

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5126380号
(P5126380)

(45) 発行日 平成25年1月23日 (2013. 1. 23)

(24) 登録日 平成24年11月9日 (2012. 11. 9)

(51) Int. Cl.

F 1

G O 2 B 6/13 (2006. 01)

G O 2 B 6/12 M

G O 2 B 6/122 (2006. 01)

G O 2 B 6/12 A

G O 2 B 6/42 (2006. 01)

G O 2 B 6/12 B

G O 2 B 6/42

請求項の数 10 (全 60 頁)

(21) 出願番号 特願2011-82284 (P2011-82284)
 (22) 出願日 平成23年4月1日 (2011. 4. 1)
 (62) 分割の表示 特願2005-148824 (P2005-148824)
 の分割
 原出願日 平成17年5月20日 (2005. 5. 20)
 (65) 公開番号 特開2011-133913 (P2011-133913A)
 (43) 公開日 平成23年7月7日 (2011. 7. 7)
 審査請求日 平成23年4月20日 (2011. 4. 20)

(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 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
 (72) 発明者 宮尾 憲治
 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】 光導波路の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1クラッド層と、互いに屈折率が異なるコア部とクラッド部とを有するコア層と、第2クラッド層と、がこの順で積層されてなる光導波路を製造する方法であって、

基板上に、前記第1クラッド層を形成するための第1クラッド層形成層を形成し、次いで、前記第1クラッド層形成層上に、主鎖と該主鎖から分岐し分子構造の少なくとも一部が前記主鎖から離脱し得る離脱性基とを有するポリマーと、該ポリマーと異なる屈折率を有するモノマーと、活性放射線の照射により活性化する物質と、を含む感光性樹脂組成物を塗布してコア層形成層を形成し、次いで、前記コア層形成層上に、前記第2クラッド層を形成するための第2クラッド層形成層を形成し、積層体を得る工程と、

前記積層体の一部に対して前記活性放射線を選択的に照射することにより、前記コア層形成層のうちの照射領域中の前記物質を活性化させるとともに、前記照射領域中の前記モノマーを反応させ、それに伴って非照射領域から前記照射領域への前記モノマーの移動を生起させるとともに、前記照射領域中の前記離脱性基を離脱させることにより、前記照射領域と前記非照射領域との間に屈折率差を生じさせ前記コア層を得るとともに、前記第1クラッド層および前記第2クラッド層を得る工程と、を有し、

前記第1クラッド層形成層および前記第2クラッド層形成層は、それぞれ前記コア層形成層より低い比率で前記モノマーを含んでいることを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項 2】

第1クラッド層と、互いに屈折率が異なるコア部とクラッド部とを有するコア層と、第

10

20

2 クラッド層と、がこの順で積層されてなる光導波路を製造する方法であって、

基板上に、前記第1クラッド層を形成するための第1クラッド層形成層を形成し、次いで、前記第1クラッド層形成層上に、主鎖と該主鎖から分岐し分子構造の少なくとも一部が前記主鎖から離脱し得る離脱性基とを有するポリマーと、該ポリマーと異なる屈折率を有するモノマーと、活性放射線の照射により活性化する物質と、を含む感光性樹脂組成物を塗布してコア層形成層を形成し、次いで、前記コア層形成層上に、前記第2クラッド層を形成するための第2クラッド層形成層を形成し、積層体を得る工程と、

前記積層体の一部に対して前記活性放射線を選択的に照射することにより、前記コア層形成層のうちの照射領域中の前記物質を活性化させるとともに、前記照射領域中の前記モノマーを反応させ、それに伴って非照射領域から前記照射領域への前記モノマーの移動を生起させるとともに、前記照射領域中の前記離脱性基を離脱させることにより、前記照射領域と前記非照射領域との間に屈折率差を生じさせ前記コア層を得るとともに、前記第1クラッド層および前記第2クラッド層を得る工程と、を有し、

前記第1クラッド層形成層および前記第2クラッド層形成層は、それぞれ前記物質を含んでいることを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項3】

第1クラッド層と、互いに屈折率が異なるコア部とクラッド部とを有するコア層と、第2クラッド層と、がこの順で積層されてなる光導波路を製造する方法であって、

基板上に、前記第1クラッド層を形成するための第1クラッド層形成層を形成し、次いで、前記第1クラッド層形成層上に、主鎖と該主鎖から分岐し分子構造の少なくとも一部が前記主鎖から離脱し得る離脱性基とを有するポリマーと、該ポリマーと異なる屈折率を有するモノマーと、活性放射線の照射により活性化する物質と、を含む感光性樹脂組成物を塗布してコア層形成層を形成し、次いで、前記コア層形成層上に、前記第2クラッド層を形成するための第2クラッド層形成層を形成し、積層体を得る工程と、

前記積層体の一部に対して前記活性放射線を選択的に照射することにより、前記コア層形成層のうちの照射領域中の前記物質を活性化させるとともに、前記照射領域中の前記モノマーを反応させ、それに伴って非照射領域から前記照射領域への前記モノマーの移動を生起させるとともに、前記照射領域中の前記離脱性基を離脱させることにより、前記照射領域と前記非照射領域との間に屈折率差を生じさせ前記コア層を得るとともに、前記第1クラッド層および前記第2クラッド層を得る工程と、を有し、

前記第1クラッド層形成層および前記第2クラッド層形成層は、それぞれ前記離脱性基を有しない前記ポリマーを含んでいることを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項4】

前記ポリマーは、環状オレフィン系ポリマーを主とするものである請求項1ないし3のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

【請求項5】

前記モノマーは、前記ポリマーと相溶性を有し、前記ポリマー中で重合反応または架橋反応を生じ得るものである請求項1ないし4のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

【請求項6】

前記コア層形成層に対して前記活性放射線を照射した後、前記コア層形成層に対して加熱処理を施す請求項1ないし5のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

【請求項7】

前記離脱性基は、カチオン、アニオンまたはフリーラジカルの作用により離脱するものである請求項1ないし6のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

【請求項8】

前記物質は、酸発生剤を含む請求項1ないし7のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

【請求項9】

前記離脱性基は、 $-O-$ 構造、 $-Si-$ アリアル構造および $-O-Si-$ 構造のうちの少なくとも1つを有するものである請求項8に記載の光導波路の製造方法。

10

20

30

40

50

【請求項 10】

前記光導波路には、前記コア部の光路を屈曲させる光路変換部が形成されており、
前記光路変換部は、前記コア層および前記第2クラッド層の少なくとも2層にまたがって形成された凹部内の1つの傾斜面で構成されており、

前記コア層を形成した後、前記コア層および前記第2クラッド層の少なくとも2層の一部を除去することにより前記凹部を形成する請求項1ないし9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、光導波路の製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、光通信の分野における光部品として、光分岐結合器（光カブラ）、光合分波器等が開発されており、これらに用いる光導波路型素子が有望視されている。この光導波路型素子（以下単に「光導波路」とも言う）としては、従来の石英系光導波路の他、製造（パターンニング）が容易で汎用性に富むポリマー系光導波路があり、最近では後者の開発が盛んに行われている。

【0003】

このような光導波路は、通常、基板上に所定の配置（パターン）で形成され、光導波路構造体として取り扱われる。この光導波路構造体としては、基板上に所定の配線回路と、コア部およびクラッド部で構成される光導波路とを形成し、さらにこの光導波路に発光素子および受光素子を取り付けたものが開示されている（例えば、特許文献1参照）。

【0004】

しかしながら、上記特許文献1に記載の光導波路構造体では、次のような問題点がある。

【0005】

1. 光導波路の形成工程が複雑であり、伝送光の光路を構成するコア部のパターン形状の設計、選択の自由度が狭い。
2. コア部のパターン形状の精度や寸法精度が悪い。
3. 配線パターンと組み合わせた場合に、該配線パターンの設計における自由度が狭い。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2004-146602号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明の目的は、パターン形状の設計の自由度が広く、寸法精度の高いコア部（光路）を簡単な方法で形成することができ、また、耐久性に優れる光導波路を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】

【0008】

このような目的は、下記（1）～（10）の本発明により達成される。

（1） 第1クラッド層と、互いに屈折率が異なるコア部とクラッド部とを有するコア層と、第2クラッド層と、がこの順で積層されてなる光導波路を製造する方法であって、基板上に、前記第1クラッド層を形成するための第1クラッド層形成層を形成し、次いで、前記第1クラッド層形成層上に、主鎖と該主鎖から分岐し分子構造の少なくとも一部が前記主鎖から離脱し得る離脱性基とを有するポリマーと、該ポリマーと異なる屈折率を有するモノマーと、活性放射線の照射により活性化する物質と、を含む感光性樹脂組成物

10

20

30

40

50

を塗布してコア層形成層を形成し、次いで、前記コア層形成層上に、前記第2クラッド層を形成するための第2クラッド層形成層を形成し、積層体を得る工程と、

前記積層体の一部に対して前記活性放射線を選択的に照射することにより、前記コア層形成層のうちの照射領域中の前記物質を活性化させるとともに、前記照射領域中の前記モノマーを反応させ、それに伴って非照射領域から前記照射領域への前記モノマーの移動を生起させるとともに、前記照射領域中の前記離脱性基を離脱させることにより、前記照射領域と前記非照射領域との間に屈折率差を生じさせ前記コア層を得るとともに、前記第1クラッド層および前記第2クラッド層を得る工程と、を有し、

前記第1クラッド層形成層および前記第2クラッド層形成層は、それぞれ前記コア層形成層より低い比率で前記モノマーを含んでいることを特徴とする光導波路の製造方法。

(2) 第1クラッド層と、互いに屈折率が異なるコア部とクラッド部とを有するコア層と、第2クラッド層と、がこの順で積層されてなる光導波路を製造する方法であって、

基板上に、前記第1クラッド層を形成するための第1クラッド層形成層を形成し、次いで、前記第1クラッド層形成層上に、主鎖と該主鎖から分岐し分子構造の少なくとも一部が前記主鎖から離脱し得る離脱性基とを有するポリマーと、該ポリマーと異なる屈折率を有するモノマーと、活性放射線の照射により活性化する物質と、を含む感光性樹脂組成物を塗布してコア層形成層を形成し、次いで、前記コア層形成層上に、前記第2クラッド層を形成するための第2クラッド層形成層を形成し、積層体を得る工程と、

前記積層体の一部に対して前記活性放射線を選択的に照射することにより、前記コア層形成層のうちの照射領域中の前記物質を活性化させるとともに、前記照射領域中の前記モノマーを反応させ、それに伴って非照射領域から前記照射領域への前記モノマーの移動を生起させるとともに、前記照射領域中の前記離脱性基を離脱させることにより、前記照射領域と前記非照射領域との間に屈折率差を生じさせ前記コア層を得るとともに、前記第1クラッド層および前記第2クラッド層を得る工程と、を有し、

前記第1クラッド層形成層および前記第2クラッド層形成層は、それぞれ前記物質を含んでいることを特徴とする光導波路の製造方法。

(3) 第1クラッド層と、互いに屈折率が異なるコア部とクラッド部とを有するコア層と、第2クラッド層と、がこの順で積層されてなる光導波路を製造する方法であって、

基板上に、前記第1クラッド層を形成するための第1クラッド層形成層を形成し、次いで、前記第1クラッド層形成層上に、主鎖と該主鎖から分岐し分子構造の少なくとも一部が前記主鎖から離脱し得る離脱性基とを有するポリマーと、該ポリマーと異なる屈折率を有するモノマーと、活性放射線の照射により活性化する物質と、を含む感光性樹脂組成物を塗布してコア層形成層を形成し、次いで、前記コア層形成層上に、前記第2クラッド層を形成するための第2クラッド層形成層を形成し、積層体を得る工程と、

前記積層体の一部に対して前記活性放射線を選択的に照射することにより、前記コア層形成層のうちの照射領域中の前記物質を活性化させるとともに、前記照射領域中の前記モノマーを反応させ、それに伴って非照射領域から前記照射領域への前記モノマーの移動を生起させるとともに、前記照射領域中の前記離脱性基を離脱させることにより、前記照射領域と前記非照射領域との間に屈折率差を生じさせ前記コア層を得るとともに、前記第1クラッド層および前記第2クラッド層を得る工程と、を有し、

前記第1クラッド層形成層および前記第2クラッド層形成層は、それぞれ前記離脱性基を有しない前記ポリマーを含んでいることを特徴とする光導波路の製造方法。

【0009】

(4) 前記ポリマーは、環状オレフィン系ポリマーを主とするものである上記(1)ないし(3)のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

【0010】

(5) 前記モノマーは、前記ポリマーと相溶性を有し、前記ポリマー中で重合反応または架橋反応を生じ得るものである上記(1)ないし(4)のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

【0011】

10

20

30

40

50

(6) 前記コア層形成層に対して前記活性放射線を照射した後、前記コア層形成層に対して加熱処理を施す上記(1)ないし(5)のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

【0012】

(7) 前記離脱性基は、カチオン、アニオンまたはフリーラジカルの作用により離脱するものである上記(1)ないし(6)のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

【0013】

(8) 前記物質は、酸発生剤を含む上記(1)ないし(7)のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

【0014】

(9) 前記離脱性基は、 $-O-$ 構造、 $-Si-$ アリアル構造および $-O-Si-$ 構造のうちの少なくとも1つを有するものである上記(8)に記載の光導波路の製造方法。

【0020】

(10) 前記光導波路には、前記コア部の光路を屈曲させる光路変換部が形成されており、

前記光路変換部は、前記コア層および前記第2クラッド層の少なくとも2層にまたがって形成された凹部内の1つの傾斜面で構成されており、

前記コア層を形成した後、前記コア層および前記第2クラッド層の少なくとも2層の一部を除去することにより前記凹部を形成する上記(1)ないし(9)のいずれかに記載の光導波路の製造方法。

【発明の効果】

【0092】

本発明によれば、活性放射線（活性エネルギー光線、電子線、X線等）の照射という簡単な方法でコア部のパターンニングをすることができ、コア部のパターン形状の設計の自由度が広く、しかも寸法精度の高いコア部が得られる。

【0093】

また、コア層を所望の材料で構成した場合には、光導波路に応力が作用したり変形が生じたりした場合、特に、繰り返し湾曲変形した場合でも、コア部とクラッド部との層間剥離や、コア部内にマイクロクラックが発生すること等の欠陥が生じ難く、その結果、光導波路の光伝送性能が維持され、耐久性に優れる。

【0094】

さらに、コア部をノルボルネン系樹脂（環状オレフィン系樹脂）を主とする樹脂組成物で構成した場合には、前記変形に対し特に強く欠陥が生じ難いという効果が高い他、コア部とクラッド部との屈折率の差をより大きくすることができ、しかも、耐熱性に優れ、その結果、より高性能で耐久性に優れる光導波路が得られる。

【0099】

このような本発明によれば、光回路（光導波路のパターン）や電気回路の設計の幅が広く、歩留まりが良く、光伝送性能を高く維持し、信頼性、耐久性に優れ、汎用性に富む光導波路を容易に製造することができる。そのため、得られた光導波路は、種々の電子部品、電子機器等に対し用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【0100】

【図1】本発明により製造された光導波路を有する光導波路構造体の第1実施形態を示す断面図である。

【図2】本発明により製造された光導波路を有する光導波路構造体の第2実施形態を示す断面図である。

【図3】本発明により製造された光導波路を有する光導波路構造体の第3実施形態を示す断面図である。

【図4】本発明により製造された光導波路を有する光導波路構造体の第4実施形態を示す断面図である。

【図5】本発明により製造された光導波路を有する光導波路構造体の第5実施形態を示す

10

20

30

40

50

断面図である。

【図 6】本発明により製造された光導波路を有する光導波路構造体の第 6 実施形態を示す断面図である。

【図 7】本発明により製造された光導波路を有する光導波路構造体の第 7 実施形態を示す断面図である。

【図 8】本発明により製造された光導波路を有する光導波路構造体の第 8 実施形態を示す断面図である。

【図 9】本発明により製造された光導波路を有する光導波路構造体の第 9 実施形態を示す断面図である。

【図 10】本発明により製造された光導波路を有する光導波路構造体の第 10 実施形態を示す断面図である。 10

【図 11】本発明により製造された光導波路を有する光導波路構造体の第 11 実施形態を示す断面図である。

【図 12-A】本発明の光導波路の製造方法の第 1 の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

【図 12-B】本発明の光導波路の製造方法の第 1 の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

【図 12-C】本発明の光導波路の製造方法の第 1 の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

【図 12-D】本発明の光導波路の製造方法の第 1 の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。 20

【図 12-E】本発明の光導波路の製造方法の第 1 の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

【図 13-A】本発明の光導波路の製造方法の第 4 の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

【図 13-B】本発明の光導波路の製造方法の第 4 の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

【図 13-C】本発明の光導波路の製造方法の第 4 の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

【図 13-D】本発明の光導波路の製造方法の第 4 の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。 30

【図 13-E】本発明の光導波路の製造方法の第 4 の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0101】

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き詳細に説明する。

【0102】

図 1～図 11 は、それぞれ、本発明により製造された光導波路を有する光導波路構造体の実施形態を示す断面図である。以下これらの図を参照しつつ、光導波路構造体の構成例について説明する。なお、以下の説明では、図 1～図 11 中の上側を「上」または「上方」とし、下側を「下」または「下方」とする。また、各図は、層の厚さ方向（各図の上下方向）が誇張して描かれている。 40

【0103】

<第 1 実施形態：図 1>

図 1 に示すように、本発明により製造された光導波路を有する光導波路構造体 1 は、光導波路 9 と、光導波路 9 の両面にそれぞれ接合された導体層 51、52 と、光導波路 9 の光路を屈曲させる光路変換部 96 と、発光素子 10 と、電気素子 12 とを備えている。

【0104】

光導波路 9 は、図 1 中下側からクラッド層 91、コア層 93 およびクラッド層 92 をこ 50

の順に積層してなるものであり、コア層 9 3 には、所定パターンのコア部 9 4 とクラッド部 9 5 とが形成されている。コア部 9 4 は、伝送光の光路を形成する部分であり、クラッド部 9 5 は、コア層 9 3 に形成されているものの伝送光の光路を形成せず、クラッド層 9 1、9 2 と同様の機能を果たす部分である。

【0105】

図 1 に示す構成では、コア層 9 3 の後述する反射面 9 6 1 より図 1 中左側の部位は、コア部 9 4 が形成され、コア層 9 3 のそれ以外の部分は、クラッド部 9 5 が形成されている。

【0106】

コア層 9 3 の構成材料としては、活性放射線（活性エネルギー光線、電子線または X 線等）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とされる。このような材料の好ましい例としては、ベンゾシクロブテン系樹ポリマー、ノルボルネン系ポリマー（樹脂）等の環状オレフィン系樹脂を含む樹脂組成物を主材料とするものが挙げられ、ノルボルネン系ポリマーを含む（主材料とする）ものが特に好ましい。

【0107】

このような材料で構成されたコア層 9 3 は、曲げ等の変形に対する耐性に優れ、特に繰り返し湾曲変形した場合でも、コア部 9 4 とクラッド部 9 5 との剥離や、コア層 9 3 と隣接する層（クラッド層 9 1、9 2）との層間剥離が生じ難く、コア部 9 4 内やクラッド部 9 5 内にマイクロクラックが発生することも防止される。その結果、光導波路 9 の光伝送性能が維持され、耐久性に優れた光導波路 9 が得られる。

【0108】

また、コア層 9 3 の構成材料には、例えば、酸化防止剤、屈折率調整剤、可塑剤、増粘剤、補強剤、増感剤、レベリング剤、消泡剤、密着助剤および難燃剤等の添加剤が含まれていてもよい。酸化防止剤の添加は、高温安定性の向上、耐候性の向上、光劣化の抑制という効果がある。このような酸化防止剤としては、例えば、モノフェノール系、ビスフェノール系、トリフェノール系等のフェノール系や、芳香族アミン系のものが挙げられる。また、可塑剤、増粘剤、補強剤の添加により、曲げに対する耐性をさらに増大させることもできる。

【0109】

前記酸化防止剤に代表される添加剤の含有率（2 種以上の場合は合計）は、コア層 9 3 の構成材料全体に対し、0.5～40 重量％程度が好ましく、3～30 重量％程度がより好ましい。この量が少なすぎると、添加剤の機能を十分に発揮することができず、量が多すぎると、添加剤の種類や特性によっては、コア部 9 4 を伝送する光（伝送光）の透過率の低下、パターンング不良、屈折率不安定等を生じるおそれがある。

【0110】

コア層 9 3 の形成方法としては、塗布法が挙げられる。塗布法としては、コア層形成用組成物（ワニス等）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）させる方法が挙げられる。また、塗布法以外の方法、例えば、別途製造されたシート材を接合する方法を採用することもできる。

【0111】

以上のようにして得られたコア層 9 3 に対し、マスクを用いて活性放射線を選択的に照射し、所望の形状のコア部 9 4 をパターンングする。

【0112】

露光に用いる活性放射線としては、可視光、紫外光、赤外光、レーザー光等の活性エネルギー光線や電子線、X 線等が挙げられる。電子線は、例えば 50～2000 K Gy 程度の照射量で照射することができる。

【0113】

コア層 9 3 において、活性放射線が照射された部位は、その屈折率が変化し（コア層 9 3 の材料により、屈折率が増大する場合と減少する場合とがある）、活性放射線が照射されなかった部位との間で屈折率の差が生じる。例えば、コア層 9 3 の活性放射線が照射さ

10

20

30

40

50

れた部位がクラッド部 9 5 4 となり、照射されなかった部位がコア部 9 4 となる。また、この逆の場合もある。クラッド部 9 5 の屈折率は、クラッド層 9 1、9 2 の屈折率とほぼ等しい。

【0114】

また、コア層 9 3 に対し活性放射線を所定のパターンで照射した後、加熱することにより、コア部 9 4 を形成する場合もある。この加熱工程を付加することにより、コア部 9 4 とクラッド部 9 5 との屈折率の差がより大きくなるので好ましい。なお、この原理等については、後に詳述する。

【0115】

形成されるコア部 9 4 のパターン形状としては、特に限定されず、直線状、湾曲部を有する形状、異形、光路の分岐部、合流部または交差部を有する形状、集光部（幅等が減少している部分）または光拡散部（幅等が増大している部分）、あるいはこれらのうちの 2 以上を組み合わせた形状等、いかなるものでもよい。活性放射線の照射パターンの設定により、いかなる形状のコア部 9 4 をも容易に形成することができる点が、本発明の特徴である。

