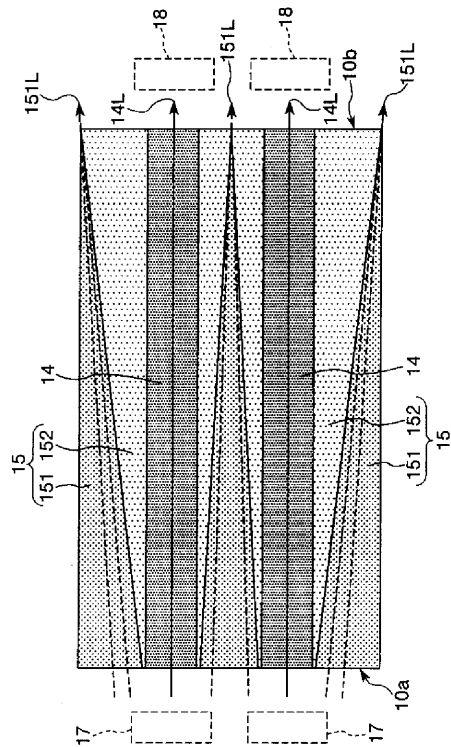
【図 1】



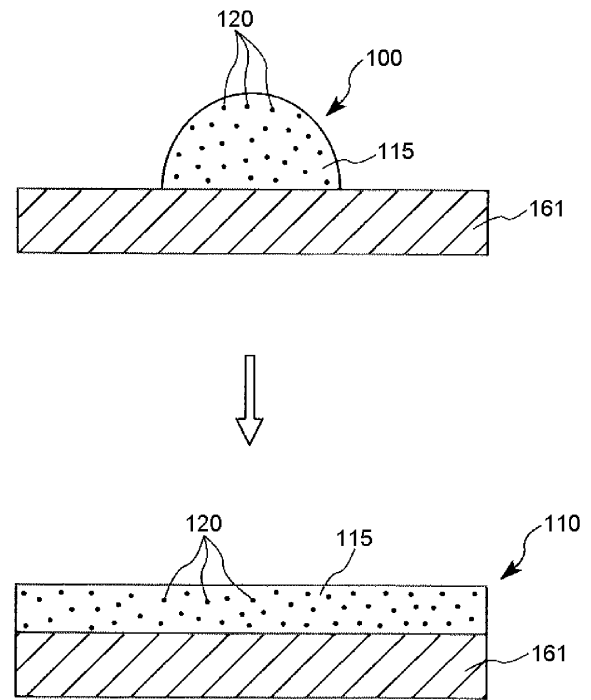
【図 2】



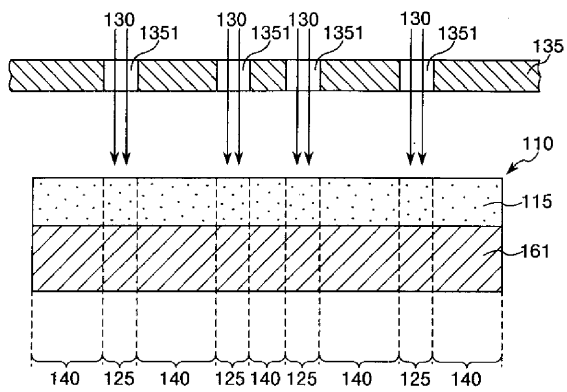
【 図 3 】



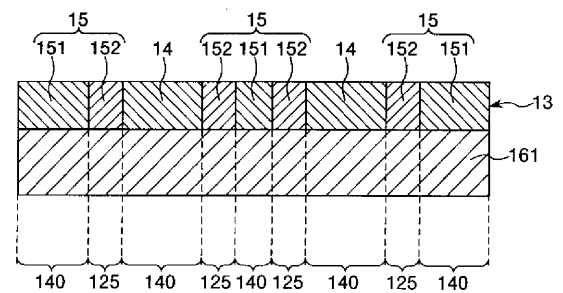
【 図 4 】



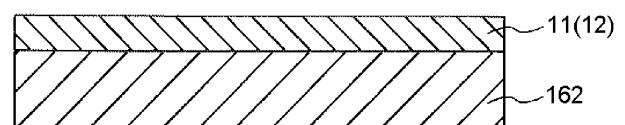
【 図 5 】



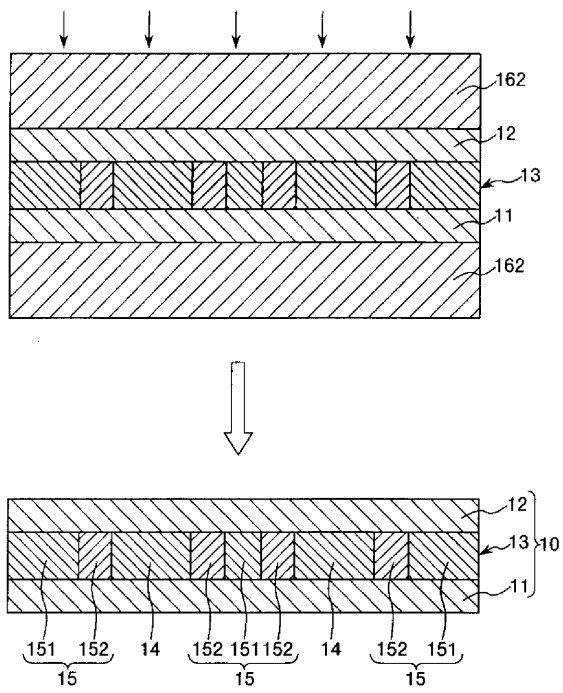
【 図 6 】



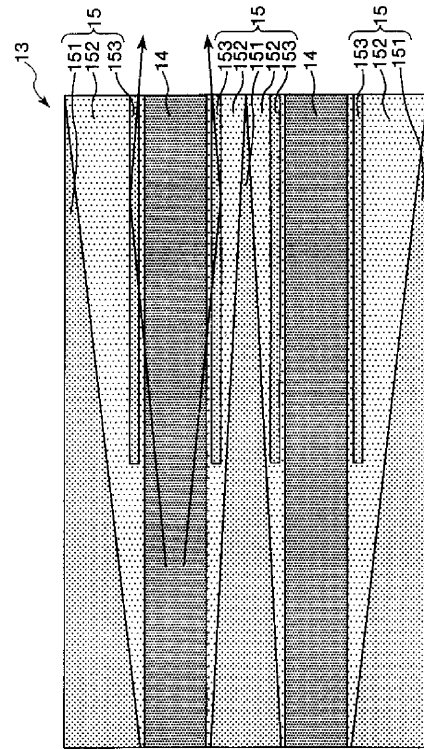