10

【0116】

光導波路 9 の各部の構成材料およびコア部 9 4 の形成方法等については、後に詳述する。

【0117】

光導波路 9 の下面に接合された導体層 5 1 および上面に接合された導体層 5 2 は、それぞれ、所定の形状にパターンニングされて、所望の配線または回路を構成している。導体層 5 1、5 2 の構成材料としては、例えば、銅、銅系合金、アルミニウム、アルミニウム系合金等の各種金属材料が挙げられる。導体層 5 1、5 2 の厚さは、特に限定されないが、通常、3～120 μm 程度が好ましく、5～70 μm 程度がより好ましい。

20

【0118】

導体層 5 1、5 2 は、例えば、金属箔の接合（接着）、金属メッキ、蒸着、スパッタリング等の方法により形成されたものである。導体層 5 1、5 2 へのパターンニングは、例えばエッチング、印刷、マスキング等の方法を用いることができる。

【0119】

発光素子 1 0 は、図 1 中下面側に、発光部 1 0 1 と、一対の端子 1 0 3、1 0 5 とを有している。発光部 1 0 1 は、端子 1 0 3 と端子 1 0 5 の間に位置している。端子 1 0 3、1 0 5 間に通電がなされると、発光部 1 0 1 が発光する。

30

【0120】

なお、発光素子 1 0 における発光部は、1 つの発光点で構成されているものの他、発光点が複数個集合したものでもよい。発光点が複数個集合したものとしては、例えば、発光点が列状（例えば発光点が 1×4 個、1×12 個）または行列状（例えば発光点が n×m 個：n、m は 2 以上の整数）に配置されたものや、複数の発光点がランダム（不規則）に配置されたもの等が挙げられる。後述する受光素子 1 1 における受光部 1 1 1 についても同様である。

【0121】

発光素子 1 0 は、それらの端子 1 0 3、1 0 5 がそれぞれ導体層 5 2 の所定部位に接合（電氣的に接続）されるようにして光導波路 9 上に搭載されている。

40

【0122】

電気素子（電子回路素子）1 2 は、例えば半導体素子（半導体チップ）で構成されている。電気素子 1 2 の機能は特に限定されないが、一例として、発光素子 1 0 を駆動するための回路を構成するものが挙げられる。この電気素子 1 2 は、図 1 中下面側に、2 つの端子 1 2 3、1 2 5 を有している。

【0123】

電気素子 1 2 は、それらの端子 1 2 3、1 2 5 がそれぞれ導体層 5 2 の所定部位に接合（電氣的に接続）されるようにして光導波路 9 上に搭載されている。

50

【0124】

発光素子10および電気素子12は、それらの端子103、105、123、125を含む下部がアンダーフィル材4により封止されている。これにより、発光素子10および電気素子12と、光導波路9との間には、空隙部が形成されることなくアンダーフィル材4により封止されることとなる。さらに、発光素子10および電気素子12は、その全体（外表面）が封止材6により覆われ、封止されている。このように、発光素子10および電気素子12は、その全体が封止され、特に発光部101が外部に露出することなく封止された構造であるため、汚れ、損傷、酸化劣化等から保護され、電子部品の信頼性向上に寄与する。

【0125】

10

アンダーフィル材4は、発光部101から発せられる光（伝送光）を実質的に透過する材料で構成されており、好ましくは、透明な材料で構成されている。

【0126】

アンダーフィル材4の構成材料としては、絶縁性を有する樹脂材料が好ましく、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ウレタン樹脂、ポリイミド樹脂等が挙げられる。

【0127】

また、封止材6の構成材料としては、絶縁性を有する樹脂材料が好ましく、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ノルボルネン樹脂、シリコン樹脂等が挙げられる。

【0128】

図1に示すように、光導波路9には、その厚さ方向に貫通する4つの貫通孔（スルーホール）8が形成されている。各貫通孔8には、導電材料（例えば、銅、銅系合金、アルミニウム、アルミニウム系合金等の各種金属材料）が充填され、導体ポスト81を形成している。これらの導体ポスト81を介して、導体層51と導体層52の所定部位同士が導通している。すなわち、発光素子10および電気素子12の端子103、105、123、125への通電は、光導波路9の下面側の導体層51を介して行うことができるようになっている。なお、端子105と端子123とは導通し、これらはグランド側に接続されている。

20

【0129】

光導波路9のコア部94は、平面視で（図1の上方から見たとき）発光素子10の発光部101と重なるような（すなわち、発光部101の真下を通過するような）パターン形状で形成されている。このコア部94は、クラッド部95に比べて屈折率が高く、また、クラッド層91、92に対しても屈折率が高い。クラッド層91および92は、それぞれ、コア部94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94は、その外周の全周をクラッド部に囲まれた導光路として機能する。

30

【0130】

このような光導波路9は、コア部94の光路を屈曲させる光路変換部96を有している。この光路変換部96は、伝送光の少なくとも一部を反射する反射面（ミラー）961で構成されている。この反射面961は、発光部101の真下の位置に設けられている。

【0131】

40

反射面961は、光導波路9の光路、すなわちコア部94の長手方向に対しほぼ45°傾斜しており、伝送光の大半（例えば90%以上）を反射する機能を有している。

【0132】

このような光路変換部96は、光導波路9の一部を除去（欠損）することにより例えば断面が下方を底辺とする三角形の凹部を形成し、その1つの傾斜面を反射面961として用いるものである。反射面961は、例えば多層光学薄膜や金属薄膜（例えばアルミ蒸着膜）のような反射膜あるいは反射増加膜を有していてもよい。また、図示しないが、光路変換部96の凹部には、充填材、特にコア部94と屈折率の異なる充填材が充填されていてもよい。

【0133】

50

図示の構成では、反射面 961（光路変換部 96）は、コア層 93 とクラッド層 92 とにまたがって形成されているが、コア層 93 内のみに形成されていてもよい。

【0134】

本実施形態の光導波路構造体 1 では、導体層 51、導体ポスト 81 および導体層 52 を介して発光素子 10 の端子 103、105 間へ通電がなされると、発光部 101 が点灯し、図 1 中下方へ向かって発せられた光は、アンダーフィル材 4 およびクラッド層 92 を順次透過し、反射面 961 で反射されて 90° 屈曲し、光導波路 9 のコア部 94 に入り、クラッド部（クラッド層 91、92 および側方のクラッド部 95）との界面で反射を繰り返しながら、コア部 94 内をその長手方向（図 1 中左方向）に沿って進む。

【0135】

また、導体層 51、導体ポスト 81 および導体層 52 を介して電気素子 12 の端子 123、125 間へ通電がなされると、電気素子 12 が駆動する。

【0136】

なお、図 1 では、図中最も左側にある導体ポスト 81 とコア部 94 とが交差しているように示されているが、これらは図 1 の紙面の前後方向にずれており、コア部 94 の光路は、導体ポスト 81 と干渉しないようになっている。

【0137】

<第 2 実施形態：図 2>

図 2 には、本発明により製造された光導波路を有する光導波路構造体 1 の第 2 実施形態が示されている。以下、この光導波路構造体 1 について説明するが、前記第 1 実施形態と同様の事項についてはその説明を省略し、相違点を中心に説明する。

【0138】

本実施形態の光導波路構造体 1 は、光路変換部 96 の構成が前記と異なり、それ以外は同様である。すなわち、光路変換部 96 を構成する反射面（ミラー）961 は、発光部 101 の真下の位置しているが、この反射面 961 は、クラッド層 91 とコア層 93 とクラッド層 92 の 3 層にまたがって形成されている。すなわち、光路変換部 96 の三角形の凹部は、光導波路 9 の下面に開放している。

【0139】

なお、反射面 961 が、多層光学薄膜や金属薄膜のような反射膜あるいは反射増加膜を有していてもよいことや、光路変換部 96 の凹部に、充填材が充填されていてもよいことは、前記と同様である。

【0140】

<第 3 実施形態：図 3>

図 3 には、本発明により製造された光導波路を有する光導波路構造体 1 の第 3 実施形態が示されている。以下、この光導波路構造体 1 について説明するが、前記第 1 実施形態と同様の事項についてはその説明を省略し、相違点を中心に説明する。

【0141】

本実施形態の光導波路構造体 1 は、基板 2 を有し、この基板 2 の下面に接着層 3 を介して光導波路 9 が接着されている。基板 2 は、アンダーフィル材 4 と同様に、発光部 101 から発せられる光（伝送光）を実質的に透過する材料（伝送光に対する透光性を有する材料）で構成されており、好ましくは、実質的に透明な材料で構成された透明基板である。

【0142】

詳述すると、基板 2 の光学的特性は、伝送光の透過率が 80% 以上であるのが好ましく、90% 以上であるのがより好ましく、95% 以上であるのがさらに好ましい。基板 2 がこのような光学的特性を有することから、基板 2 における発光部 101 の真下の部位は、伝送光を透光する透光部 21 を構成している。

【0143】

接着層 3 についても同様に、発光部 101 から発せられる伝送光を実質的に透過する材料で構成されており、好ましくは、透明な材料で構成されている。

【0144】

10

20

30

40

50

基板2の構成材料としては、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ビスマレイミド樹脂、ビスマレイミド・トリアジン樹脂、トリアゾール樹脂、ポリシアヌレート樹脂、ポリイソシアヌレート樹脂、ベンゾシクロブテン樹脂、ポリイミド樹脂、ポリベンザオキサゾール樹脂、ノルボルネン樹脂等が挙げられる。また、これらの材料は、単独で使用してもよく、複数を混合して使用してもよい。

また、基板2は、例えばガラス繊維、樹脂繊維等の繊維基材（織布、不織布、織物、編物等）に前述したような樹脂材料を含浸させたもの（プリプレグ等）であってもよい。例えば、ガラスクロスにエポキシ樹脂を含浸させたものをガラスエポキシ基板と言うが、このようなものを基板2として用いることができる。このような繊維基材を含む基板2は、比較的薄くても高強度で、また、熱膨張率も低いため、基板2に光導波路9や導体層（金属層）を接合した場合に特に有利である。

10

また、基板2は、複数の層の積層体であってもよい。例えば、それぞれ組成（種類）が異なる樹脂材料からなる第1の層と第2の層とを積層したもの、前記繊維基材に樹脂材料を含浸させた層（シート材）と、樹脂材料からなる層とを積層したものが挙げられる。なお、積層体における層構成は、これに限定されないことは言うまでもない。

【0145】

基板2の厚さは、特に限定されないが、通常、 $50\mu\text{m}\sim 1.2\text{mm}$ 程度が好ましく、 $100\sim 600\mu\text{m}$ 程度がより好ましい。

【0146】

基板2は、硬質（リジッド）のものでも、可撓性（フレキシブル）を有するものでもよい。また、硬質の基板と可撓性を有する基板の双方を有していてもよい。この場合、光導波路9は、硬質の基板と可撓性を有する基板の少なくとも一方に形成されていればよく、双方にまたがって形成されていてもよい。

20

【0147】

接着層3としては、シート材（ボンディングシート）を用いることができ、その構成材料としては、例えば、エポキシ系接着剤、アクリル系接着剤、フェノール樹脂系接着剤、シアネート樹脂系接着剤、マレイミド樹脂系接着剤等が挙げられる。特に、酸化防止等のために、フラックス活性を有する材料で構成されているのが好ましい。

【0148】

接着層3としてシート材を用いず、基板2の下面または光導波路9の上面に塗膜による接着層3を形成してもよい。また、接着層3は、2層以上を積層したものでもよい。

30

【0149】

接着層3の厚さは、特に限定されないが、 $0.5\sim 150\mu\text{m}$ 程度が好ましく、 $10\sim 70\mu\text{m}$ 程度がより好ましい。

【0150】

導体層52は、基板2の上面に形成されている。この場合、導体層52の一部は、封止材6より外方に露出している。また、光導波路9の下面に形成された導体層51は、前記第1実施形態のそれとは配線パターンが異なっている。

【0151】

図3に示すように、2つの導体ポスト81が光導波路9、接着層3および基板2を貫通して設けられており、これらの導体ポスト81を介して、導体層51と導体層52の所定部位同士が導通している。すなわち、発光素子10の端子105と、電気素子12の端子123とが、導体層51、導体ポスト81および導体層52を介して導通し、これらはグランド側に接続されている。

40

【0152】

封止材6より外方に露出した一方の導体層52と導体層51との間に通電すると、発光部101が発光し、封止材6より外方に露出した他方の導体層52と導体層51との間に通電すると、電気素子12が駆動する。

【0153】

本実施形態の光導波路構造体1では、導体層51、導体ポスト81および導体層52を

50

介して発光素子10の端子103、105間へ通電がなされると、発光部101が点灯し、図3中下方へ向かって発せられた光は、アンダーフィル材4、基板2（基板2の透光部）、接着層3およびクラッド層92を順次透過し、反射面961で反射されて90°屈曲し、光導波路9のコア部94に入り、クラッド部（クラッド層91、92および側方のクラッド部95）との界面で反射を繰り返しながら、コア部94内をその長手方向（図3中左方向）に沿って進む。

【0154】

<第4実施形態：図4>

図4には、本発明により製造された光導波路を有する光導波路構造体1の第4実施形態が示されている。以下、この光導波路構造体1について説明するが、前記第1および第3実施形態と同様の事項についてはその説明を省略し、相違点を中心に説明する。

10

【0155】

本実施形態の光導波路構造体1は、接着層3を有さず、基板2と光導波路9とが直接接合されている点、および光路変換部96の構成が異なる点を除き、前記第3実施形態と同様である。基板2と光導波路9とが直接接合されているため、光導波路構造体1の薄型化に寄与する。

【0156】

光路変換部96を構成する反射面（ミラー）961は、発光部101の真下の位置しているが、この反射面961は、クラッド層91とコア層93とクラッド層92の3層にまたがって形成されている。すなわち、光路変換部96は、上方を底辺とする三角形の凹部で構成され、その斜面に反射面961が形成されている。このような光路変換部96は、基板2に隣接して設けられている。

20

【0157】

なお、反射面961が、多層光学薄膜や金属薄膜のような反射膜あるいは反射増加膜を有していてもよいことや、光路変換部96の凹部に、充填材が充填されていてもよいことは、前記と同様である。

【0158】

本実施形態の光導波路構造体1では、導体層51、導体ポスト81および導体層52を介して発光素子10の端子103、105間へ通電がなされると、発光部101が点灯し、図4中下方へ向かって発せられた光は、アンダーフィル材4および基板2を順次透過し、反射面961で反射されて90°屈曲し、光導波路9のコア部94に入り、クラッド部（クラッド層91、92および側方のクラッド部95）との界面で反射を繰り返しながら、コア部94内をその長手方向（図4中左方向）に沿って進む。

30

【0159】

<第5実施形態：図5>

図5には、本発明により製造された光導波路を有する光導波路構造体1の第5実施形態が示されている。以下、この光導波路構造体1について説明するが、前記第1および第3実施形態と同様の事項についてはその説明を省略し、相違点を中心に説明する。

【0160】

本実施形態の光導波路構造体1は、基板2の構成が異なり、それ以外は前記第3実施形態と同様である。すなわち、基板2は、伝送光の透過性を十分に有さないものであり、基板2における発光部101の真下の位置には、基板2を貫通する貫通孔22が形成されている。この貫通孔22は、伝送光を透光する透光部21を構成するものである。すなわち、この貫通孔22が、伝送光を基板2の厚さ方向に導光（伝送）する導光路となる。

40

【0161】

なお、図示されていないが、貫通孔22の内部（全部または一部）に、伝送光の透過率が80%以上、好ましくは90%以上、より好ましくは95%以上の材料による充填材が充填されていてもよい。また、図示されていないが、貫通孔22の内面等に導電材料による層を形成することによって、光伝送機能の他に、電気信号を伝送する機能を持たせてもよい。

50

【0162】

本実施形態の光導波路構造体1では、導体層51、導体ポスト81および導体層52を介して発光素子10の端子103、105間へ通電がなされると、発光部101が点灯し、図5中下方へ向かって発せられた光は、アンダーフィル材4を透過し、貫通孔22内を通り、接着層3およびクラッド層92を透過し、反射面961で反射されて90°屈曲し、光導波路9のコア部94に入り、クラッド部（クラッド層91、92および側方のクラッド部95）との界面で反射を繰り返しながら、コア部94内をその長手方向（図5中左方向）に沿って進む。

【0163】

＜第6実施形態：図6＞

図6には、本発明により製造された光導波路を有する光導波路構造体1の第6実施形態が示されている。以下、この光導波路構造体1について説明するが、前記第1、第4および第5実施形態と同様の事項についてはその説明を省略し、相違点を中心に説明する。

【0164】

本実施形態の光導波路構造体1は、前記第4実施形態の光導波路構造体1において、基板2を、前記第5実施形態の基板2に置き換えたものである。すなわち、本実施形態の光導波路構造体1における基板2は、伝送光の透過性を十分に有さないものであり、発光部101の真下の位置に、基板2を貫通する貫通孔（基板2の厚さ方向の導光路）22が形成されている。この貫通孔22は、透光部21を構成するものである。

【0165】

本実施形態の光導波路構造体1では、導体層51、導体ポスト81および導体層52を介して発光素子10の端子103、105間へ通電がなされると、発光部101が点灯し、図6中下方へ向かって発せられた光は、アンダーフィル材4を透過し、貫通孔22内を通り、反射面961で反射されて90°屈曲し、光導波路9のコア部94に入り、クラッド部（クラッド層91、92および側方のクラッド部95）との界面で反射を繰り返しながら、コア部94内をその長手方向（図6中左方向）に沿って進む。

【0166】

＜第7実施形態：図7＞

図7には、本発明により製造された光導波路を有する光導波路構造体1の第7実施形態が示されている。以下、この光導波路構造体1について説明するが、前記第1および第5実施形態と同様の事項についてはその説明を省略し、相違点を中心に説明する。

【0167】

本実施形態の光導波路構造体1は、基板2の透光部（厚さ方向に形成された導光路）21の構成が前記第5実施形態と異なり、その他は第5実施形態と同様である。すなわち、基板2の発光部101の真下の位置に形成された貫通孔22内には、コア部24と、該コア部24の外周を囲むクラッド部25とで構成された垂直光導波路23が挿入されている。

【0168】

コア部24の構成材料や形成方法は、コア部94と同様とすることができる。あるいは、コア部24は、前記第5実施形態において述べた貫通孔22内への充填材と同様のものを用いてもよい。クラッド部25の構成材料は、クラッド部95またはクラッド層91、92と同様とすることができる。

【0169】

本実施形態の光導波路構造体1では、導体層51、導体ポスト81および導体層52を介して発光素子10の端子103、105間へ通電がなされると、発光部101が点灯し、図7中下方へ向かって発せられた光は、アンダーフィル材4を透過し、垂直光導波路23のコア部24内を通り、接着層3およびクラッド層92を透過し、反射面961で反射されて90°屈曲し、光導波路9のコア部94に入り、クラッド部（クラッド層91、92および側方のクラッド部95）との界面で反射を繰り返しながら、コア部94内をその長手方向（図7中左方向）に沿って進む。

【0170】

<第8実施形態：図8>

図8には、本発明により製造された光導波路を有する光導波路構造体1の第8実施形態が示されている。以下、この光導波路構造体1について説明するが、前記第1および第6実施形態と同様の事項についてはその説明を省略し、相違点を中心に説明する。

【0171】

本実施形態の光導波路構造体1は、前記第6実施形態の光導波路構造体1において、基板2の厚さ方向に形成された導光路の構成を第7実施形態のそれと同様としたものである。すなわち、基板2の発光部101の真下の位置に形成された貫通孔22内には、コア部24と、該コア部24の外周を囲むクラッド部25とで構成された垂直光導波路23が挿入されている。

10

【0172】

本実施形態の光導波路構造体1では、導体層51、導体ポスト81および導体層52を介して発光素子10の端子103、105間へ通電がなされると、発光部101が点灯し、図8中下方へ向かって発せられた光は、アンダーフィル材4を透過し、垂直光導波路23のコア部24内を通り、反射面961で反射されて90°屈曲し、光導波路9のコア部94に入り、クラッド部（クラッド層91、92および側方のクラッド部95）との界面で反射を繰り返しながら、コア部94内をその長手方向（図8中左方向）に沿って進む。

【0173】

<第9実施形態：図9>

20

図9には、本発明により製造された光導波路を有する光導波路構造体1の第9実施形態が示されている。以下、この光導波路構造体1について説明するが、前記第1および第8実施形態と同様の事項についてはその説明を省略し、相違点を中心に説明する。

【0174】

本実施形態の光導波路構造体1は、透光部21に、伝送光を集光または拡散し得るレンズ部26を設けた以外は、前記第8実施形態と同様のものである。すなわち、垂直光導波路23の上端面（入射側）に凸レンズ（正確には、平凸レンズ）で構成されるレンズ部26が設けられている。

【0175】

これにより、発光部101から図9中下方へ向かって発せられた光は、アンダーフィル材4を透過した後、レンズ部26で集光されてその光束（ビーム）が絞られ、この光束が垂直光導波路23のコア部24内を通り、反射面961で反射されて90°屈曲し、光導波路9のコア部94に入り、コア部94内をその長手方向（図9中左方向）に沿って進む。このようなレンズ部26を設けることにより、より明確な（シャープな）伝送光を得ることができ、より優れた光伝送特性を得ることができる。

30

【0176】

なお、レンズ部26は、伝送光を拡散し得るものでもよい。この場合には、凹レンズを用いればよい。

【0177】

また、レンズ部26の設置位置は、図9に示す位置に限らず、例えば透光部21の途中や下部であってもよく、あるいは、その他の箇所、例えばコア部94の入射側端部や出射側端部であってもよい。

40

【0178】

<第10実施形態：図10>

図10には、本発明により製造された光導波路を有する光導波路構造体1の第10実施形態が示されている。以下、この光導波路構造体1について説明するが、前記第1、第2実施形態等と同様の事項についてはその説明を省略し、相違点を中心に説明する。

【0179】

クラッド層91、92とそれらの間に位置する（介挿された）コア層93とで構成された光導波路9の下面および上面には、それぞれ、所定のパターン形状の導体層51および

50

５２が接合されており、導体層５１および導体層５２の所定の部位同士は、光導波路９を貫通して形成された２つの導体ポスト８１によりそれぞれ電氣的に接続されている。

【０１８０】

また、光導波路９には、２つの光路変換部９６ａ、９６ｂが形成されている。これらの光路変換部９６ａ、９６ｂは、それぞれ、前記と同様の反射面９６１ａ、９６１ｂを有している。光導波路９において、コア層９３の反射面９６１ａより図１０中左側および反射面９６１ｂより図１０中右側の部位は、コア部９４が形成され、コア層９３のそれ以外の部分は、クラッド部９５が形成されている。

【０１８１】

このような光導波路９の上部には、チップキャリア（素子）１３が搭載されている。チップキャリア１３は、基板２'と、光導波路９とは別の光導波路９'と、発光素子１０と、受光素子１１と、導体層５４、５５と、電気素子１２とを備えている。以下、チップキャリア１３の構成について詳述する。

10

【０１８２】

基板２'の下面には、クラッド層９１、９２とそれらの間に位置する（介挿された）コア層９３とで構成された光導波路９'が接合されており、光導波路９'の下面および基板２'の上面には、それぞれ、所定のパターン形状の導体層５４および５５が接合されている。導体層５４、５５の構成材料、形成方法、パターンニング方法等については、前記導体層５１、５２と同様である。

【０１８３】

20

基板２'は、実質的に透明のものであっても、不透明のものであってもよく、また、硬質（リジッド）のものであっても、可撓性（フレキシブル）を有するものであってもよい。

【０１８４】

導体層５４および導体層５５の所定の部位同士は、基板２'および光導波路９'を貫通して形成された４つの導体ポスト８２によりそれぞれ電氣的に接続されている。

【０１８５】

また、光導波路９'には、４つの光路変換部９６ｃ、９６ｄ、９６ｅ、９６ｆが形成されている。これらの光路変換部９６ｃ、９６ｄ、９６ｅ、９６ｆは、それぞれ、前記と同様の反射面９６１ｃ、９６１ｄ、９６１ｅ、９６１ｆを有している。

【０１８６】

30

光導波路９'において、コア層９３の反射面９６１ｃと反射面９６１ｄとの間の部位、および反射面９６１ｅと反射面９６１ｆとの間の部位は、コア部９４が形成され、コア層９３のそれ以外の部分は、クラッド部９５が形成されている。

【０１８７】

基板２'の上部には、４つの端子１２３、１２５、１２７、１２９を備える電気素子（半導体素子）１２が搭載されている。電気素子１２は、それらの端子１２３、１２５、１２７、１２９がそれぞれ導体層５５の所定部位に接合（電氣的に接続）されるようにして基板２'上に搭載されている。

【０１８８】

電気素子１２の機能は特に限定されないが、一例として、発光素子１０を駆動するための回路を構成するものが挙げられる。また、電気素子１２は、さらに、受光素子１１が出力した電気信号を処理（例えば信号の増幅）する機能（回路）を備えていてもよい。

40

【０１８９】

このような電気素子１２は、その全体（外表面）が前記封止材６と同様の封止材６１により覆われ、封止されている。

【０１９０】

光導波路９'の下部には、発光素子１０および受光素子１１が搭載されている。発光素子１０は、前記と同様のものである。受光素子１１は、図１０中上面側に、受光部１１１と、一对の端子１１３、１１５とを有している。受光部１１１は、端子１１３と端子１１５の間に位置している。受光部１１１が受光する（伝送光が照射される）と、その光が光

50

電変換され、端子 1 1 3、1 1 5 間に電位差が生じ、電気信号が出力される。

【0191】

発光素子 1 0 は、それらの端子 1 0 3、1 0 5 がそれぞれ導体層 5 4 の所定部位に接合（電氣的に接続）されるようにして光導波路 9 ' の下部に搭載されている。受光素子 1 1 は、それらの端子 1 1 3、1 1 5 がそれぞれ導体層 5 4 の所定部位に接合（電氣的に接続）されるようにして光導波路 9 ' の下部に搭載されている。

【0192】

発光素子 1 0 および受光素子 1 1 は、それらの端子 1 0 3、1 0 5、1 1 3、1 1 5 を含む上部がアンダーフィル材 4 により封止されており、さらに、発光素子 1 0 および受光素子 1 1 の全体（外表面）が封止材 6 により覆われ、封止されている。

10

【0193】

光導波路 9 ' のコア部 9 4 は、平面視で（図 1 0 の上方から見たとき）発光素子 1 0 の発光部 1 0 1 と重なるとともに受光素子 1 1 の受光部 1 1 1 と重なるような（すなわち、発光部 1 0 1 の真上および受光部 1 1 1 の真上を通過するような）パターン形状で形成されている。

【0194】

また、反射面 9 6 1 d は、発光部 1 0 1 の真上の位置に設けられ、反射面 9 6 1 e は、受光部 1 1 1 の真上の位置に設けられ、反射面 9 6 1 c は、反射面 9 6 1 a の真上の位置に設けられ、反射面 9 6 1 f は、反射面 9 6 1 b の真上の位置に設けられている。

【0195】

20

このようなチップキャリア 1 3 は、導体層 5 2 と導体層 5 4 の所定部位同士が半田（半田ボール）7 により電氣的に接続されるようにして光導波路 9 上に搭載されている。この場合、光導波路 9、9 ' 間は、前記アンダーフィル材 4 と同様のアンダーフィル材 4 1 により封止されている。

【0196】

導体層 5 2 の一部は、アンダーフィル材 4 1 により封止され、導体層 5 2 の一部は、アンダーフィル材 4 1 で封止されずに外部に露出している。

【0197】

本実施形態の光導波路構造体 1 では、発光素子 1 0 の端子 1 0 3、1 0 5 間へ通電がなされると、発光部 1 0 1 が点灯し、図 1 0 中上方へ向かって発せられた光は、アンダーフィル材 4 を透過し、反射面 9 6 1 d で反射されて 9 0 ° 屈曲し、光導波路 9 ' のコア部 9 4 に入り、コア部 9 4 内をその長手方向（図 1 0 中左方向）に沿って進む。さらに、コア部 9 4 の端部から出射した伝送光は、反射面 9 6 1 c で反射されて 9 0 ° 屈曲し、下方へ向かい、アンダーフィル材 4 1 およびクラッド層 9 2 を透過し、反射面 9 6 1 a で反射されて 9 0 ° 屈曲し、光導波路 9 のコア部 9 4 に入り、コア部 9 4 内をその長手方向（図 1 0 中左方向）に沿って進む。

30

【0198】

一方、光導波路 9 の図 1 0 中右側からコア部 9 4 に入った光は、コア部 9 4 内をその長手方向（図 1 0 中左方向）に沿って進み、反射面 9 6 1 b で反射されて 9 0 ° 屈曲し、上方へ向かい、クラッド層 9 2 およびアンダーフィル材 4 1 を透過し、反射面 9 6 1 f で反射されて 9 0 ° 屈曲し、光導波路 9 ' のコア部 9 4 に入り、コア部 9 4 内をその長手方向（図 1 0 中左方向）に沿って進む。さらに、コア部 9 4 の端部から出射した伝送光は、反射面 9 6 1 e で反射されて 9 0 ° 屈曲し、下方へ向かい、アンダーフィル材 4 を透過して受光部 1 1 1 で受光される。これにより、端子 1 1 3、1 1 5 間に電位差が生じ、電気信号が出力される。

40

【0199】

<第 1 1 実施形態：図 1 1 >

図 1 1 には、本発明により製造された光導波路を有する光導波路構造体 1 の第 1 1 実施形態が示されている。以下、この光導波路構造体 1 について説明するが、前記第 1、第 6 および第 1 0 実施形態等と同様の事項についてはその説明を省略し、相違点を中心に説明

50

する。

【0200】

基板2の下面には、クラッド層91、92とそれらの間に位置する（介挿された）コア層93とで構成された光導波路9が接合されており、基板2の上面には、所定のパターン形状の導体層52が接合されている。

【0201】

また、光導波路9には、2つの光路変換部96a、96bが形成されている。光路変換部96aおよび96bは、前記第4、第8、第9実施形態における光路変換部96と同様の構成であり、それぞれ、前記と同様の反射面961a、961bを有している。

【0202】

光導波路9において、コア層93の反射面961aより図11中左側および反射面961bより図11中右側の部位は、コア部94が形成され、コア層93のそれ以外の部分は、クラッド部95が形成されている。

【0203】

基板2は、伝送光の透過性（透光性）を十分に有さないものであり、基板2における反射面961a、961bの真上の位置（反射面961c、961fの真下の位置）には、それぞれ、基板2を貫通する貫通孔22が形成されている。これらの貫通孔22は、伝送光を透光する透光部21を構成するものである。すなわち、これらの貫通孔22が、伝送光を基板2の厚さ方向に導光（伝送）する導光路となる。

【0204】

また、両貫通孔22（透光部21）の上部には、それぞれ、前記第9実施形態と同様のレンズ部26が設けられている。例えば、貫通孔22内に比較的屈折率の低い透明な第1の樹脂材料を充填し、その上面を湾曲凹面に形成し、該凹面内に前記第1の樹脂材料より高屈折率の透明な第2の樹脂材料を充填することにより、前記第2の樹脂材料の部分が凸レンズ（平凸レンズ、両凸レンズ等）として機能するレンズ部26を形成することができる。また、これに限らず、貫通孔22内に凸レンズ（平凸レンズ、両凸レンズ等）のみを設置してもよい。

【0205】

また、貫通孔22（透光部21）に対するレンズ部26の設置位置は、図示のような上部に限らず、貫通孔22の途中や下部であってもよい。

【0206】

なお、図示されていないが、貫通孔22の内部（全部または一部）に、伝送光の透過率が80%以上、好ましくは90%以上、より好ましくは95%以上の材料による充填材が充填されていてもよい。また、前記第7、第8実施形態と同様に、貫通孔22の内部に垂直光導波路23が形成されていてもよい。

【0207】

このような基板2付きの光導波路9の上部には、前記第10実施形態と同様のチップキャリア（素子）13が搭載されている。

【0208】

本実施形態の光導波路構造体1では、発光素子10の端子103、105間へ通電がなされると、発光部101が点灯し、図11中上方へ向かって発せられた光は、アンダーフィル材4を透過し、反射面961dで反射されて90°屈曲し、光導波路9'のコア部94に入り、コア部94内をその長手方向（図11中左方向）に沿って進む。さらに、コア部94の端部から出射した伝送光は、反射面961cで反射されて90°屈曲し、下方へ向かい、アンダーフィル材41を透過した後、レンズ部26で集光されてその光束（ビーム）が絞られ、この光束が貫通孔22内を通り、反射面961aで反射されて90°屈曲し、光導波路9のコア部94に入り、コア部94内をその長手方向（図11中左方向）に沿って進む。

【0209】

一方、光導波路9の図11中右側からコア部94に入った光は、コア部94内をその長

10

20

30

40

50

手方向（図 1 1 中左方向）に沿って進み、反射面 9 6 1 b で反射されて 9 0 ° 屈曲し、貫通孔 2 2 内を上方へ向かい、レンズ部 2 6 で集光されてその光束（ビーム）が絞られ、この光束がアンダーフィル材 4 1 を透過し、反射面 9 6 1 f で反射されて 9 0 ° 屈曲し、光導波路 9 ' のコア部 9 4 に入り、コア部 9 4 内をその長手方向（図 1 1 左方向）に沿って進む。さらに、コア部 9 4 の端部から出射した伝送光（集光された光束）は、反射面 9 6 1 e で反射されて 9 0 ° 屈曲し、下方へ向かい、アンダーフィル材 4 を透過して受光部 1 1 1 で受光される。これにより、端子 1 1 3、1 1 5 間に電位差が生じ、電気信号が出力される。

【0 2 1 0】

以上、第 1 ～第 1 1 実施形態について説明したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、発明の要旨を変更しない限り、他の構成のものでもよい。また、本発明は、第 1 ～第 1 1 実施形態のうちの任意の 2 以上の実施形態が備える構成を組み合わせたものでもよい。

10

【0 2 1 1】

次に、前記各実施形態における、光導波路 9、9 ' の製造方法および各部の構成材料等について説明するが、特にコア部 9 4 の形成方法について詳細に説明する。

【0 2 1 2】

<第 1 の製造方法>

まず、光導波路 9 の第 1 の製造方法について説明する。光導波路 9 ' の製造方法は、光導波路 9 と同様であるため、光導波路 9 で代表する。

20

【0 2 1 3】

図 1 2 - A ～図 1 2 - E は、それぞれ、光導波路の第 1 の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

【0 2 1 4】

[1 A] まず、支持基板 9 5 1 上に、層 9 1 0 を形成する（図 1 2 - A 参照）。

層 9 1 0 は、コア層形成用材料（ワニス）9 0 0 を塗布し硬化（固化）させる方法により形成される。

【0 2 1 5】

具体的には、層 9 1 0 は、支持基板 9 5 1 上にコア層形成用材料 9 0 0 を塗布して液状被膜を形成した後、この支持基板 9 5 1 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る。

30

【0 2 1 6】

層 9 1 0 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、アプリーケーター法、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。

【0 2 1 7】

支持基板 9 5 1 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。

【0 2 1 8】

40

コア層形成用材料 9 0 0 は、ポリマー 9 1 5 と、添加剤 9 2 0（本実施形態では、少なくともモノマー、助触媒および触媒前駆体を含む）とで構成される光誘発熱現像性材料（PITDM）を含有し、活性放射線の照射および加熱により、ポリマー 9 1 5 中において、モノマーの反応が生じる材料である。

【0 2 1 9】

そして、得られた層 9 1 0 中では、ポリマー（マトリックス）9 1 5 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 9 2 0 は、ポリマー 9 1 5 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 9 1 0 中には、添加剤 9 2 0 が実質的に一様かつ任意に分散されている。

【0 2 2 0】

50

このような層 910 の平均厚さは、形成すべきコア層 93 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。

【0221】

ポリマー 915 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。

【0222】

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 900 中や層 910 中においてポリマー 915 と相分離を起こさないことを言う。

【0223】

このようなポリマー 915 としては、例えば、ノルボルネン系樹脂やベンゾシクロブテン系樹脂等の環状オレフィン系樹脂、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（ポリマーアロイ、ポリマーブレンド（混合物）、共重合体など）用いることができる。

【0224】

これらの中でも、特に、ノルボルネン系樹脂（ノルボルネン系ポリマー）を主とするものが好ましい。ポリマー 915 としてノルボルネン系ポリマーを用いることにより、優れた光伝送性能や耐熱性を有するコア層 93 を得ることができる。

【0225】

また、ノルボルネン系ポリマーは、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 93 を得ることができる。

【0226】

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。

【0227】

このようなノルボルネン系ポリマーとしては、例えば、（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のような付加重合体、（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 -オレフィン類との開環共重合体、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との開環共重合体、および必要に応じて該（共）重合体を水素添加したポリマーのような開環重合体が挙げられる。これらの重合体としては、ランダム共重合体、ブロック共重合体、交互共重合体等が挙げられる。

【0228】

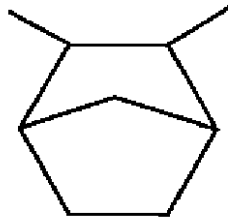
これらのノルボルネン系ポリマーは、例えば、開環メタセシス重合（ROMP）、ROMP と水素化反応との組み合わせ、ラジカルまたはカチオンによる重合、カチオン性パラジウム重合開始剤を用いた重合、これ以外の重合開始剤（例えば、ニッケルや他の遷移金属の重合開始剤）を用いた重合等、公知のすべての重合方法で得ることができる。

【0229】

これらの中でも、ノルボルネン系ポリマーとしては、下記化 1（構造式 B）で表される少なくとも 1 個の繰り返し単位を有するもの、すなわち、付加（共）重合体が好ましい。このものは、透明性、耐熱性および可撓性に富むことから好ましい。

【0230】

【化 1】

**B**

【0 2 3 1】

かかるノルボルネン系ポリマーは、例えば、後述するノルボルネン系モノマー（後述する化 3 で表されるノルボルネン系モノマーや、架橋性ノルボルネン系モノマー）を用いることにより好適に合成される。

10

【0 2 3 2】

なお、比較的高い屈折率を有するポリマー 9 1 5 を得るためには、分子構造中に、芳香族環（芳香族基）、窒素原子、臭素原子や塩素原子を有するモノマーを一般的に選択して、ポリマー 9 1 5 が合成（重合）される。一方、比較的低い屈折率を有するポリマー 9 1 5 を得るためには、分子構造中に、アルキル基、フッ素原子やエーテル構造（エーテル基）を有するモノマーを一般的に選択して、ポリマー 9 1 5 が合成（重合）される。

【0 2 3 3】

比較的高い屈折率を有するノルボルネン系ポリマーとしては、アラ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。かかるノルボルネン系ポリマーは、特に高い屈折率を有する。

20

【0 2 3 4】

アラルキルノルボルネンの繰り返し単位が有するアラルキル基（アリアルキル基）としては、例えば、ベンジル基、フェニルエチル基、フェニルプロピル基、フェニルブチル基、ナフチルエチル基、ナフチルプロピル基、フルオレニルエチル基、フルオレニルプロピル基等が挙げられるが、ベンジル基やフェニルエチル基が特に好ましい。

【0 2 3 5】

かかる繰り返し単位を有するノルボルネン系ポリマーは、極めて高い屈折率を有するものであることから好ましい。

30

【0 2 3 6】

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 9 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。

【0 2 3 7】

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。

40

【0 2 3 8】

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低下するのを防止し、かつ、高い柔軟性を保持することができる。

【0 2 3 9】

ここで、光導波路 9 は、例えば、600～1550 nm 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が、ヘキシル（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、前述したような波長領域（特に、850 nm 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。

【0 2 4 0】

このようなノルボルネン系ポリマーの好ましい具体例としては、ヘキシルノルボルネン

50

のホモポリマー、フェニルエチルノルボルネンのホモポリマー、ベンジルノルボルネンのホモポリマー、ヘキシルノルボルネンとフェニルエチルノルボルネンとのコポリマー、ヘキシルノルボルネンとベンジルノルボルネンとのコポリマー等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。

【0241】

本実施形態のコア層形成用材料900は、添加剤920として、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）を含んでいる。

【0242】

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910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。

10

【0243】

ここで、この反応物としては、モノマーがポリマー（マトリックス）915中で重合して形成されたポリマー（重合体）、ポリマー915同士を架橋する架橋構造、および、ポリマー915に重合してポリマー915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。

【0244】

ここで、層910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915と、このポリマー915に対して高い屈折率を有する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915と、このポリマー915に対して低い屈折率を有するモノマーとが組み合わせて使用される。

20

【0245】

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。

【0246】

そして、モノマーの反応（反応物の生成）により、層910において照射領域の屈折率が低下する場合、当該部分がクラッド部95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94となる。

【0247】

このようなモノマーとしては、重合可能な部位を有する化合物であればよく、特に限定されないが、例えば、ノルボルネン系モノマー、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て用いることができる。

30

【0248】

これらの中でも、モノマーとしては、ノルボルネン系モノマーを用いるのが好ましい。ノルボルネン系モノマーを用いることにより、光伝送性能に優れ、かつ、耐熱性および柔軟性に優れるコア層93（光導波路9）が得られる。

【0249】

ここで、ノルボルネン系モノマーとは、下記化2（構造式A）で示されるノルボルネン骨格を少なくとも1つ含むモノマーを総称し、例えば、下記化3（構造式C）で表される化合物が挙げられる。

40

【0250】

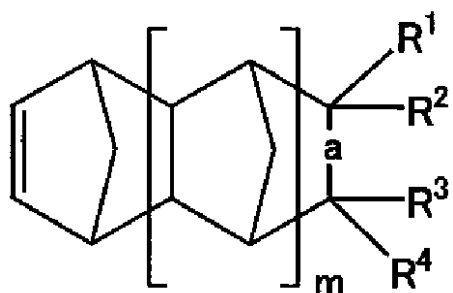
【化 2】

**A**

【0 2 5 1】

10

【化 3】

**C**

20

〔式中、aは、単結合または二重結合を表し、 $R^1 \sim R^4$ は、それぞれ独立して、水素原子、置換もしくは無置換の炭化水素基、または官能置換基を表し、mは、0～5の整数を表す。ただし、aが二重結合の場合、 R^1 および R^2 のいずれか一方、 R^3 および R^4 のいずれか一方は存在しない。〕

【0 2 5 2】

無置換の炭化水素基（ハイドロカルビル基）としては、例えば、直鎖状または分岐状の炭素数1～10（ $C_1 \sim C_{10}$ ）のアルキル基、直鎖状または分岐状の炭素数2～10（ $C_2 \sim C_{10}$ ）のアルケニル基、直鎖状または分岐状の炭素数2～10（ $C_2 \sim C_{10}$ ）のアルキニル基、炭素数4～12（ $C_4 \sim C_{12}$ ）のシクロアルキル基、炭素数4～12（ $C_4 \sim C_{12}$ ）のシクロアルケニル基、炭素数6～12（ $C_6 \sim C_{12}$ ）のアリール基、炭素数7～24（ $C_7 \sim C_{24}$ ）のアラルキル基（アリールアルキル基）等が挙げられ、その他、 R^1 および R^2 、 R^3 および R^4 が、それぞれ炭素数1～10（ $C_1 \sim C_{10}$ ）のアルキリデニル基であってもよい。

30

【0 2 5 3】

アルキル基の具体例としては、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、イソブチル基、sec-ブチル基、tert-ブチル基、ペンチル基、ネオペンチル基、ヘキシル基、ヘプチル基、オクチル基、ノニル基およびデシル基が挙げられるが、これらに限定されるわけではない。

【0 2 5 4】

40

アルケニル基の具体例としては、ビニル基、アリル基、ブテニル基およびシクロヘキセニル基が挙げられるが、これらに限定されるわけではない。

【0 2 5 5】

アルキニル基の具体例としては、エチニル基、1-プロピニル基、2-プロピニル基、1-ブチニル基および2-ブチニル基が挙げられるが、これらに限定されるわけではない。

【0 2 5 6】

シクロアルキル基の具体例としては、シクロペンチル基、シクロヘキシル基およびシクロオクチル基が挙げられるが、これらに限定されるわけではない。

【0 2 5 7】

50

アリール基の具体例としては、フェニル基、ナフチル基およびアントラセニル (anthracenyl) 基が挙げられるが、これらに限定されるわけではない。

【0258】

アラルキル (aralkyl) 基の具体例としては、ベンジル基およびフェニルエチル (フェネチル: phenethyl) 基が挙げられるが、これらに限定されるわけではない。