【圖 7】



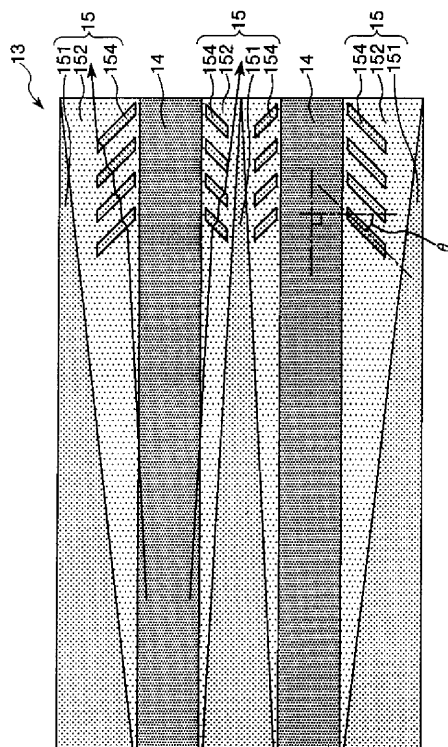
【図 8】



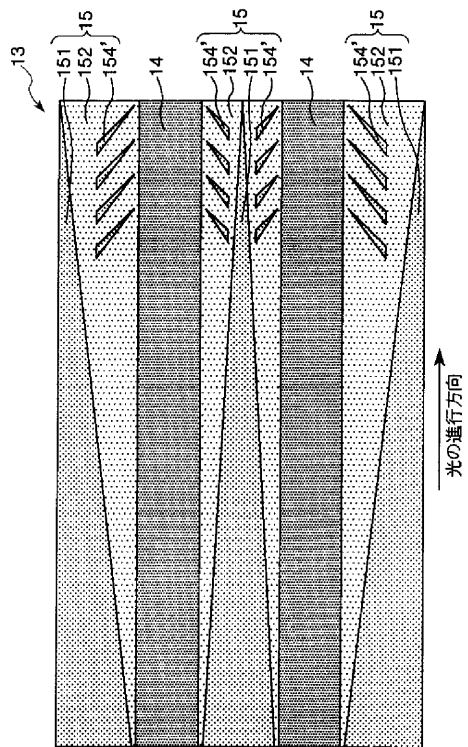
【図 9】



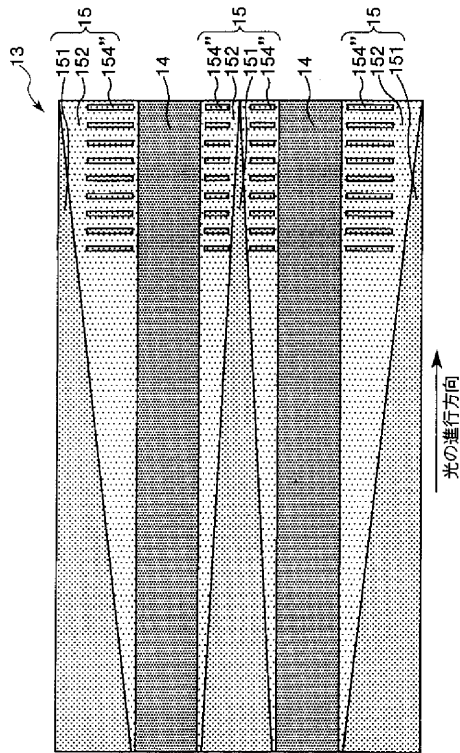
【図 10】



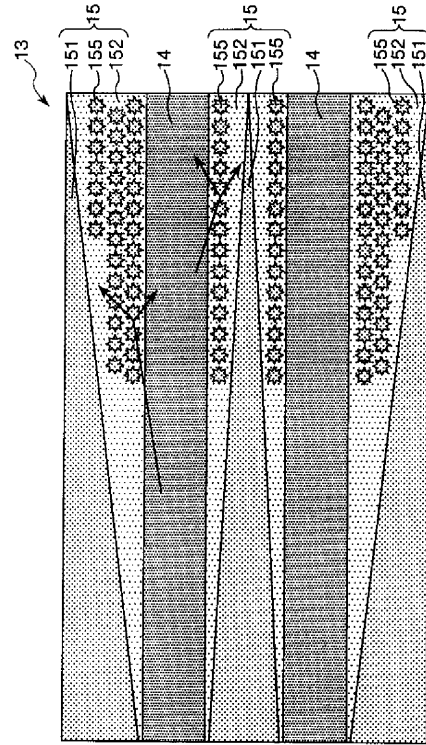
【図 11】



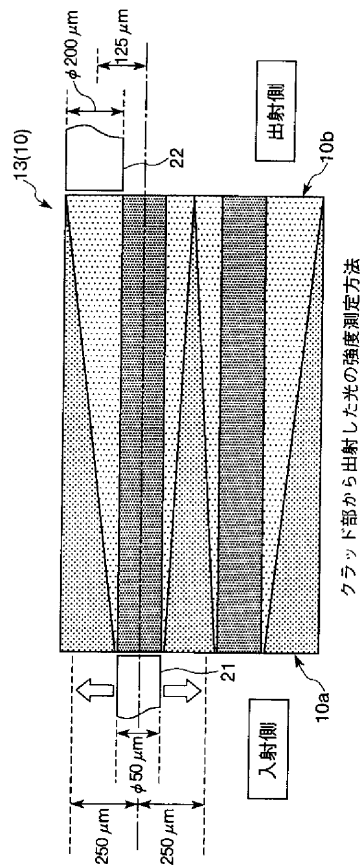
【図 12】



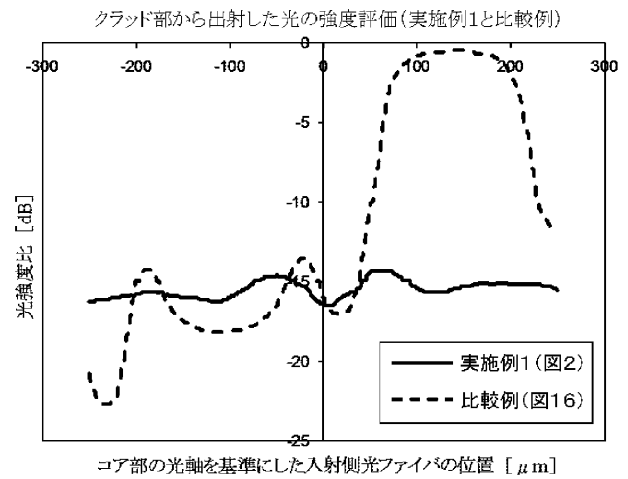
【図 13】