【0259】

また、アルキリデニル (alkylidenyl) 基の具体例としては、メチリデニル (methylidenyl) 基およびエチリデニル (ethylidenyl) 基が挙げられるが、これらに限定されるわけではない。

10

【0260】

置換された炭化水素基としては、前記の炭化水素基が有する水素原子の一部または全部がハロゲン原子で置換されたもの、すなわち、ハロハイドロカルビル (halohydrocarbyl) 基、パーハロハイドロカルビル (perhalohydrocarbyl) 基であるか、パーハロカルビル (perhalocarbyl) 基のようなハロゲン化炭化水素基が挙げられる。

【0261】

これらのハロゲン化炭化水素基において、水素原子に置換するハロゲン原子としては、塩素原子、フッ素および臭素から選択される少なくとも1種が好ましく、フッ素原子がより好ましい。

20

【0262】

このうち、パーハロゲン化された炭化水素基 (パーハロハイドロカルビル基、パーハロカルビル基) の具体例としては、例えば、パーフルオロフェニル基、パーフルオロメチル基 (トリフルオロメチル基)、パーフルオロエチル基、パーフルオロプロピル基、パーフルオロブチル基、パーフルオロヘキシル基等が挙げられる。

【0263】

なお、ハロゲン化アルキル基には、炭素数1~10のもの以外に、炭素数11~20のものも好適に用いることができる。すなわち、ハロゲン化アルキル基には、部分的または完全にハロゲン化され、直鎖状または分岐状をなし、一般式: $-C_Z X'_{2Z+1}$ で表される基を選択することができる。ここで、 X' は、それぞれ独立して、ハロゲン原子または水素原子を表し、 Z は、1~20の整数を表す。

30

【0264】

また、置換された炭化水素基としては、ハロゲン原子の他、直鎖状または分岐状の炭素数1~5 ($C_1 \sim C_5$) のアルキル基またはハロアルキル基、アリール基およびシクロアルキル基で更に置換された、シクロアルキル基、アリール基およびアラルキル基 (アラアルキル基) 等が挙げられる。

【0265】

また、官能置換基としては、例えば、 $-(CH_2)_n-CH(CF_2)_2-O-Si(Me)_3$ 、 $-(CH_2)_n-CH(CF_3)_2-O-CH_2-O-CH_3$ 、 $-(CH_2)_n-CH(CF_3)_2-O-C(O)-O-C(CH_3)_3$ 、 $-(CH_2)_n-C(CF_3)_2-OH$ 、 $-(CH_2)_n-C(O)-NH_2$ 、 $-(CH_2)_n-C(O)-Cl$ 、 $-(CH_2)_n-C(O)-O-R^5$ 、 $-(CH_2)_n-O-R^5$ 、 $-(CH_2)_n-O-C(O)-R^5$ 、 $-(CH_2)_n-C(O)-R^5$ 、 $-(CH_2)_n-O-C(O)-OR^5$ 、 $-(CH_2)_n-Si(R^5)_3$ 、 $-(CH_2)_n-Si(OR^5)_3$ 、 $-(CH_2)_n-O-Si(R^5)_3$ および $-(CH_2)_n-C(O)-OR^6$ 等が挙げられる。

40

【0266】

ここで、前記各式において、それぞれ、 n は、0~10の整数を示し、 R^5 は、それぞれ独立して、水素原子、直鎖状または分岐状の炭素数1~20 ($C_1 \sim C_{20}$) アルキル基、直鎖状または分岐状の炭素数1~20 ($C_1 \sim C_{20}$) のハロゲン化もしくはパーハ

50

ロゲン化アルキル基、直鎖状または分岐状の炭素数 2～10 ($C_2 \sim C_{10}$) のアルケニル基、直鎖状または分岐状の炭素数 2～10 ($C_2 \sim C_{10}$) のアルキニル基、炭素数 5～12 ($C_5 \sim C_{12}$) のシクロアルキル基、炭素数 6～14 ($C_6 \sim C_{14}$) のアリール基、炭素数 6～14 ($C_6 \sim C_{14}$) のハロゲン化もしくはパーハロゲン化アリール基または炭素数 7～24 ($C_7 \sim C_{24}$) のアラルキル基を表す。

【0267】

なお、 R^5 で示される炭化水素基は、 $R^1 \sim R^4$ で示されるものと同一の炭化水素基を示す。 $R^1 \sim R^4$ で示すように、 R^5 で示される炭化水素基は、ハロゲン化またはパーハロゲン化されていてもよい。

【0268】

例えば、 R^5 が炭素数 1～20 ($C_1 \sim C_{20}$) のハロゲン化またはパーハロゲン化アルキル基である場合、 R^5 は、一般式： $-C_z X'_{2z+1}$ で表される。ここで、 z および X' は、それぞれ、上記の定義と同じであり、 X' の少なくとも 1 つは、ハロゲン原子（例えば、臭素原子、塩素原子またはフッ素原子）である。

【0269】

ここで、パーハロゲン化アルキル基とは、前記一般式において、すべての X' がハロゲン原子である基であり、その具体例としては、トリフルオロメチル基、トリクロロメチル基、 $-C_7F_{15}$ 、 $-C_{11}F_{23}$ が挙げられるが、これらに限定されるわけではない。

【0270】

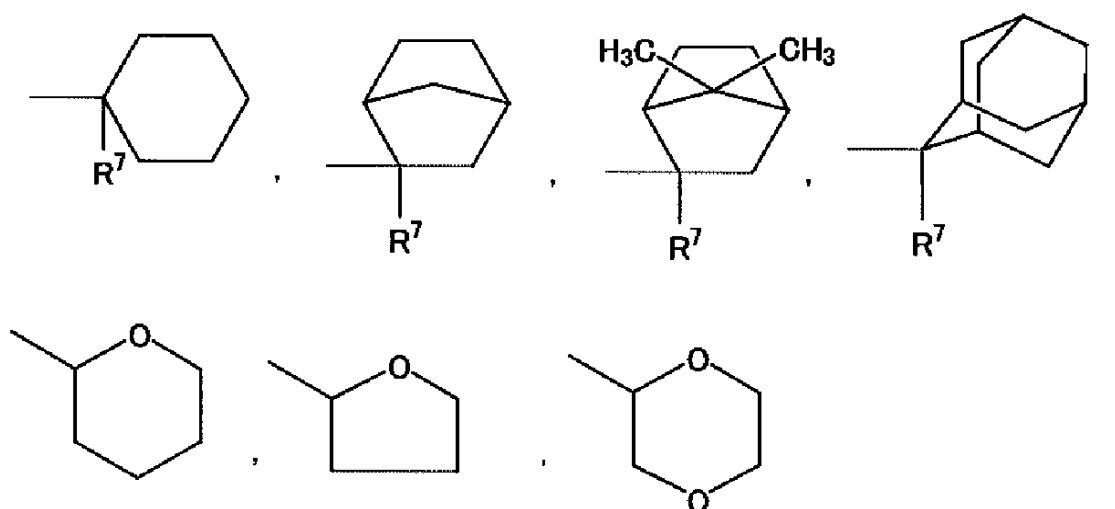
パーハロゲン化アリール基の具体例としては、ペンタクロロフェニル基、ペンタフルオロフェニル基が挙げられるが、これらに限定されるわけではない。

【0271】

また、 R^6 としては、例えば、 $-C(CH_3)_3$ 、 $-Si(CH_3)_3$ 、 $-CH(R^7)-O-CH_2CH_3$ 、 $-CH(R^7)OC(CH_3)_3$ および下記化 4 の環状基等が挙げられる。

【0272】

【化 4】



ここで、 R^7 は、水素原子、あるいは直鎖状または分岐状の炭素数 1～5 ($C_1 \sim C_5$) のアルキル基を表す。

【0273】

アルキル基としては、メチル基、エチル基、プロピル基、*i*-プロピル基、ブチル基、*i*-ブチル基、*t*-ブチル、ペンチル基、*t*-ペンチル基、ネオペンチル基が挙げられる。

【0274】

なお、上記化4で表される環状基では、環構造から延びる単結合と酸置換基との間でエステル結合が形成される。

【0275】

R⁶の具体例としては、例えば、1-メチル-1-シクロヘキシル基、イソボルニル(isobornyl)基、2-メチル-2-イソボルニル基、2-メチル-2-アダマンチル基、テトラヒドロフラニル(tetrahydrofuranyl)基、テトラヒドロピラノイル(tetrahydropyranyloyl)基、3-オクソシクロヘキサノイル(3-oxocyclohexanonyl)基、メバロンラクトニル(mevalonic lactonyl)基、1-エトキシエチル基、1-tert-ブトキシエチル基等が挙げられる。

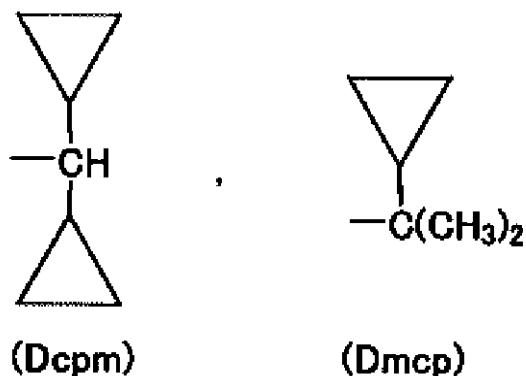
10

【0276】

また、他のR⁶としては、例えば、下記化5で表されるジシクロプロピルメチル基(Dcpm)、ジメチルシクロプロピルメチル基(Dmcp)等が挙げられる。

【0277】

【化5】



20

【0278】

また、モノマーには、上記のモノマーに代えて、または、上記のモノマーとともに架橋性モノマー(架橋剤)を用いることもできる。この架橋性モノマーは、後述する触媒前駆体の存在下で、架橋反応を生じ得る化合物である。

30

【0279】

架橋性モノマーを用いることにより、次のような利点がある。すなわち、架橋性モノマーは、より速く重合するので、コア層93(光導波路9)の形成(プロセス)に要する時間を短縮することができる。また、架橋性モノマーは、加熱しても蒸発し難いので、蒸気圧の上昇を抑えることができる。さらに、架橋性モノマーは、耐熱性に優れるため、コア層93の耐熱性を向上させることができる。

【0280】

このうち、架橋性ノルボルネン系モノマーは、前記化2(構造式A)で表されるノルボルネン系部位(ノルボルネン系二重結合)を含む化合物である。

40

【0281】

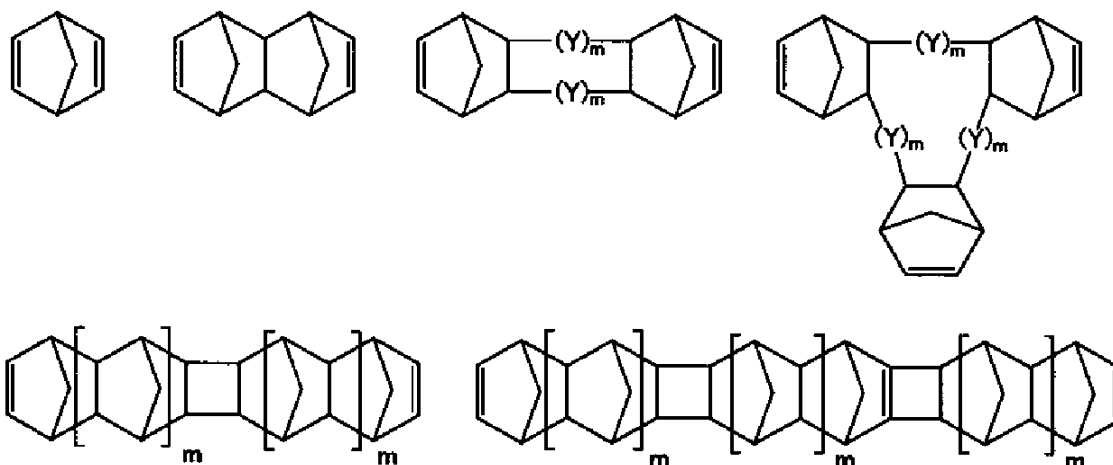
架橋性ノルボルネン系モノマーとしては、連続多環環系(fused multicyclic ring systems)の化合物と、連結多環環系(linked multicyclic ring systems)の化合物とがある。

【0282】

連続多環環系の化合物(連続多環環系の架橋性ノルボルネン系モノマー)としては、下記化6で表される化合物が挙げられる。

【0283】

【化 6】



10

〔式中、Yは、メチレン（ $-\text{CH}_2-$ ）基を表し、mは、0～5の整数を表わす。ただし、mが0である場合、Yは、単結合である。〕

【0284】

なお、簡略化のため、ノルボルナジエン（norbornadiene）は、連続多環系に含まれ、重合性ノルボルネン系二重結合を含むものとする。

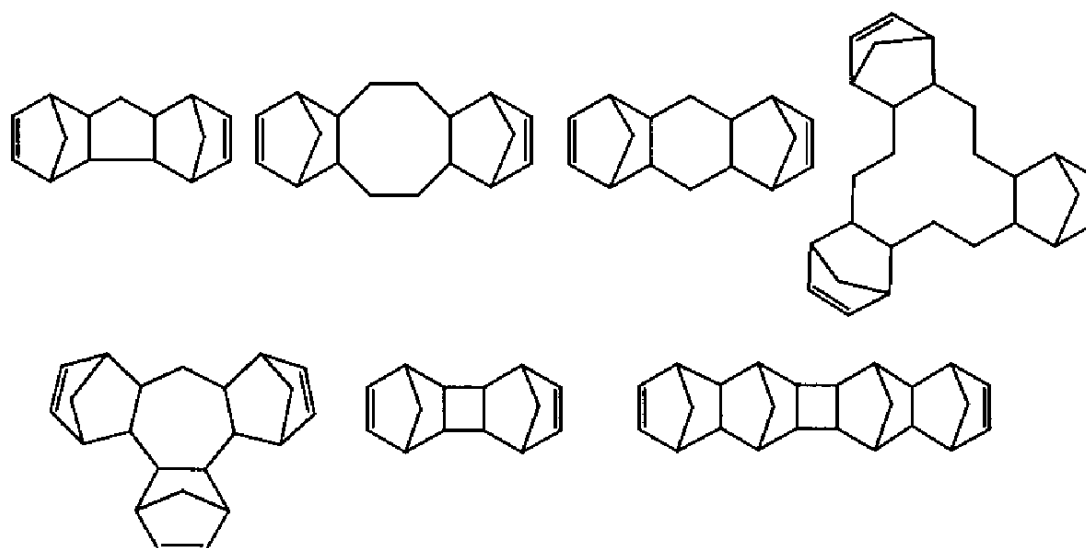
20

【0285】

この連続多環系の化合物の具体例としては、下記化7で表される化合物が挙げられるが、これらに限定されるわけではない。

【0286】

【化 7】



30

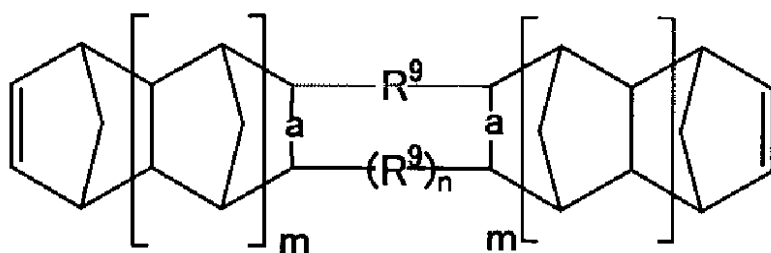
40

【0287】

一方、連結多環系の化合物（連結多環系の架橋性ノルボルネン系モノマー）としては、下記化8で表される化合物が挙げられる。

【0288】

【化 8】



〔式中、 a は、それぞれ独立して、単結合または二重結合を表し、 m は、それぞれ独立して、 $0 \sim 5$ の整数を表し、 R^9 は、それぞれ独立して二価の炭化水素基、二価のエーテル基または二価のシリル基を表す。また、 n は、 0 または 1 である。〕

10

【0289】

ここで、二価の置換基とは、端部にノルボルネン構造に結合し得る結合手を2つ有する基のことを言う。

【0290】

二価の炭化水素基（ハイドロカルビル基）の具体例としては、一般式： $-(C_d H_{2d})-$ で表されるアルキレン基（ d は、好ましくは $1 \sim 10$ の整数を表す。）と、二価の芳香族基（アリール基）とが挙げられる。

【0291】

20

二価のアルキレン基としては、直鎖状または分岐状の炭素数 $1 \sim 10$ （ $C_1 \sim C_{10}$ ）のアルキレン基が好ましく、例えば、メチレン基、エチレン基、プロピレン基、ブチレン基、ペンチレン基、ヘキシレン基、ヘプチレン基、オクチレン基、ノニレン基、デシレン基が挙げられる。

【0292】

なお、分岐アルキレン基は、主鎖の水素原子が、直鎖状または分岐状のアルキル基で置換されたものである。

【0293】

一方、二価の芳香族基としては、二価のフェニル基、二価のナフチル基が好ましい。

また、二価のエーテル基は、 $-R^{10}-O-R^{10}-$ で表される基である。

30

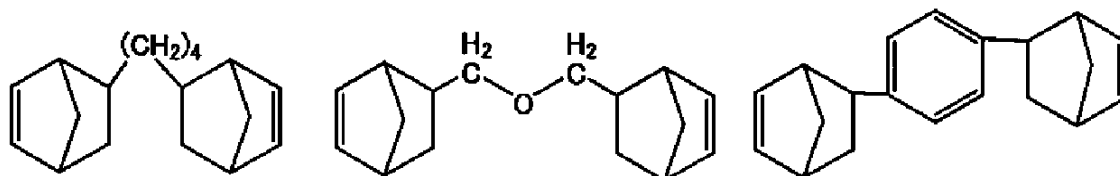
ここで、 R^{10} は、それぞれ独立して、 R^9 と同じものを表す。

【0294】

この連結多環環系の化合物の具体例としては、下記化9、化10、化11、化12、化13で表される化合物の他、化14、化15で表されるフッ素含有化合物（フッ素含有架橋性ノルボルネン系モノマー）が挙げられるが、これらに限定されるわけではない。

【0295】

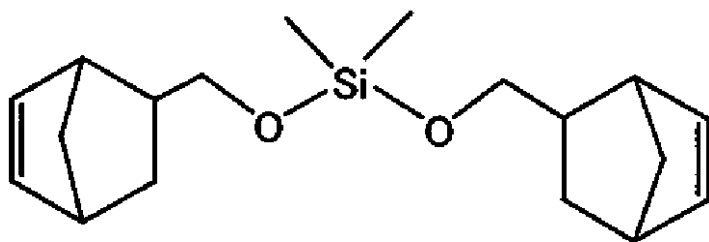
【化 9】



40

【0296】

【化 10】



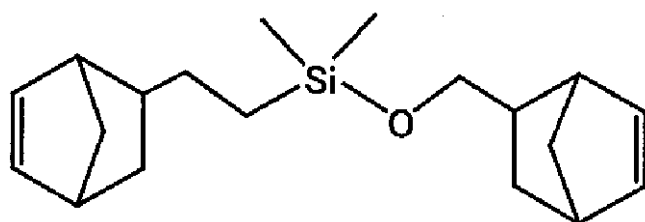
【0297】

10

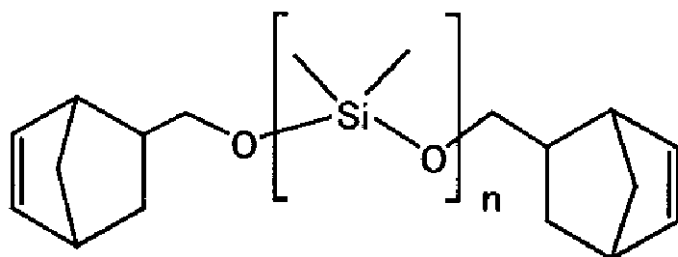
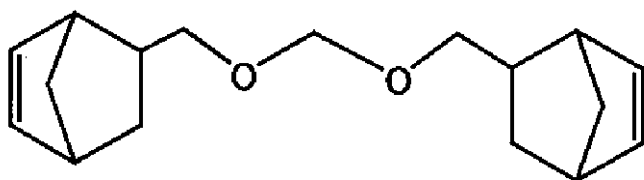
この化10で表される化合物は、ジメチルビス〔ビシクロ〔2．2．1〕ヘプトー2－エンー5－メトキシ〕シランであり、またの命名では、ジメチルビス（ノルボルネンメトキシ）シラン（「SiX」と略される。）と呼ばれる。

【0298】

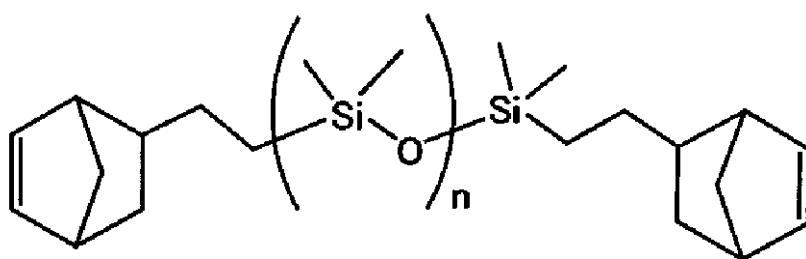
【化 11】



20



30

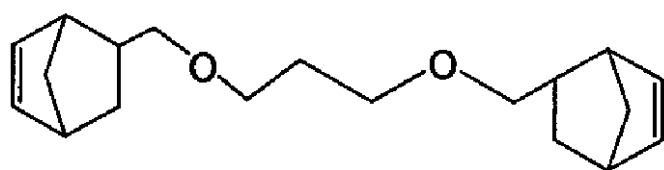
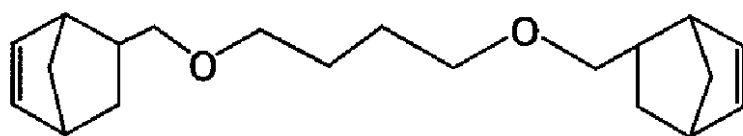


40

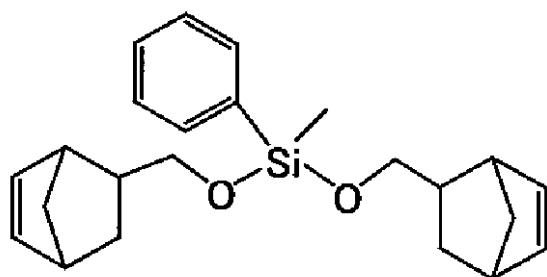
〔式中、nは、0～4の整数を表す。〕

【0299】

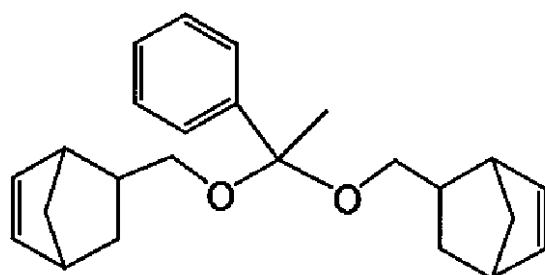
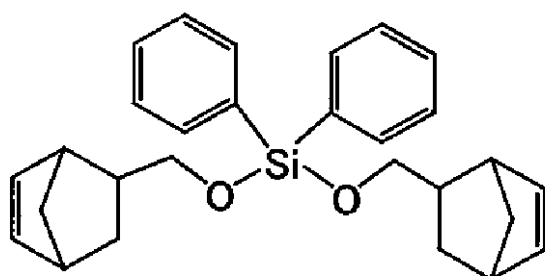
【化 1 2】



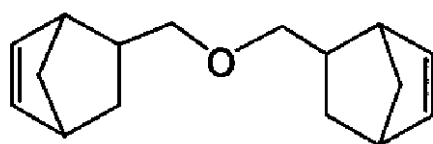
10



20



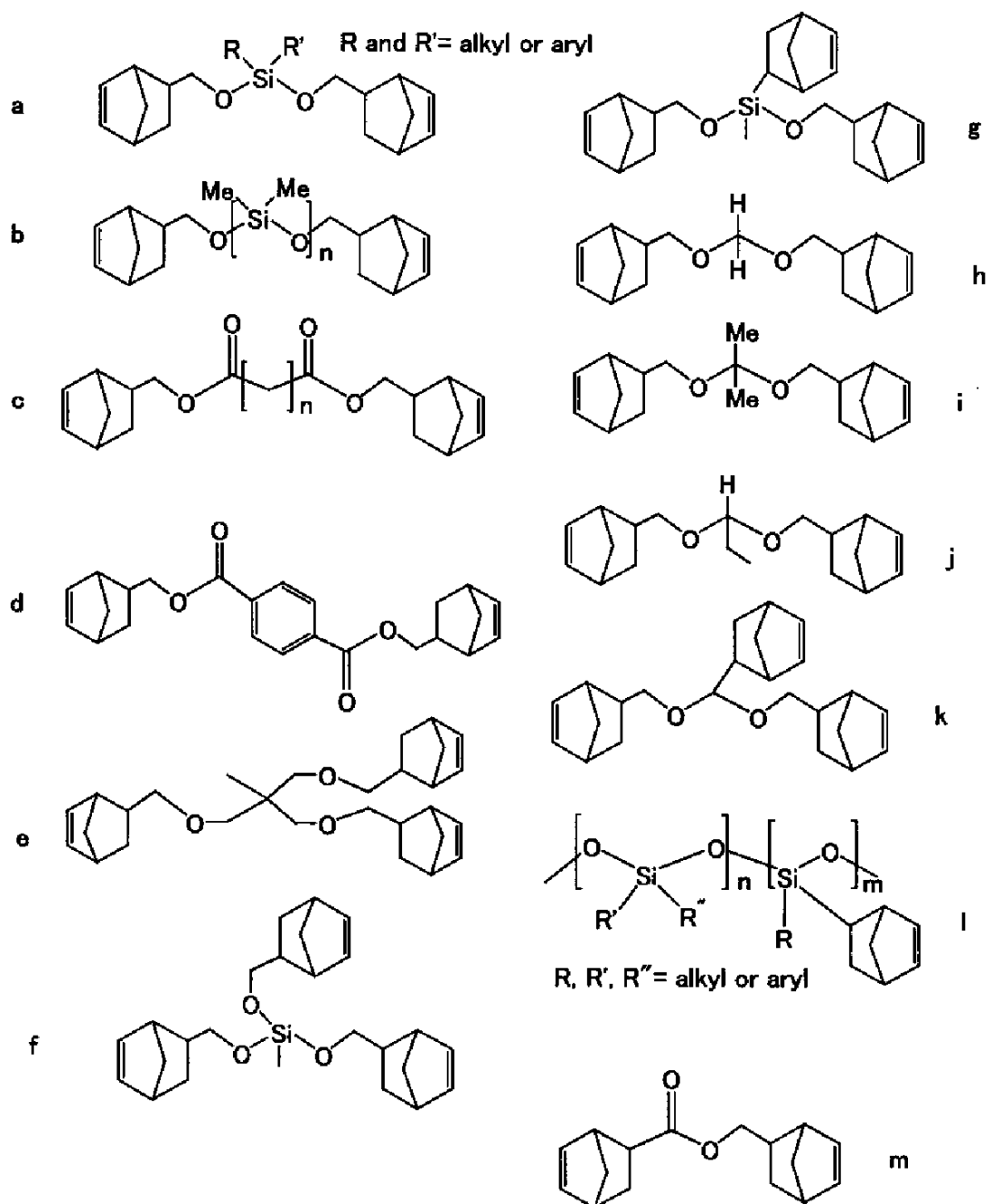
30



40

【 0 3 0 0 】

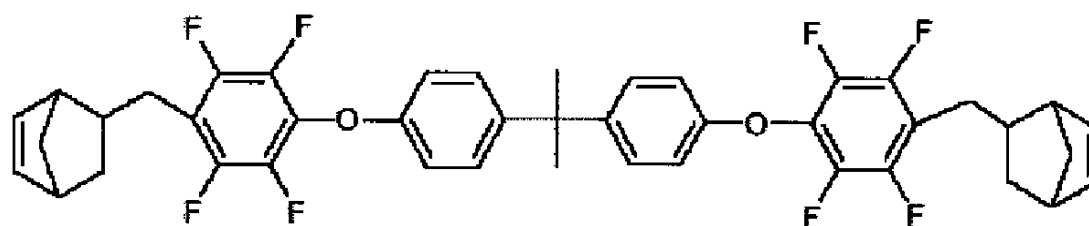
【化 1 3】



〔式中、mおよびnは、それぞれ、1～4の整数を表す。〕

【0301】

【化 1 4】



【0302】

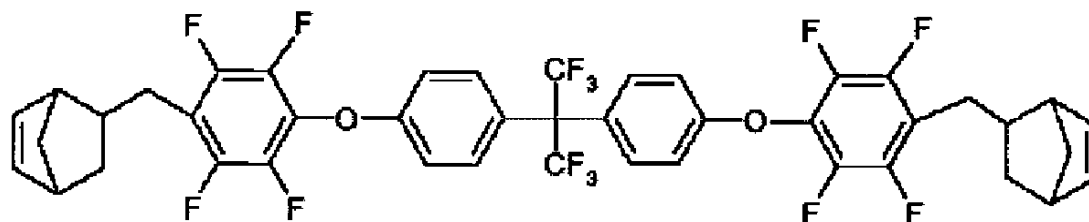
10

20

30

40

【化 1 5】



【0303】

10

各種の架橋性ノルボルネン系モノマーの中でも、特に、ジメチルビス（ノルボルネンメトキシ）シラン（SiX）が好ましい。SiXは、アルキルノルボルネンの繰り返し単位および／またはアラ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に対して十分に低い屈折率を有する。このため、後述する活性放射線を照射する照射領域の屈折率を確実に低くして、クラッド部95とすることができる。また、コア部94とクラッド部95との間における屈折率差を大きくすることができ、コア層93（光導波路9）の特性（光伝送性能）の向上を図ることができる。

【0304】

なお、以上のようなモノマーは、単独または任意に組み合わせて用いるようにしてもよい。

20

【0305】

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。

【0306】

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93（光導波路9）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9の特性（光伝送性能）が低下するのを防

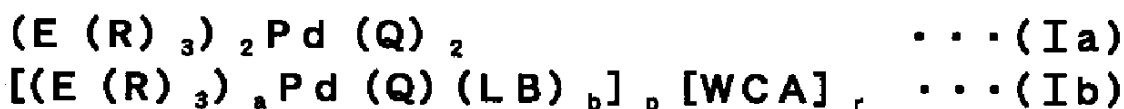
30

【0307】

このような触媒前駆体としては、下記式（Ia）および（Ib）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。

【0308】

【化 1 6】



40

〔式Ia、Ib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Ib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。〕

【0309】

式Iaに従う典型的な触媒前駆体としては、Pd(OAc)₂(P(i-Pr)₃)₂

50

、 $\text{Pd}(\text{OAc})_2(\text{P}(\text{Cy})_3)_2$ 、 $\text{Pd}(\text{O}_2\text{CCMe}_3)_2(\text{P}(\text{Cy})_3)_2$ 、 $\text{Pd}(\text{OAc})_2(\text{P}(\text{Cp})_3)_2$ 、 $\text{Pd}(\text{O}_2\text{CCF}_3)_2(\text{P}(\text{Cy})_3)_2$ 、 $\text{Pd}(\text{O}_2\text{CC}_6\text{H}_5)_3(\text{P}(\text{Cy})_3)_2$ 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。

【0310】

また、式Ib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。

【0311】

このような式Ibに従う典型的な触媒前駆体としては、 $\text{Pd}(\text{OAc})_2(\text{P}(\text{Cy})_3)_2$ 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。

10

【0312】

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。

【0313】

また、活性化温度が低下した状態（活性潜在状態）において、触媒前駆体としては、その活性化温度が本来の活性化温度よりも10～80℃程度（好ましくは、10～50℃程度）低くなるものが好ましい。これにより、コア部94とクラッド部95との間の屈折率差を確実に生じさせることができる。

20

【0314】

かかる触媒前駆体としては、 $\text{Pd}(\text{OAc})_2(\text{P}(\text{i-Pr})_3)_2$ および $\text{Pd}(\text{OAc})_2(\text{P}(\text{Cy})_3)_2$ のうちの少なくとも一方を含む（主とする）ものが好適である。

【0315】

なお、以下では、 $\text{Pd}(\text{OAc})_2(\text{P}(\text{i-Pr})_3)_2$ を「Pd545」と、また、 $\text{Pd}(\text{OAc})_2(\text{P}(\text{Cy})_3)_2$ を「Pd785」と略すことがある。

【0316】

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。

30

【0317】

この助触媒（コカタリスト：cocatalyst）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。

【0318】

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(FABA^-)、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。

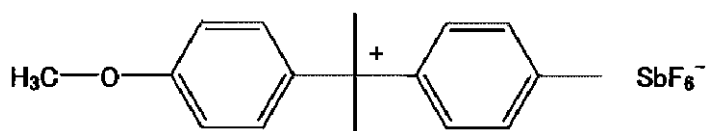
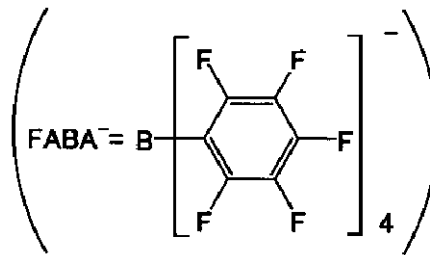
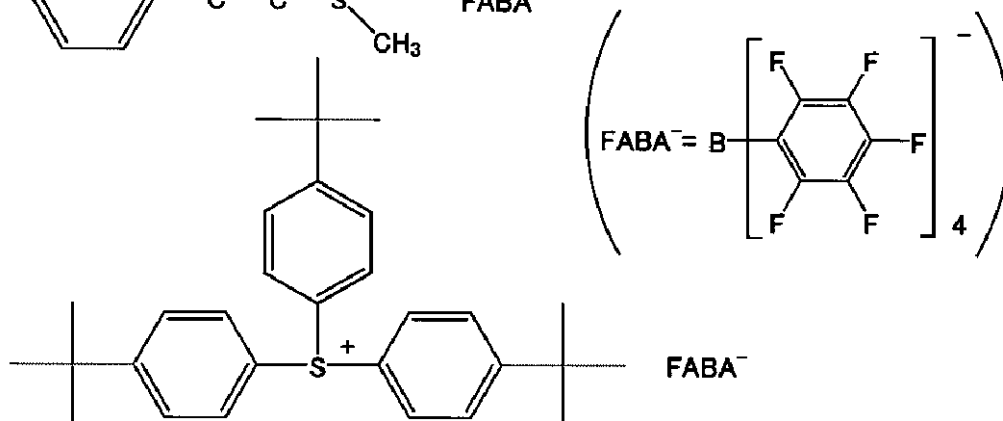
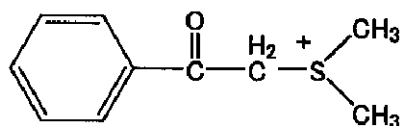
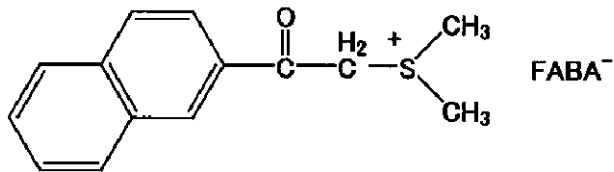
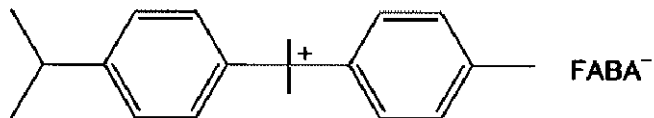
40

【0319】

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、下記化17で表されるテトラキス（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。

【0320】

【化 1 7】



【0321】

このような助触媒の市販品としては、例えば、ニュージャージー州クランベリーのRhodia USA社から入手可能な「RHODORSIL（登録商標、以下同様である。）

PHOTOINITIATOR 2074（CAS番号第178233-72-2番）」、日本国東京の東洋インキ製造株式会社から入手可能な「TAG-372R（ジメチル（2-（2-ナフチル）-2-オキシエチル）スルフォニウムテトラキス（ペンタフルオロフェニル）ボレート：CAS番号第193957-54-9番））、日本国東京のみどり化学株式会社から入手可能な「MPI-103（CAS番号第87709-41-9番）」、日本国東京の東洋インキ製造株式会社から入手可能な「TAG-371（CAS番号第193957-53-8番）」、日本国東京の東洋合成工業株式会社から入手可能な「TTBPS-TPFPB（トリス（4-tert-ブチルフェニル）スルフォニウムテトラキス（ペンタペンタフルオロフェニル）ボレート）」、日本国東京のみどり化学工業株式会社より入手可能な「NAI-105（CAS番号第85342-62-7番）」等が挙げられる。

【0322】

なお、助触媒（第1の物質）として、RHODORSIL PHOTOINITIATOR 2074を用いる場合、後述する活性放射線（化学線）としては、紫外線（UV光）が好適に用いられ、紫外線の照射手段としては、水銀灯（高圧水銀ランプ）が好適に用いられる。これにより、層910に対して、300nm未満の十分なエネルギーの紫外線

10

20

30

40

50

(活性放射線)を供給することができ、RHODORSIL PHOTOINITIATOR 2074を効率よく分解して、上記のカチオンおよびWCAを発生させることができる。

【0323】

また、コア層形成用材料(ワニス)900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。

【0324】

増感剤は、活性放射線に対する助触媒の感度を増大して、助触媒の活性化(反応または分解)に要する時間やエネルギーを減少させる機能や、助触媒の活性化に適する波長に活性放射線の波長を変化させる機能を有するものである。

10

【0325】

このような増感剤としては、助触媒の感度や増感剤の吸収のピーク波長等に応じて適宜選択され、特に限定されないが、例えば、9,10-ジブトキシアントラセン(CAS番号第76275-14-4番)のようなアントラセン類、キサントン類、アントラキノ類、フェナントレン類、クリセン類、ベンツピレン類、フルオラセン類(fluoranthenes)、ルブレン類、ピレン類、インダンスリール類、チオキサンテン-9-オン類(thioxanthene-9-ones)等が挙げられ、これらを単独または混合物として用いられる。

【0326】

増感剤の具体例としては、2-イソプロピル-9H-チオキサンテン-9-オン、4-イソプロピル-9H-チオキサンテン-9-オン、1-クロロ-4-プロポキシチオキサントン、フェノチアジン(phenothiazine)またはこれらの混合物が挙げられる。

20

【0327】

なお、9,10-ジブトキシアントラセン(DBA)は、日本国神奈川県の川崎化成工業株式会社から入手が可能である。

【0328】

コア層形成用材料900中の増感剤の含有量は、特に限定されないが、0.01重量%以上であるのが好ましく、0.5重量%以上であるのがより好ましく、1重量%以上であるのがさらに好ましい。なお、上限値は、5重量%以下であるのが好ましい。

30

【0329】

さらに、コア層形成用材料900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915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93(光導波路9)の特性の向上を図ることができる。

【0330】

この酸化防止剤としては、ニューヨーク州タリータウンのCiba Specialty Chemicals社から入手可能なCiba(登録商標、以下同様である。)IRGANOX(登録商標、以下同様である。)1076およびCiba IRGAFO S(登録商標、以下同様である。)168が好適に用いられる。

40

【0331】

また、他の酸化防止剤としては、例えば、Ciba Irganox(登録商標、以下同様である。)129、Ciba Irganox 1330、Ciba Irganox 1010、Ciba Cyanox(登録商標、以下同様である。)1790、Ciba Irganox(登録商標)3114、Ciba Irganox 3125等を用いることもできる。

【0332】

なお、このような酸化防止剤は、例えば、層910が酸化条件に曝されない場合や、曝される期間が極めて短い場合等には、省略することもできる。

【0333】

50

コア層形成用材料（ワニス）900の調製に用いる溶媒としては、例えば、ジエチルエーテル、ジイソプロピルエーテル、1, 2-ジメトキシエタン（DME）、1, 4-ジオキサン、テトラヒドロフラン（THF）、テトラヒドロピラン（THP）、アニソール、ジエチレングリコールジメチルエーテル（ジグリム）、ジエチレングリコールエチルエーテル（カルビトール）等のエーテル系溶媒、メチルセロソルブ、エチルセロソルブ、フェニルセロソルブ等のセロソルブ系溶媒、ヘキサン、ペンタン、ヘプタン、シクロヘキサン等の脂肪族炭化水素系溶媒、トルエン、キシレン、ベンゼン、メシチレン等の芳香族炭化水素系溶媒、ピリジン、ピラジン、フラン、ピロール、チオフェン、メチルピロリドン等の芳香族複素環化合物系溶媒、N, N-ジメチルホルムアミド（DMF）、N, N-ジメチルアセトアミド（DMA）等のアミド系溶媒、ジクロロメタン、クロロホルム、1, 2-ジクロロエタン等のハロゲン化合物系溶媒、酢酸エチル、酢酸メチル、ギ酸エチル等のエステル系溶媒、ジメチルスルホキシド（DMSO）、スルホラン等の硫黄化合物系溶媒等の各種有機溶媒、または、これらを含む混合溶媒等が挙げられる。

10

【0334】

さて、支持基板951上に形成された液状被膜中から溶媒を除去（脱溶媒）する方法としては、例えば、自然乾燥、加熱、減圧下での放置、不活性ガスの吹付け（ブロー）などによる強制乾燥等の方法が挙げられる。

【0335】

以上のようにして、支持基板951上には、コア層形成用材料900のフィルム状の固化物（または硬化物）である層910が形成される。

20

【0336】

このとき、層（PITDMの乾燥フィルム）910は、第1の屈折率（RI）を有している。この第1の屈折率は、層910中に一様に分散（分布）するポリマー915およびモノマーの作用による。

【0337】

[2A] 次に、開口（窓）9351が形成されたマスク（マスキング）935を用意し、このマスク935を介して、層910に対して活性放射線930を照射する（図12-B参照）。

【0338】

以下では、モノマーとして、ポリマー915より低い屈折率を有するものを用い、また、触媒前駆体として、活性放射線930の照射に伴って活性化温度が低下するものを用いる場合を一例に説明する。

30

【0339】

すなわち、ここで示す例では、活性放射線930の照射領域925がクラッド部95となる。

【0340】

したがって、ここで示す例では、マスク935には、形成すべきクラッド部95のパターンと等価な開口（窓）9351が形成される。この開口9351は、照射する活性放射線930が透過する透過部を形成するものである。

【0341】

マスク935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910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。

40

【0342】

マスク935として好ましいものの例としては、石英ガラスやPET基材等で作製されたフォトマスク、ステンシルマスク、気相成膜法（蒸着、スパッタリング等）により形成された金属薄膜等が挙げられるが、これらの中でもフォトマスクやステンシルマスクを用いるのが特に好ましい。微細なパターンを精度良く形成することできるとともに、ハンドリングがし易く、生産性の向上に有利であるからである。

【0343】

また、図12-Bにおいては、形成すべきクラッド部95のパターンと等価な開口（窓

50

） 9351 は、活性放射線 930 の未照射領域 940 のパターンに沿ってマスクを部分的に除去したものを示したが、前記石英ガラスや P E T 基材等で作製されたフォトマスクを用いる場合、該フォトマスク上に例えばクロム等の金属による遮蔽材で構成された活性放射線 930 の遮蔽部を設けたものを用いることもできる。このマスクでは、遮蔽部以外の部分が前記窓（透過部）となる。

【0344】

用いる活性放射線 930 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、レーザー光の他、電子線や X 線等を用いることもできる。

【0345】

10

これらの中でも、活性放射線 930 は、助触媒の種類、増感剤を含有する場合には、増感剤の種類等によって適宜選択され、特に限定されないが、波長 200～450 nm の範囲にピーク波長を有するものであるのが好ましい。これにより、助触媒を比較的容易に活性化させることができる。

【0346】

また、活性放射線 930 の照射量は、0.1～9 J/cm² 程度であるのが好ましく、0.2～6 J/cm² 程度であるのがより好ましく、0.2～3 J/cm² 程度であるのがさらに好ましい。これにより、助触媒を確実に活性化させることができる。

【0347】

前記マスク 935 の構成材料としては、照射する活性放射線 930 により適宜選定される。具体的には、マスク 935 の構成材料としては、活性放射線 930 を遮光し得る材料とされる。このような特性を有するものであれば、マスク 935 の材料自体は、公知のいずれのものも使用することができる。