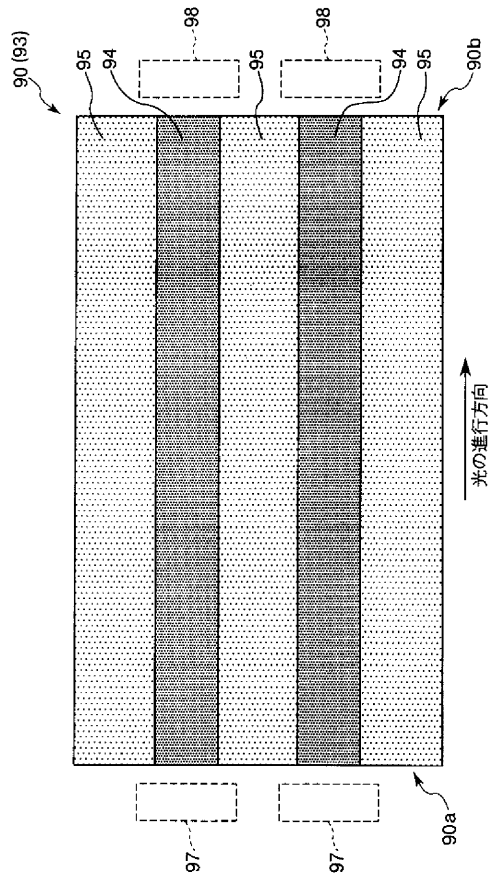
【図 14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

(72)発明者 長木 浩司

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

F ターム(参考) 2H147 BA09 BB05 CB04 EA14A EA14B EA16A EA16B EA17A EA17B EA19A
EA19B EA20A EA20B FA02 FA17 FA25 FB01 FB04 FB05 FB09
FC01 FD08 FD14 FD15 FE01 FE02 FE03 FE07 FF05 GA17
GA25