20

【0348】

マスク 935 を介して、活性放射線 930 を層 910 に照射すると、活性放射線 930 が照射された照射領域 925 内に存在する助触媒（第 1 の物質：コカタリスト）は、活性放射線 930 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。

【0349】

そして、これらのカチオンや弱配位アニオンは、照射領域 925 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。

30

【0350】

ここで、活性潜在状態（または潜在的活性状態）の触媒前駆体とは、本来の活性化温度より活性化温度が低下しているが、温度上昇がないと、すなわち、室温程度では、照射領域 925 内においてモノマーの反応を生じさせることができない状態にある触媒前駆体のことを言う。

【0351】

したがって、活性放射線 930 照射後においても、例えば -40℃ 程度で、層 910 を保管すれば、モノマーの反応を生じさせることなく、その状態を維持することができる。このため、活性放射線 930 照射後の層 910 を複数用意しておき、これらに一括して加熱処理を施すことにより、コア層 93 を得ることができ、利便性が高い。

40

【0352】

なお、活性放射線 930 として、レーザー光のように指向性の高い光を用いる場合には、マスク 935 の使用を省略してもよい。

【0353】

[3A] 次に、層 910 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 925 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。

【0354】

50

そして、モノマーの反応が進行すると、照射領域 9 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 9 2 5 と未照射領域 9 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 9 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 9 2 5 に集まってくる。

【0 3 5 5】

その結果、照射領域 9 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。

【0 3 5 6】

10

一方、未照射領域 9 4 0 では、当該領域から照射領域 9 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 9 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 3 5 7】

このようにして、照射領域 9 2 5 と未照射領域 9 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 9 4（未照射領域 9 4 0）とクラッド部 9 5（照射領域 9 2 5）とが形成される（図 1 2 - C 参照）。

【0 3 5 8】

この加熱処理における加熱温度は、特に限定されないが、30～80℃程度であるのが好ましく、40～60℃程度であるのがより好ましい。

20

【0 3 5 9】

また、加熱時間は、照射領域 9 2 5 内におけるモノマーの反応がほぼ完了するように設定するのが好ましく、具体的には、0.1～2時間程度であるのが好ましく、0.1～1時間程度であるのがより好ましい。

【0 3 6 0】

ここで、コア部 9 4 は、その横断面形状が、図示のように、正方形または矩形（長方形）のような四角形に形成されるが、その幅および高さは、それぞれ、好ましくは 1～200 μm 程度、より好ましくは 5～100 μm 程度、さらに好ましくは 10～60 μm 程度とされる。

【0 3 6 1】

30

[4A] 次に、層 9 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 9 4 0 および／または照射領域 9 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 9 2 5、9 4 0 に残存するモノマーを反応させる。

【0 3 6 2】

このように、各領域 9 2 5、9 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 9 4 およびクラッド部 9 5 の安定化を図ることができる。

【0 3 6 3】

この第 2 の加熱処理における加熱温度は、触媒前駆体または助触媒を活性化し得る温度であればよく、特に限定されないが、70～100℃程度であるのが好ましく、80～90℃程度であるのがより好ましい。

40

【0 3 6 4】

また、加熱時間は、0.5～2時間程度であるのが好ましく、0.5～1時間程度であるのがより好ましい。

【0 3 6 5】

[5A] 次に、層 9 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 9 3 に生じる内部応力の低減や、コア部 9 4 およびクラッド部 9 5 の更なる安定化を図ることができる。

【0 3 6 6】

この第 3 の加熱処理における加熱温度は、第 2 の加熱処理における加熱温度より 20℃

50

以上高く設定するのが好ましく、具体的には、90～180℃程度であるのが好ましく、120～160℃程度であるのがより好ましい。

【0367】

また、加熱時間は、0.5～2時間程度であるのが好ましく、0.5～1時間程度であるのがより好ましい。

以上の工程を経て、コア層93が得られる。

【0368】

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94とクラッド部95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[5A]や前記工程[4A]を省略してもよい。

【0369】

[6A] 次に、支持基板952上に、クラッド層91(92)を形成する(図12-D参照)。

【0370】

クラッド層91(92)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。

【0371】

クラッド層91(92)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。

支持基板952には、支持基板951と同様のものを用いることができる。

【0372】

クラッド層91(92)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、エポキシ樹脂、ポリアミド、ポリイミド、ポリベンゾオキサゾール、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(ポリマーアロイ、ポリマーブレンド(混合物)、共重合体、複合体(積層体)など)用いることができる。

【0373】

これらのうち、特に耐熱性に優れるという点で、エポキシ樹脂、ポリイミド、ポリベンゾオキサゾール、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、またはそれらを含むもの(主とするもの)を用いるのが好ましく、特に、ノルボルネン系樹脂(ノルボルネン系ポリマー)を主とするものが好ましい。

【0374】

ノルボルネン系ポリマーは、耐熱性に優れるため、これをクラッド層91(92)の構成材料として使用する光導波路9では、光導波路9に導体層を形成する際、導体層を加工して配線を形成する際、光学素子を実装する等に加熱されたとしても、クラッド層91(92)が軟化して、変形するのを防止することができる。

【0375】

また、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クラッド層91(92)を得ることができる。

【0376】

また、ノルボルネン系ポリマーまたはその原料であるノルボルネン系モノマーは、比較的安価であり、入手が容易であることから好ましい。

【0377】

さらに、クラッド層91(92)の材料として、ノルボルネン系ポリマーを主とするものを用いると、曲げ等の変形に対する耐性に優れ、繰り返し湾曲変形した場合でも、クラッド層91、92とコア層93との層間剥離が生じ難く、クラッド層91、93の内部にマイクロクラックが発生することも防止される。しかも、コア層93の構成材料として好

10

20

30

40

50

適に用いられる材料と同種となるため、コア層 9 3 との密着性がさらに高いものとなり、クラッド層 9 1 (9 2) とコア層 9 3 との間での層間剥離を防止することができる。このようなことから、光導波路 9 の光伝送性能が維持され、耐久性に優れた光導波路 9 が得られる。

【0378】

このようなノルボルネン系ポリマーとしては、例えば、(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のような付加重合体、(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 -オレフィン類との開環共重合体、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との開環共重合体、および必要に応じて該(共)重合体を水素添加したポリマーのような開環重合体が挙げられる。これらの重合体としては、ランダム共重合体、ブロック共重合体、交互共重合体等が挙げられる。

10

【0379】

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。

20

【0380】

これらの中でも、ノルボルネン系ポリマーとしては、付加(共)重合体が好ましい。このものは、透明性、耐熱性および可撓性に富むことから好ましい。

【0381】

特に、ノルボルネン系ポリマーは、重合性基を含む置換基を有するノルボルネンの繰り返し単位や、アリール基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。

【0382】

重合性基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ことにより、クラッド層 9 1 (9 2) において、ノルボルネン系ポリマーの少なくとも一部のものの重合性基同士を、直接または架橋剤を介して架橋させることができる。また、重合性基の種類、架橋剤の種類、コア層 9 3 に用いるポリマーの種類等によっては、このノルボルネン系ポリマーとコア層 9 3 に用いるポリマーとを架橋させることもできる。換言すれば、かかるノルボルネン系ポリマーは、その少なくとも一部のものが重合性基において架橋しているのが好ましい。

30

【0383】

その結果、クラッド層 9 1 (9 2) 自体の強度や、クラッド層 9 1 (9 2) とコア層 9 3 との密着性の更なる向上を図ることができる。

【0384】

このような重合性基を含むノルボルネンの繰り返し単位としては、エポキシ基を含む置換基を有するノルボルネンの繰り返し単位、(メタ)アクリル基を含む置換基を有するノルボルネンの繰り返し単位、および、アルコキシシリル基を含む置換基を有するノルボルネンの繰り返し単位がのうちの少なくとも1種が好適である。これらの重合性基は、各種重合性基の中でも、反応性が高いことから好ましい。

40

【0385】

また、このような重合性基を含むノルボルネンの繰り返し単位を、2種以上含むものを用いれば、架橋密度をさらに向上させることができ、前記効果がより顕著となる。

【0386】

一方、アリール基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ことにより

50

、アリール基は、疎水性が極めて高いため、クラッド層 9 1 (9 2) の吸水による寸法変化等をより確実に防止することができる。また、アリール基は、脂溶性（親油性）に優れ、前述したようなコア層 9 3 に用いられるポリマーとの親和性が高いため、クラッド層 9 1 (9 2) とコア層 9 3 との間での層間剥離をより確実に防止することができ、より耐久性に優れた光導波路 9 が得られる。

【 0 3 8 7 】

さらに、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。なお、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。

【 0 3 8 8 】

アルキ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は、柔軟性が高くなるため、クラッド層 9 1、9 2（光導波路 9）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。

【 0 3 8 9 】

また、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、前述したような波長領域（特に、850 nm 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。

【 0 3 9 0 】

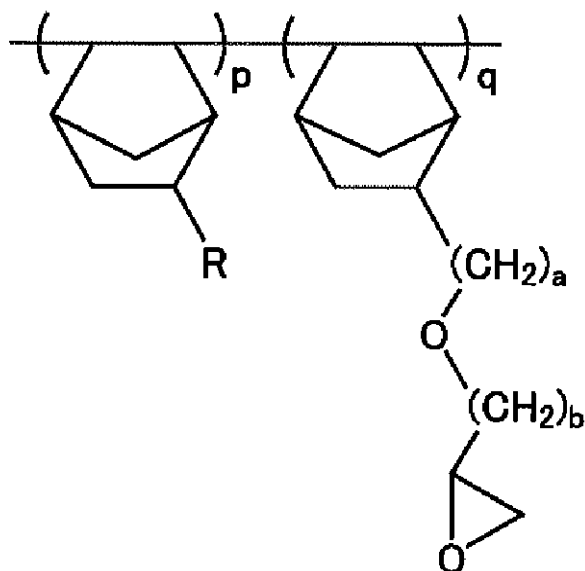
なお、クラッド層 9 1 (9 2) に用いるノルボルネン系ポリマーは、比較的屈折率の低いものが好適であるのに対して、アリール基を含む置換基を有するノルボルネンの繰り返し単位を含むと、一般に屈折率が高くなる傾向を示すが、アルキルノルボルネンの繰り返し単位を含むことにより、屈折率の上昇を防止することもできる。

【 0 3 9 1 】

このようなことから、クラッド層 9 1 (9 2) に用いるノルボルネン系ポリマーとしては、下記化 1 8 ～ 2 1 や、化 2 5 で表されるものが好適である。

【 0 3 9 2 】

【化 1 8】



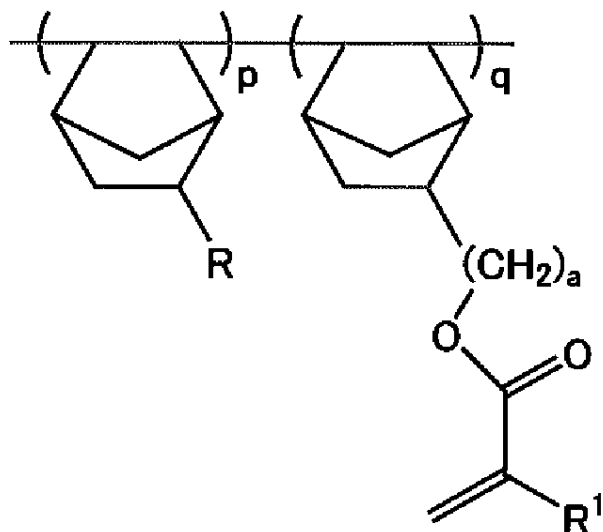
〔式中、Rは、炭素数 1 ～ 1 0 のアルキル基を表し、a は、0 ～ 3 の整数を表し、b は、1 ～ 3 の整数を表し、p / q が 2 0 以下である。〕

【 0 3 9 3 】

なお、化 1 8 で表されるノルボルネン系ポリマーの中でも、特に、R が炭素数 4 ～ 1 0 のアルキル基であり、a および b がそれぞれ 1 である化合物、例えば、ブチルボルネンとメチルグリシジルエーテルノルボルネンとのコポリマー、ヘキシルノルボルネンとメチルグリシジルエーテルノルボルネンとのコポリマー、デシルノルボルネンとメチルグリシジルエーテルノルボルネンとのコポリマー等が好ましい。

【 0 3 9 4 】

【化 1 9】



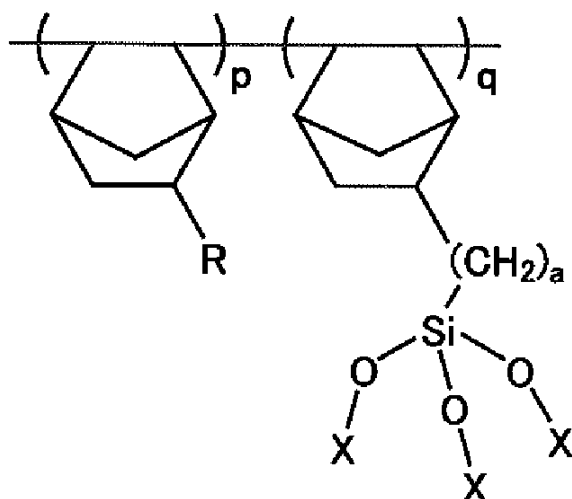
〔式中、Rは、炭素数1～10のアルキル基を表し、R¹は、水素原子またはメチル基を表し、aは、0～3の整数を表し、p/qが20以下である。〕

【0395】

なお、化19で表されるノルボルネン系ポリマーの中でも、特に、Rが炭素数4～10のアルキル基であり、aが1である化合物、例えば、ブチルボルネンとアクリル酸2-（5-ノルボルネニル）メチルとのコポリマー、ヘキシルノルボルネンとアクリル酸2-（5-ノルボルネニル）メチルとのコポリマー、デシルノルボルネンとアクリル酸2-（5-ノルボルネニル）メチルとのコポリマー等が好ましい。

【0396】

【化 2 0】



〔式中、Rは、炭素数1～10のアルキル基を表し、Xは、それぞれ独立して、炭素数1～3のアルキル基を表し、aは、0～3の整数を表し、p/qが20以下である。〕

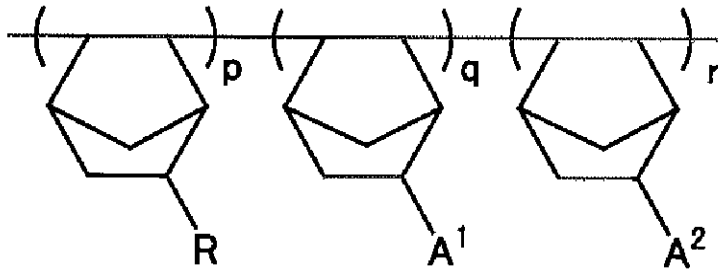
【0397】

なお、化20で表されるノルボルネン系ポリマーの中でも、特に、Rが炭素数4～10のアルキル基であり、aが1または2、Xがメチル基またはエチル基である化合物、例えば、ブチルボルネンとノルボルネニルエチルトリメトキシシランとのコポリマー、ヘキシルノルボルネンとノルボルネニルエチルトリメトキシシランとのコポリマー、デシルノルボルネンとノルボルネニルエチルトリメトキシシランとのコポリマー、ブチルボルネンとトリエトキシシリルノルボルネンとのコポリマー、ヘキシルノルボルネンとトリエトキシシリルノルボルネンとのコポリマー、デシルノルボルネンとトリエトキシシリルノルボル

ネンとのコポリマー、ブチルボルネンとトリメトキシシリルノルボルネンとのコポリマー、ヘキシルノルボルネンとトリメトキシシリルノルボルネンとのコポリマー、デシルノルボルネンとトリメトキシシリルノルボルネンとのコポリマー等が好ましい。

【0398】

【化21】

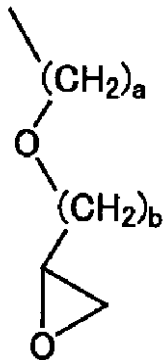


10

〔式中、Rは、炭素数1～10のアルキル基を表し、A¹およびA²は、それぞれ独立して、下記化22～24で表される置換基を表すが、同時に同一の置換基であることはない。また、p/q+rが20以下である。〕

【0399】

【化22】

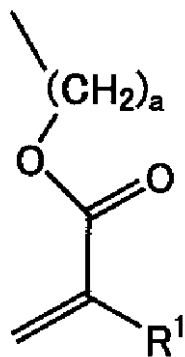


20

〔式中、aは、0～3の整数を表し、bは、1～3の整数を表す。〕

【0400】

【化23】

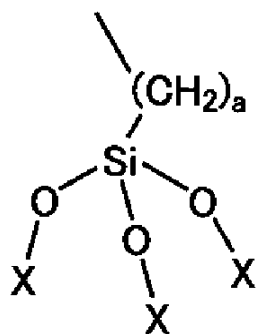


40

〔式中、R¹は、水素原子またはメチル基を表し、aは、0～3の整数を表す。〕

【0401】

【化 2 4】



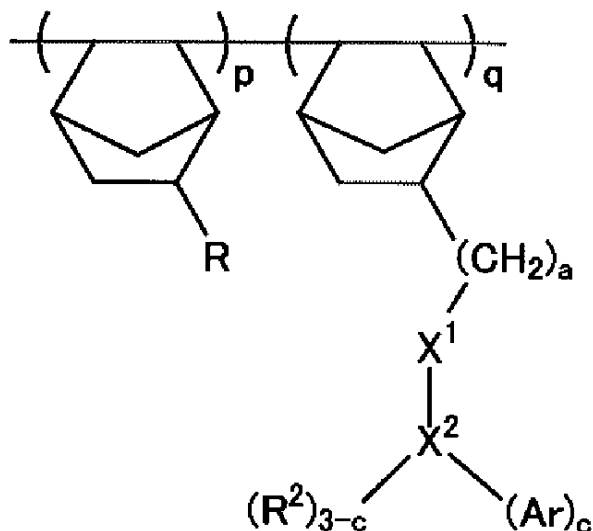
〔式中、Xは、それぞれ独立して、炭素数1～3のアルキル基を表し、aは、0～3の整数を表す。〕

【0402】

なお、化21で表されるノルボルネン系ポリマーとしては、例えば、ブチルボルネン、ヘキシルノルボルネンまたはデシルノルボルネンのいずれかと、アクリル酸2-(5-ノルボルネニル)メチルと、ノルボルネニルエチルトリメトキシシラン、トリエトキシシリルノルボルネンまたはトリメトキシシリルノルボルネンのいずれかとのターポリマー、ブチルボルネン、ヘキシルノルボルネンまたはデシルノルボルネンのいずれかと、アクリル酸2-(5-ノルボルネニル)メチルと、メチルグリシジルエーテルノルボルネンとのターポリマー、ブチルボルネン、ヘキシルノルボルネンまたはデシルノルボルネンのいずれかと、メチルグリシジルエーテルノルボルネン、ノルボルネニルエチルトリメトキシシラン、トリエトキシシリルノルボルネンまたはトリメトキシシリルノルボルネンのいずれかとのターポリマー等が挙げられる。

【0403】

【化 2 5】



〔式中、Rは、炭素数1～10のアルキル基を表し、R²は、水素原子、メチル基またはエチル基を表し、Arは、アリール基を表し、X¹は、酸素原子またはメチレン基を表し、X²は、炭素原子またはシリコン原子を表し、aは、0～3の整数を表し、cは、1～3の整数を表し、p/qが20以下である。〕

【0404】

なお、化25で表されるノルボルネン系ポリマーの中でも、特に、Rが炭素数4～10のアルキル基であり、X¹が酸素原子、X²がシリコン原子、Arがフェニル基、R²がメチル基、aが1、cが2である化合物、例えば、ブチルボルネンとジフェニルメチルノルボルネンメトキシシランとのコポリマー、ヘキシルノルボルネンとジフェニルメチルノルボルネンメトキシシランとのコポリマー、デシルノルボルネンとジフェニルメチルノル

ボルネンメトキシシランとのコポリマー等や、Rが炭素数4～10のアルキル基であり、 X^1 がメチレン基、 X^2 が炭素原子、Arがフェニル基、 R^2 が水素原子、aが0、cが1である化合物、例えば、ブチルボルネンとフェニルエチルノルボルネンとのコポリマー、ヘキシルノルボルネンとフェニルエチルノルボルネンとのコポリマー、デシルノルボルネンとフェニルエチルノルボルネンとのコポリマー等が好ましい。

【0405】

また、 p/q または $p/q+r$ は、20以下であればよいが、15以下であるのが好ましく、0.1～10程度がより好ましい。これにより、複数種のノルボルネンの繰り返し単位を含む効果が如何なく発揮される。

【0406】

以上のようなノルボルネン系ポリマーは、前述した特性に加えて、比較的低い屈折率のものであり、かかるノルボルネン系ポリマーを主材料としてクラッド層91(92)を構成することにより、光導波路9の光伝送性能をより向上させることができる。

【0407】

なお、ノルボルネン系ポリマーが、(メタ)アクリル基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場合、(メタ)アクリル基同士は、加熱により比較的容易に架橋(重合)させることができるが、クラッド層形成用材料中に、ラジカル発生剤を混合することにより、(メタ)アクリル基同士の架橋反応を促進することができる。

【0408】

ラジカル発生剤としては、例えば、2,2-ジメトキシ-1,2-ジフェニルエタン-1-オン、1,1-ビス(4-ブチルペロキシ)-3,3,5-トリメチルシクロヘキサン等が好適に用いられる。

【0409】

また、ノルボルネン系ポリマーが、エポキシ基を含む置換基を有するノルボルネンの繰り返し単位や、アルコキシシリル基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場合、これらの重合性基同士を直接架橋させるためには、クラッド層形成用材料中に、前述した助触媒と同種の物質(光酸発生剤または光塩基発生剤)を混合しておき、この物質の作用により、エポキシ基やアルコキシシリル基を架橋させればよい。

【0410】

一方、エポキシ基同士、(メタ)アクリル基同士やアルコキシシリル基同士を架橋剤を介して架橋させるためには、さらに、クラッド層形成用材料中に、架橋剤として、各重合性基に対応する重合性基を少なくとも1つを有する化合物を混合するようにすればよい。

【0411】

エポキシ基を有する架橋剤としては、例えば、3-グリシドキシプロピルトリメトキシシラン(γ -GPS)、シリコンエポキシ樹脂等が好適に用いられる。

【0412】

(メタ)アクリル基を有する架橋剤としては、例えば、3-メタクリロキシプロピルトリメトキシシラントリシクロ[5.2.1.0^{2,6}]デカンジメタノールジアクリレート、トリプロピレングリコールジアクリレート等が好適に用いられる。

【0413】

アルコキシシリル基を有する架橋剤としては、例えば、3-グリシドキシプロピルトリメトキシシラン、3-アミノプロピルトリメトキシシランのようなシランカップリング剤等が好適に用いられる。

【0414】

これらの重合性基同士の架橋反応は、本工程[6A]の最終段階で行うようにしてもよいし、次工程[7A]において光導波路9を得た後に行うようにしてもよい。

【0415】

また、クラッド層形成用材料中には、各種の添加剤を添加(混合)するようにしてもよい。

【0416】

例えば、クラッド層形成用材料中には、前記コア層形成用材料で挙げたモノマー、触媒前駆体および助触媒を混合してもよい。これにより、クラッド層 91 (92) 中において、前述したのと同様にして、モノマーを反応させて、クラッド層 91 (92) の屈折率を変化させることができる。

【0417】

特に、モノマーとしては、架橋性モノマーを含むものを用いると、クラッド層 91 (92) において、ノルボルネン系ポリマーの少なくとも一部のものを、架橋性モノマーを介して架橋させることができる。また、架橋剤の種類、コア層 93 に用いるポリマーの種類等によっては、このノルボルネン系ポリマーとコア層 93 に用いるポリマーとを架橋させることもできる。

10

【0418】

また、この場合、クラッド層 91 (92) 中において、屈折率の差を設けることが要求されないので、助触媒を省略して、加熱により容易に活性化する触媒前駆体を用いることもできる。

【0419】

かかる触媒前駆体としては、例えば、 $[Pd(PCy_3)_2(O_2CCH_3)(NCCH_3)]$ テトラキス(ペンタフルオロフェニル)ボレート、 $[2-methylallyl Pd(PCy_3)_2]$ テトラキス(ペンタフルオロフェニル)ボレート、 $[Pd(PCy_3)_2H(NCCH_3)]$ テトラキス(ペンタフルオロフェニル)ボレート、 $[Pd(P(iPr)_3)_2(OCOCH_3)(NCCH_3)]$ テトラキス(ペンタフルオロフェニル)ボレート等が挙げられる。

20

【0420】

その他の添加剤としては、前述したような酸化防止剤が挙げられる。酸化防止剤を混合することにより、クラッド材(ノルボルネン系ポリマー)の酸化による劣化を防止することができる。

【0421】

以上のようにして、支持基板 952 上に、クラッド層 91 (92) が形成される。

クラッド層 91、92 の平均厚さは、コア層 93 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 91、92 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 9 が不要に大型化(圧膜化)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。

30

【0422】

[7A] 次に、支持基板 951 からコア層 93 を剥離し、このコア層 93 を、クラッド層 91 が形成された支持基板 952 と、クラッド層 92 が形成された支持基板 952 とで挟持する(図 12-E 参照)。

【0423】

そして、図 12-E 中の矢印で示すように、クラッド層 92 が形成された支持基板 952 の上面側から加圧し、クラッド層 91、92 とコア層 93 とを圧着する。

40

これにより、クラッド層 91、92 とコア層 93 とが接合、一体化される。

【0424】

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 91、92 やコア層 93 の構成材料等により適宜決定されるが、通常は、80~200 $^{\circ}C$ 程度が好ましく、120~180 $^{\circ}C$ 程度がより好ましい。

【0425】

次いで、クラッド層 91、92 から、それぞれ、支持基板 952 を剥離、除去する。これにより、光導波路 9 が得られる。

【0426】

このような光導波路 9 の好ましい例では、コア層 93 において、コア部 94 が第 1 のノ

50

ルボルネン系材料を主材料として構成され、クラッド部 9 5 が第 1 のルボルネン系材料より低い屈折率を有する第 2 のルボルネン系材料を主材料として構成され、クラッド層 9 1、9 2 が、それぞれ、第 1 のルボルネン系材料（コア層 9 3 のコア部 9 4）より屈折率が低いルボルネン系ポリマーを主材料として構成される。

【0427】

そして、第 1 のルボルネン系材料と前記第 2 のルボルネン系材料とは、いずれも、同一のルボルネン系ポリマーを含有するが、このルボルネン系ポリマーと異なる屈折率を有するルボルネン系モノマーの反応物の含有量が異なることにより、互いに屈折率が異なっている。

【0428】

ルボルネン系ポリマーは、透明性が高いため、かかる構成の光導波路 9 では、高い光伝送性能が得られる。

【0429】

また、このような構成により、コア部 9 4 とクラッド部 9 5 との間の高い密着性のみならず、コア層 9 3 とクラッド層 9 1 およびクラッド層 9 2 との間の高い密着性が得られ、光導波路 9 に曲げ等の変形が生じた場合でも、コア部 9 4 とクラッド部 9 5 との剥離や、コア層 9 3 とクラッド層 9 1、9 2 との層間剥離が生じ難く、コア部 9 4 内やクラッド部 9 5 内にマイクロクラックが発生することも防止される。その結果、光導波路 9 の光伝送性能が維持される。

【0430】

さらに、ルボルネン系ポリマーは、高い耐熱性、高い疎水性を有するため、かかる構成の光導波路 9 では、耐久性に優れたものとなる。

【0431】

また、光導波路 9 に高い耐熱性や高い疎水性を付与することができるため、その特性の低下（劣化）を防止しつつ、前述したような各種の方法を採用して導体層を確実に形成することができる。特に、光の伝送に重要なコア部 9 4 と重なるように、導体層を形成した場合でも、コア部 9 4 の変質・劣化を防止することができる。

【0432】

また、以上のような製造方法によれば、簡単な処理で、しかも短時間に、所望の形状を有し、かつ、寸法精度の高いコア部 9 4 を有する光導波路 9 を得ることができる。

【0433】

＜第 2 の製造方法＞

次に、光導波路 9 の第 2 の製造方法について説明する。

【0434】

以下、第 2 の製造方法について説明するが、前記第 1 の製造方法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。

【0435】

第 2 の製造方法では、コア層形成用材料 9 0 0 の組成が異なり、それ以外は、前記第 1 の製造方法と同様である。

【0436】

すなわち、第 2 の製造方法で用いられるコア層形成用材料 9 0 0 は、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 9 1 5 とを含有している。

離脱剤には、前記第 1 の製造方法で挙げた助触媒と同様のものを用いることができる。

【0437】

第 2 の製造方法において用いられるポリマー 9 1 5 としては、前記第 1 の製造方法で挙げたポリマー 9 1 5 が有する置換基を離脱性基で置換したものや、前記第 1 の製造方法で挙げたポリマー 9 1 5 に離脱性基を導入したもの等が挙げられる。

【0438】

かかるポリマー 915 は、離脱性基の離脱（切断）により、その屈折率が変化（上昇または低下）する。

【0439】

離脱性基は、カチオン、アニオンまたはフリーラジカルの作用により離脱するもの、すなわち、酸（カチオン）脱離性基、塩基（アニオン）脱離性基、フリーラジカル脱離性基のいずれであってもよいが、好ましくはカチオン（プロトン）の作用により離脱するもの（酸基離脱性基）である。

【0440】

酸離脱性基としては、その分子構造中に、 $-O-$ 構造、 $-Si-$ アリール構造および $O-Si-$ 構造のうちの少なくとも1つを有するものが好ましい。かかる酸離脱性基は、カチオンの作用により比較的容易に離脱する。

10

【0441】

このうち、離脱によりポリマー 915 の屈折率に低下を生じさせる酸離脱性基としては、 $-Si-$ ジフェニル構造および $O-Si-$ ジフェニル構造の少なくとも一方が好ましい。

【0442】

なお、フリーラジカルの作用により離脱するフリーラジカル脱離性基としては、例えば、末端にアセトフェノン構造を有する置換基等が挙げられる。

【0443】

また、ポリマー 915 は、前記第1の製造方法で説明したのと同様の理由から、ノルボルネン系ポリマーを用いるのが好ましく、アルキル（特にヘキシル）ノルボルネンの繰返し単位を含むノルボルネン系ポリマーを用いるのがより好ましい。

20

【0444】

以上のことを考慮した場合、離脱性基の離脱により屈折率が低下するポリマー 915 としては、ジフェニルメチルノルボルネンメトキシシランのホモポリマーや、ヘキシルノルボルネンとジフェニルメチルノルボルネンメトキシシランとのコポリマーが好適に用いられる。

【0445】

以下では、ポリマー 915 として、離脱性基（特に酸離脱性基）の離脱により屈折率が低下するものを用いる場合を一例に説明する。

30

【0446】

すなわち、ここで示す例では、活性放射線 930 の照射領域 925 がクラッド部 95 となる。

【0447】

[1B] 前記工程 [1A] と同様の工程を行う。

このとき、層（PITDMの乾燥フィルム）910 は、第1の屈折率（RI）を有している。この第1の屈折率は、層 910 中に一様に分散（分布）するポリマー 915 の作用による。

【0448】

[2B] 前記工程 [2A] と同様の工程を行う。

40

マスク 935 を介して、活性放射線 930 を層 910 に照射すると、活性放射線 930 が照射された照射領域 925 内に存在する離脱剤は、活性放射線 930 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（WCA）とを遊離（発生）する。

【0449】

そして、カチオンは、離脱性基そのものを主鎖から離脱させるか、または、離脱性基の分子構造の途中から切断する（フォトリーチ）。

【0450】

これにより、照射領域 925 では、未照射領域 940 よりも完全な状態の離脱性基の数が減少し、第1の屈折率より低い第2の屈折率へと低下する。なお、このとき、未照射領

50

域 940 の屈折率は、第 1 の屈折率が維持される。

【0451】

このようにして、照射領域 925 と未照射領域 940 との間に屈折率差（第 2 の屈折率 < 第 1 の屈折率）が生じて、コア部 94（未照射領域 940）とクラッド部 95（照射領域 925）とが形成される。

【0452】

なお、この場合、活性放射線 930 の照射量は、 $0.1 \sim 9 \text{ J/cm}^2$ 程度であるのが好ましく、 $0.3 \sim 6 \text{ J/cm}^2$ 程度であるのがより好ましく、 $0.6 \sim 6 \text{ J/cm}^2$ 程度であるのがさらに好ましい。これにより、離脱剤を確実に活性化させることができる。

【0453】

[3B] 次に、層 910 に対して加熱処理を施す。

これにより、ポリマー 915 から離脱（切断）された離脱性基が、例えば、照射領域 925 から除去されたり、ポリマー 915 内において再配列または架橋する。

【0454】

さらに、このとき、クラッド部 95（照射領域 925）に残存する離脱性基の一部がさらに離脱（切断）すると考えられる。

【0455】

したがって、このような加熱処理を施すことにより、コア部 94 とクラッド部 95 との間の屈折率差をより大きくすることができる。

【0456】

この加熱処理における加熱温度は、特に限定されないが、 $70 \sim 195^\circ\text{C}$ 程度であるのが好ましく、 $85 \sim 150^\circ\text{C}$ 程度であるのがより好ましい。

【0457】

また、加熱時間は、照射領域 925 から離脱（切断）された離脱性基を十分に除去し得るに設定され、特に限定されないが、 $0.5 \sim 3$ 時間程度であるのが好ましく、 $0.5 \sim 2$ 時間程度であるのがより好ましい。

【0458】

なお、例えば、加熱処理を施す前の状態で、コア部 94 とクラッド部 95 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 [3B] を省略してもよい。

【0459】

また、必要に応じて、1 回または複数回の加熱処理（例えば、 $150 \sim 200^\circ\text{C} \times 1 \sim 8$ 時間程度）の工程を追加することもできる。

以上の工程を経て、コア層 93 が得られる。

【0460】

[4B] 前記工程 [6A] と同様の工程を行う。

[5B] 前記工程 [7A] と同様の工程を行う。

【0461】

以上のようにして、光導波路 9 が完成する。

このような光導波路 9 の好ましい例では、コア層 93 がノルボルネン系材料を主材料として構成され、クラッド層 91、92 が、それぞれ、コア層 93 のコア部 94 より屈折率が低いノルボルネン系ポリマーを主材料として構成される。

【0462】

そして、コア部 94 とクラッド部 95 とは、主鎖と主鎖から分岐し、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とを有するノルボルネン系ポリマーを主材料として構成され、コア部 94 とクラッド部 95 とは、主鎖に結合した状態の離脱性基の数が異なることにより、それらの屈折率が異なっている。

【0463】

ノルボルネン系ポリマーは、透明性が高いため、かかる構成の光導波路 9 では、高い光伝送性能が得られる。

【0464】

10

20

30

40

50

また、このような構成により、コア部 9 4 とクラッド部 9 5 との間の高い密着性のみならず、コア層 9 3 とクラッド層 9 1 およびクラッド層 9 2 との間の高い密着性が得られ、光導波路 9 に曲げ等の変形が生じた場合でも、コア部 9 4 とクラッド部 9 5 との剥離や、コア層 9 3 とクラッド層 9 1、9 2 との層間剥離が生じ難く、コア部 9 4 内やクラッド部 9 5 内にマイクロクラックが発生することも防止される。その結果、光導波路 9 の光伝送性能が維持される。

【0465】

さらに、ノルボルネン系ポリマーは、高い耐熱性、高い疎水性を有するため、かかる構成の光導波路 9 では、耐久性に優れたものとなる。

【0466】

また、光導波路 9 に高い耐熱性や高い疎水性を付与することができるため、その特性の低下（劣化）を防止しつつ、前述したような各種の方法を採用して導体層を確実に形成することができる。特に、光の伝送に重要なコア部 9 4 と重なるように、導体層を形成した場合でも、コア部 9 4 の変質・劣化を防止することができる。

【0467】

また、以上のような製造方法によれば、簡単な処理で、しかも短時間に、所望の形状を有し、かつ、寸法精度の高いコア部 9 4 を有する光導波路 9 を得ることができる。

【0468】

特に、第 2 の製造方法によれば、少なくとも活性放射線をすればよく、極めて簡単な処理で、コア層 9 3 を形成することができる。

【0469】

＜第 3 の製造方法＞

次に、光導波路 9 の第 3 の製造方法について説明する。

【0470】

以下、第 3 の製造方法について説明するが、前記第 1 および第 2 の製造方法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。

【0471】

第 3 の製造方法では、コア層形成用材料 9 0 0 として、第 1 および第 2 の製造方法で用いたコア層形成用材料を組み合わせたものを用い、それ以外は、前記第 1 または第 2 の製造方法と同様である。

【0472】

すなわち、第 3 の製造方法で用いられるコア層形成用材料 9 0 0 は、前述したような離脱性基を有するポリマー 9 1 5 と、モノマーと、助触媒（第 1 の物質）と、触媒前駆体（第 2 の物質）とを含有している。また、助触媒は、前記第 2 の製造方法における離脱剤と同じものであり、離脱剤を離脱させる機能も有する。

【0473】

このようなコア層形成用材料 9 0 0 では、選択する離脱性基と、選択するモノマーとの組み合わせにより、得られるコア層 9 3 において、コア部 9 4 とクラッド部 9 5 との間の屈折率差をより多段階に調整することが可能となる。

【0474】

なお、前述したように、モノマーとして、ポリマー 9 1 5 より低い屈折率を有するものを用い、また、触媒前駆体として、活性放射線 9 3 0 の照射に伴って活性化温度が低下するものを用い、ポリマー 9 1 5 として、離脱性基の離脱により屈折率が低下するものを用いると、照射領域 9 2 5 をクラッド部 9 5 とし、コア部 9 4 との屈折率差が極めて大きいコア層 9 3 を得ることができる。

【0475】

以下では、このような組み合わせのポリマー 9 1 5、モノマーおよび触媒前駆体を用いる場合を一例に説明する。

【0476】

すなわち、ここで示す例では、活性放射線 9 3 0 の照射領域 9 2 5 がクラッド部 9 5 と

10

20

30

40

50

なる。

【0477】

〔1C〕 前記工程〔1A〕と同様の工程を行う。

このとき、層（PITDMの乾燥フィルム）910は、第1の屈折率（RI）を有している。この第1の屈折率は、層910中に一様に分散（分布）するポリマー915およびモノマーの作用による。

【0478】

〔2C〕 前記工程〔2A〕と同様の工程を行う。

マスク935を介して、活性放射線930を層910に照射すると、活性放射線930が照射された照射領域925内に存在する助触媒（第1の物質：コカタリスト）は、活性放射線930の作用により反応または分解して、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（WCA）とを遊離（発生）する。

10

【0479】

そして、これらのカチオンや弱配位アニオンは、照射領域925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。

【0480】

また、カチオンは、離脱性基そのものを主鎖から離脱させるか、または、離脱性基の分子構造の途中から切断する。

【0481】

20

これにより、照射領域925では、未照射領域940よりも完全な状態の離脱性基の数が減少し、屈折率が低下して第1の屈折率より低くなる。なお、このとき、未照射領域940の屈折率は、第1の屈折率が維持される。

【0482】

なお、この場合、活性放射線930の照射量は、 $0.1 \sim 9 \text{ J/cm}^2$ 程度であるのが好ましく、 $0.2 \sim 5 \text{ J/cm}^2$ 程度であるのがより好ましく、 $0.2 \sim 4 \text{ J/cm}^2$ 程度であるのがさらに好ましい。これにより、助触媒を確実に活性化させることができる。

【0483】

〔3C〕 前記工程〔3A〕と同様の工程を行う。

これにより、照射領域925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。

30

【0484】

そして、モノマーの反応が進行すると、照射領域925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925と未照射領域940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940からモノマーが拡散して照射領域925に集まってくる。

【0485】

また、この加熱処理により、ポリマー915から離脱（切断）された離脱性基が、例えば、照射領域925から除去されたり、ポリマー915内において再配列または架橋する。

40

【0486】

その結果、照射領域925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ること、ポリマー915から離脱（切断）された離脱性基が減少すること等により、さらに屈折率が低下して第2の屈折率となる。

【0487】

一方、未照射領域940では、当該領域から照射領域925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915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。

【0488】

50

このようにして、照射領域 9 2 5 と未照射領域 9 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 9 4（未照射領域 9 4 0）とクラッド部 9 5（照射領域 9 2 5）とが形成される。

【0 4 8 9】

〔4 C〕 前記工程〔4 A〕と同様の工程を行う。

〔5 C〕 前記工程〔5 A〕と同様の工程を行う。

〔6 C〕 前記工程〔6 A〕と同様の工程を行う。

〔7 C〕 前記工程〔7 A〕と同様の工程を行う。

【0 4 9 0】

以上のようにして、光導波路 9 が完成する。

10

このような光導波路 9 の好ましい例では、コア層 9 3 は、主鎖とこの主鎖から分岐し、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とを有するノルボルネン系ポリマーを含有しており、コア部 9 4 とクラッド部 9 5 とは、主鎖に結合した状態の離脱性基の数が異なること、および、ノルボルネン系ポリマーと異なる屈折率を有するノルボルネン系モノマーの反応物の含有量が異なることにより、それらの屈折率が異なっており、また、クラッド層 9 1、9 2 が、それぞれ、コア層 9 3 のコア部 9 4 より屈折率が低いノルボルネン系ポリマーを主材料として構成される。

【0 4 9 1】

ノルボルネン系ポリマーは、透明性が高いため、かかる構成の光導波路 9 では、高い光伝送性能が得られる。

20

【0 4 9 2】

また、このような構成により、コア部 9 4 とクラッド部 9 5 との間の高い密着性のみならず、コア層 9 3 とクラッド層 9 1 およびクラッド層 9 2 との間の高い密着性が得られ、光導波路 9 に曲げ等の変形が生じた場合でも、コア部 9 4 とクラッド部 9 5 との剥離や、コア層 9 3 とクラッド層 9 1、9 2 との層間剥離が生じ難く、コア部 9 4 内やクラッド部 9 5 内にマイクロクラックが発生することも防止される。その結果、光導波路 9 の光伝送性能が維持される。

【0 4 9 3】

さらに、ノルボルネン系ポリマーは、高い耐熱性、高い疎水性を有するため、かかる構成の光導波路 9 では、耐久性に優れたものとなる。

30

【0 4 9 4】

また、光導波路 9 に高い耐熱性や高い疎水性を付与することができるため、その特性の低下（劣化）を防止しつつ、前述したような各種の方法を採用して導体層を確実に形成することができる。特に、光の伝送に重要なコア部 9 4 と重なるように、導体層を形成した場合でも、コア部 9 4 の変質・劣化を防止することができる。

【0 4 9 5】

また、以上のような製造方法によれば、簡単な処理で、しかも短時間に、所望の形状を有し、かつ、寸法精度の高いコア部 9 4 を有する光導波路 9 を得ることができる。

【0 4 9 6】

特に、第 3 の製造方法によれば、コア部 9 4 とクラッド部 9 5 との間の屈折率差を多段階に設定することが可能となる。

40

【0 4 9 7】

< 第 4 の製造方法 >

次に、光導波路 9 の第 4 の製造方法について説明する。

【0 4 9 8】

図 1 3 - A ~ 図 1 3 - E は、それぞれ、光導波路の第 4 の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

【0 4 9 9】

以下、第 4 の製造方法について説明するが、前記第 1 ~ 第 3 の製造方法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。

50

【0500】

第4の製造方法では、コア層形成用材料900やクラッド層形成用材料には、前記第1～第3の製造方法で説明したのと同様のものを用いることができる。

【0501】

なお、以下では、コア層形成用材料として、前記第1の製造方法で挙げたものを用いる場合を代表に説明する。

【0502】

[1D] まず、支持基板1000上に、クラッド層形成用材料（第1のワニス）を前述したのと同様の方法を用いて塗布して、第1の層1110を形成する（図13-A参照）。

10

支持基板1000には、支持基板951と同様のものを用いることができる。

【0503】

第1の層1110の平均厚さは、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。

【0504】

[2D] 次に、第1の層1110上に、コア層形成用材料（第2のワニス）を前述したのと同様の方法を用いて塗布して、第2の層1120を形成する（図13-B参照）。

【0505】

コア層形成用材料は、第1の層1110をほぼ完全に乾燥させた後に塗布するようにしてもよいし、第1の層1110が乾燥する前に塗布するようにしてもよい。

20

【0506】

後者の場合、第1の層1110と第2の層1120とは、それらの界面において相互に混ざり合った状態となる。この場合、得られた光導波路9において、クラッド層91とコア層93との密着性の向上を図ることができる。

【0507】

また、この場合、第1のワニスおよび第2のワニスは、それぞれ、粘度（常温）が好ましくは100～10000cP程度、より好ましくは150～5000cP程度、さらに好ましくは200～3500cP程度に調製される。これにより、第1の層1110と第2の層1120とが、それらの界面において必要以上に混ざり合うのを防止することができるとともに、第1の層1110および第2の層1120の厚さが不均一となるのを防止することができる。

30

【0508】

なお、第2のワニスの粘度は、第1のワニスの粘度より高くするのが好ましい。これにより、第1の層1110と第2の層1120とが、それらの界面において必要以上に混ざり合うのを確実に防止することができる。

【0509】

第2の層1120の平均厚さは、特に限定されないが、5～200 μm 程度であるのが好ましく、15～125 μm 程度であるのがより好ましく、25～100 μm 程度であるのがさらに好ましい。

40

【0510】

[3D] 次に、第2の層1120上に、クラッド層形成用材料（第3のワニス）を前述したのと同様の方法を用いて塗布して、第3の層1130を形成する（図13-C参照）。

【0511】

第3の層1130は、前記第2の層1120と同様にして形成することができる。

第3の層1130の平均厚さは、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。

これにより、積層体2000が得られる。

50

【0512】

〔4D〕 次に、積層体2000中の溶媒を除去（脱溶媒）する。

脱溶媒の方法としては、例えば、加熱、大気圧または減圧下での放置、不活性ガス等の噴き付け（ブロー）等の方法が挙げられるが、加熱による方法が好ましい。これにより、比較的容易かつ短時間で脱溶媒が可能である。

【0513】

この加熱の温度は、25～60℃程度であるのが好ましく、30～45℃程度であるのがより好ましい。

【0514】

また、加熱の時間は、15～60分程度であるのが好ましく、15～30分程度であるのがより好ましい。

10

【0515】

〔5D〕 次に、開口（窓）9351が形成されたマスク（マスキング）935を用意し、このマスク935を介して、積層体2000に対して活性放射線930を照射する（図13-D参照）。

【0516】

マスク935を介して、活性放射線930を積層体2000に照射すると、第2の層1120の活性放射線930が照射された照射領域925内に存在する助触媒（第1の物質：コカタリスト）は、活性放射線930の作用により反応または分解して、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（WCA）とを遊離（発生）する。

20

【0517】

そして、これらのカチオンや弱配位アニオンは、照射領域925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。

【0518】

〔6D〕 次に、積層体2000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925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。

【0519】

そして、モノマーの反応が進行すると、照射領域925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925と未照射領域940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940からモノマーが拡散して照射領域925に集まってくる。

30

【0520】

その結果、照射領域925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。

【0521】

一方、未照射領域940では、当該領域から照射領域925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915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。

40

【0522】

このようにして、照射領域925と未照射領域940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94（未照射領域940）とクラッド部95（照射領域925）とが形成される（図13-E参照）。

【0523】

〔7D〕 次に、積層体2000に対して第2の加熱処理を施す。

これにより、未照射領域940および／または照射領域925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925、940に残存するモノマーを反応させる。

50

【0524】

このように、各領域925、940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94およびクラッド部95の安定化を図ることができる。

【0525】

[8D] 次に、積層体2000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93に生じる内部応力の低減や、コア部94およびクラッド部95の更なる安定化を図ることができる。

以上の工程を経て、光導波路9が得られる。

【0526】

かかる方法では、第1の加熱処理の後、積層体2000内にコア部94が目視で確認することができるようになる。

10

【0527】

また、第1のワニスおよび第3のワニスとして、第2のワニスと同様の組成、すなわち、ポリマー915、モノマー、助触媒および触媒前駆体を含有するものを用いるようにしてもよい。これにより、モノマーの反応が、第1の層1110および第3の層1130と、第2の層1120の界面、および／または、かかる界面を越えて第1の層1110および第3の層1130内で生じて、クラッド層91、92とコア層93との剥離をより確実に防止することができる。

【0528】

また、この場合、例えば、I：第1の層1110および第3の層1130のポリマー915として、第2の層1120のポリマー915の屈折率より相対的に低い屈折率(RI)のものを選択したり、II：第1の層1110および第3の層1130のモノマーとして、第2の層1120のモノマーと同じものを用いるが、第1の層1110および第3の層1130における触媒前駆体およびモノマーの比率を、第2の層1120のそれより低くなるように調節するようにしたりすればよい。

20

【0529】

これにより、活性放射線930を照射しても、クラッド層91、92内に、コア層93のコア部94より高い屈折率を有する領域が形成されるのを防止することができる。

【0530】

なお、コア層形成用材料(第2のワニス)として、離脱性基を有するポリマー915を含有するものを用いる場合、クラッド層形成用材料(第1のワニス、第3のワニス)としては、脱離性基を有しないポリマー915を用いて調製したものを用いるか、離脱性基を有するポリマー915を用いるが、離脱剤を含有しないものを用いるようにすればよい。

30

【0531】

これにより、第1の層1110および第3の層1130において、ポリマー915から離脱性基が離脱(分解)することを防止することができる。

【0532】

また、この場合、助触媒には、コア層93を形成する際には、活性化しないものを選択するようにしてもよい。例えば、第2のワニスが含有する助触媒の活性化に適した活性放射線を吸収しないか、または、活性放射線に代わって熱の作用により活性化される助触媒を選択するようにすればよい。

40

【0533】

このような助触媒としては、例えば、非吸収性光塩基発生剤(PBG)や熱塩基発生剤(TBG)等が挙げられる。

【0534】

なお、本発明において、光導波路構造体の基本構造、層構成、各部の形状、数、配置等は、図示のものに限定されないことは言うまでもない。

【0535】

また、前記各実施形態において、素子としては、発光素子10を代表例として説明したが、発光素子10に代え、受光素子11を搭載した構成であってもよい。この場合には、

50

光導波路 9 は、コア部 9 4 にて形成される導光路を受光素子 1 1 の受光部 1 1 1 へ導く構成とすることができる。もちろん、発光素子と受光素子の双方を少なくとも 1 組搭載するものでもよい。

【0 5 3 6】

以上、本発明を図示の各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。

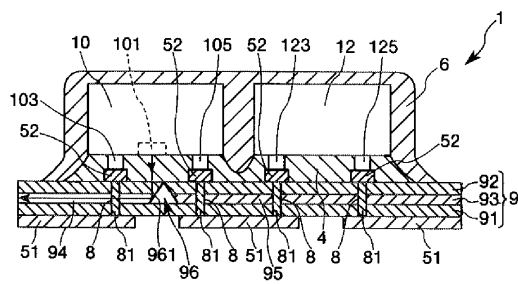
【符号の説明】

【0 5 3 7】

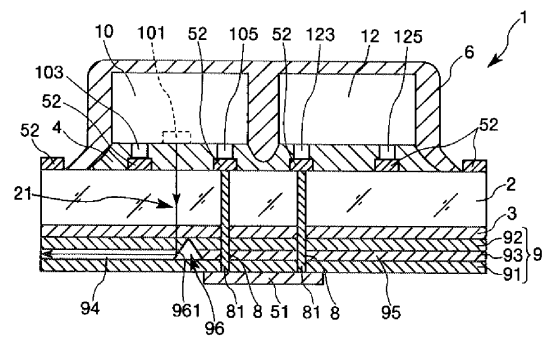
1	光導波路構造体	10
2、2'	基板	
2 1	透光部	
2 2	貫通孔	
2 3	垂直光導波路	
2 4	コア部	
2 5	クラッド部	
2 6	レンズ部	
3	接着層	
4、4 1	アンダーフィル材	
5 1、5 2、5 4、5 5	導体層	20
6、6 1	封止材	
7	半田	
8	貫通孔（スルーホール）	
8 1、8 2	導体ポスト（導電材料）	
9、9'	光導波路	
9 1	クラッド層	
9 2	クラッド層	
9 3	コア層	
9 4	コア部	
9 5	クラッド部	30
9 6	光路変換部	
9 6 1	反射面	
9 6 a、9 6 b、9 6 c、9 6 d、9 6 e、9 6 f	光路変換部	
9 6 1 a、9 6 1 b、9 6 1 c、9 6 1 d、9 6 1 e、9 6 1 f	反射面	
1 0	発光素子	
1 0 1	発光部	
1 0 3	端子	
1 0 5	端子	
1 1	受光素子	
1 1 1	受光部	40
1 1 3	端子	
1 1 5	端子	
1 2	電気素子（半導体素子）	
1 2 3	端子	
1 2 5	端子	
1 2 7	端子	
1 2 9	端子	
1 3	チップキャリア	
9 0 0	コア層形成用材料	
9 1 0	層	50

- 9 1 5 ポリマー
- 9 2 0 添加剤
- 9 2 5 照射領域
- 9 3 0 活性放射線
- 9 3 5 マスク
- 9 3 5 1 開口
- 9 4 0 未照射領域
- 9 5 1、9 5 2 支持基板
- 1 0 0 0 支持基板
- 1 1 1 0 第 1 の層
- 1 1 2 0 第 2 の層
- 1 1 3 0 第 3 の層
- 2 0 0 0 積層体

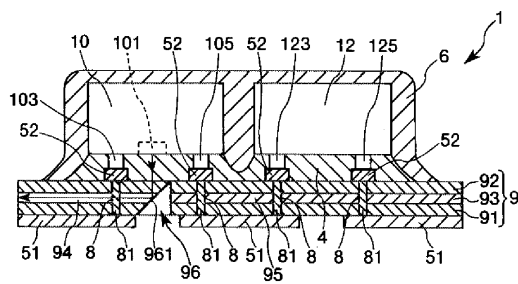
【図 1】



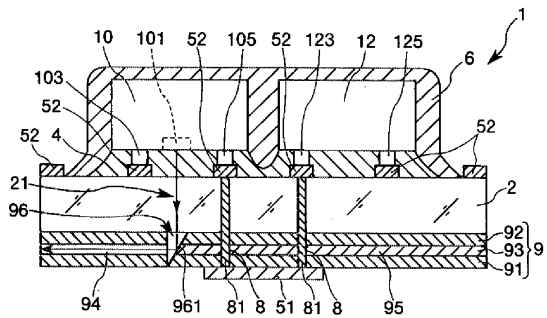
【図 3】



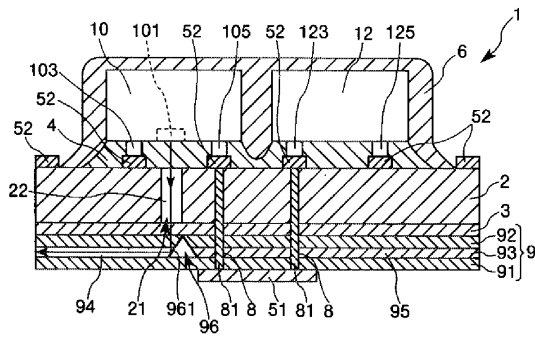
【図 2】



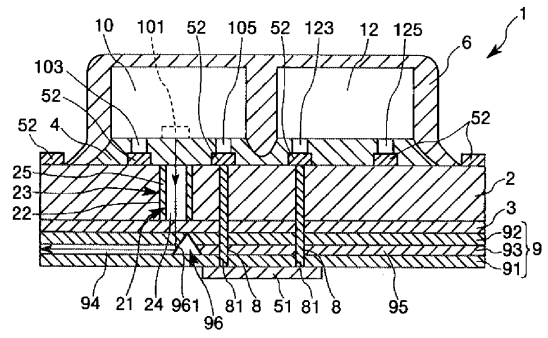
【図 4】



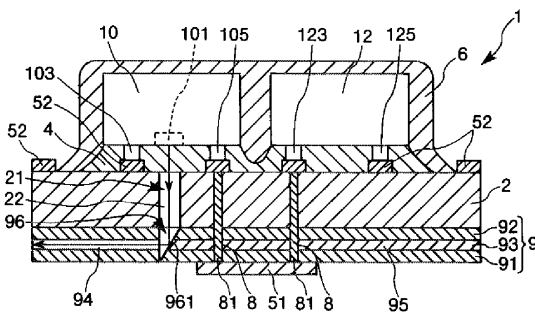
【図 5】



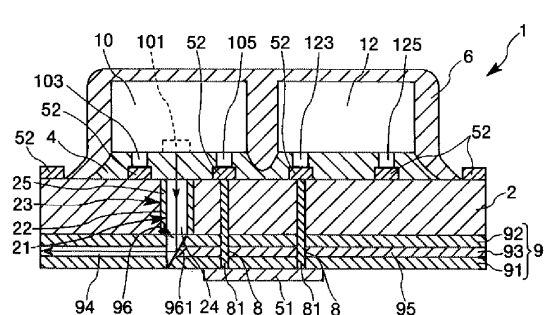
【図 7】



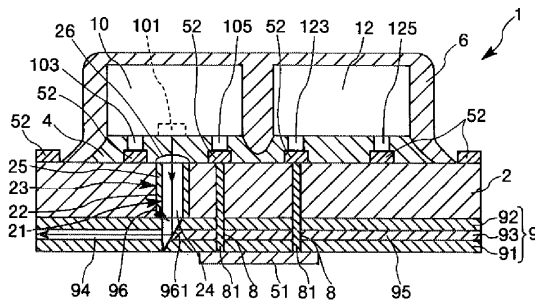
【図 6】



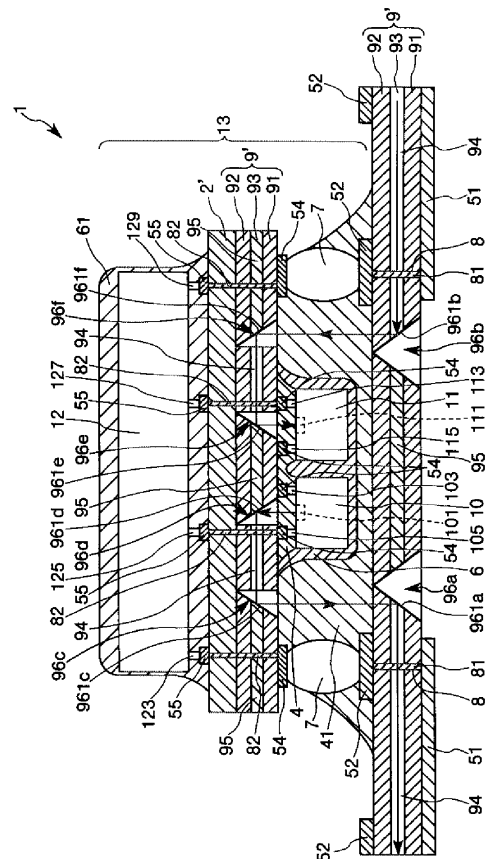
【図 8】



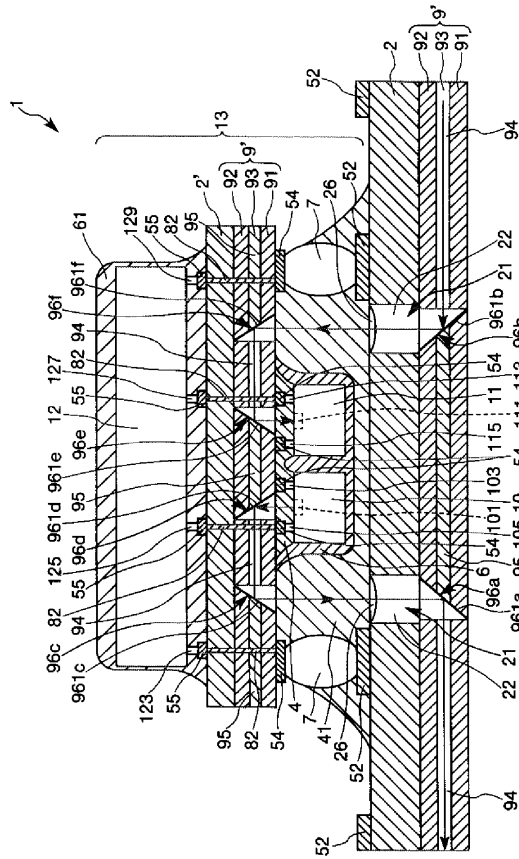
【図 9】



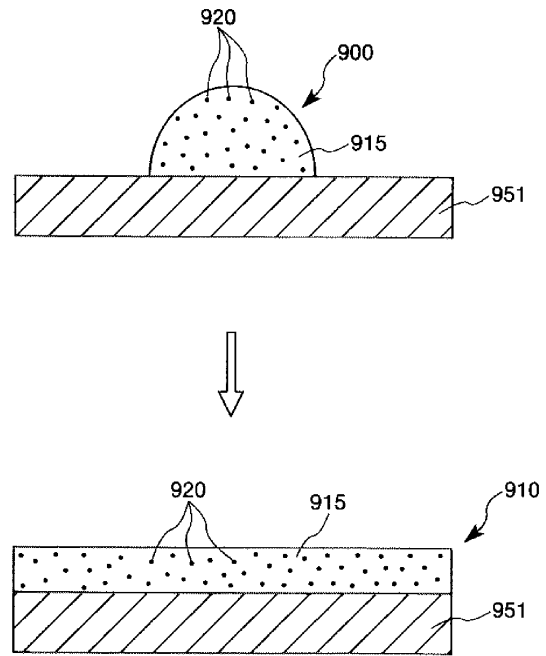
【図 10】



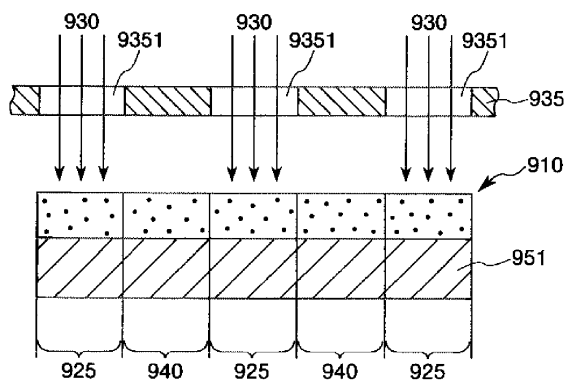
【図 1 1】



【図 1 2 - A】



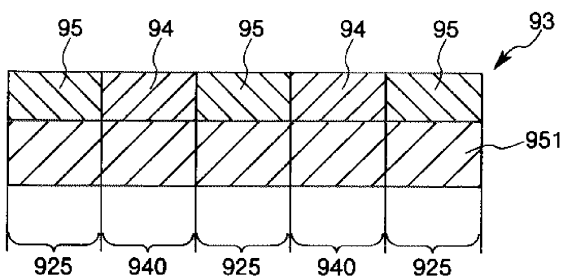
【図 1 2 - B】



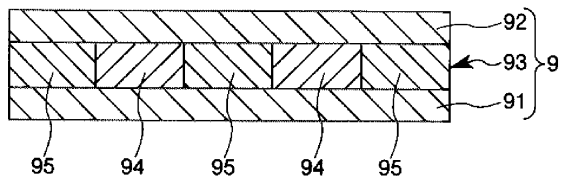
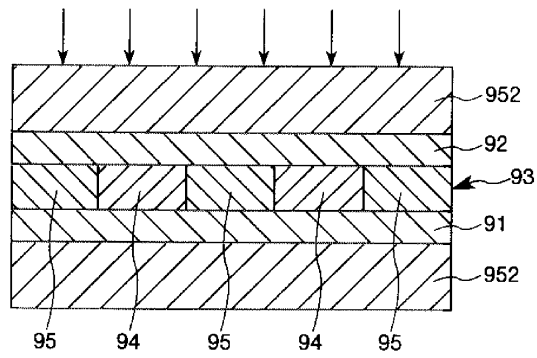
【図 1 2 - D】



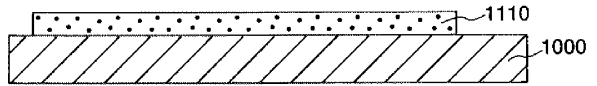
【図 1 2 - C】



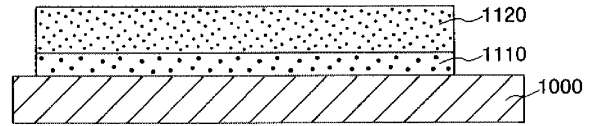
【図 1 2 - E】



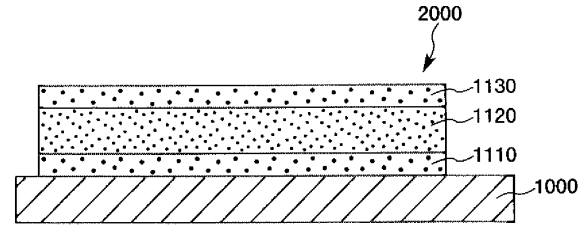
【図 1 3 - A】



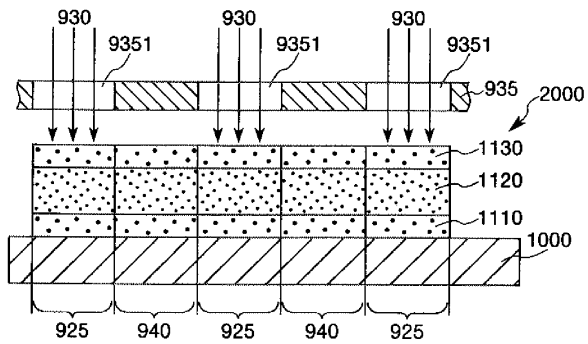
【図 1 3 - B】



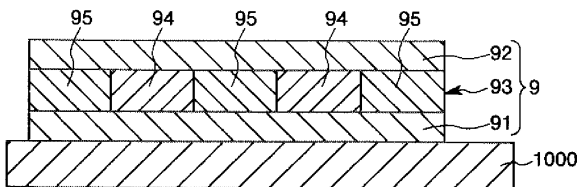
【図 1 3 - C】



【図 1 3 - D】



【図 1 3 - E】



フロントページの続き

- (72)発明者 森 哲也
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 高浜 啓造
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

審査官 林 祥恵

- (56)参考文献 特開2005-128513 (JP, A)
特表2004-505308 (JP, A)
特開2005-070556 (JP, A)
特開2004-053623 (JP, A)
特開平10-020110 (JP, A)
特開平08-190334 (JP, A)
特開2005-107196 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 6/12-6/14
G02B 6/42