

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5310633号
(P5310633)

(45) 発行日 平成25年10月9日(2013.10.9)

(24) 登録日 平成25年7月12日(2013.7.12)

(51) Int.Cl.	F 1
G02B 6/12 (2006.01)	GO2B 6/12 N
G02B 6/122 (2006.01)	GO2B 6/12 B
G02B 6/13 (2006.01)	GO2B 6/12 M
G02B 6/42 (2006.01)	GO2B 6/42
C08F 32/08 (2006.01)	C08F 32/08

請求項の数 26 (全 54 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-89401 (P2010-89401)
 (22) 出願日 平成22年4月8日(2010.4.8)
 (65) 公開番号 特開2011-221232 (P2011-221232A)
 (43) 公開日 平成23年11月4日(2011.11.4)
 審査請求日 平成24年12月10日(2012.12.10)

(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
 (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 藤原 誠
 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 奥村 政人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光導波路構造体および電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板と、互いに屈折率が異なるコア部とクラッド部とを有する光導波路と、少なくとも1つの電気素子と、前記電気素子の設置位置を定める位置決め手段とを備える光導波路構造体であって、

前記コア部は、

(A) 下記式(101)で示される繰り返し単位を有する環状オレフィン樹脂と、
 (B) 前記(A)とは屈折率が異なり、かつ、オキセタニル基を有するモノマー、オキセタニル基を有するオリゴマー、エポキシ基を有するモノマー及びエポキシ基を有するオリゴマーのうちの少なくとも一種と、

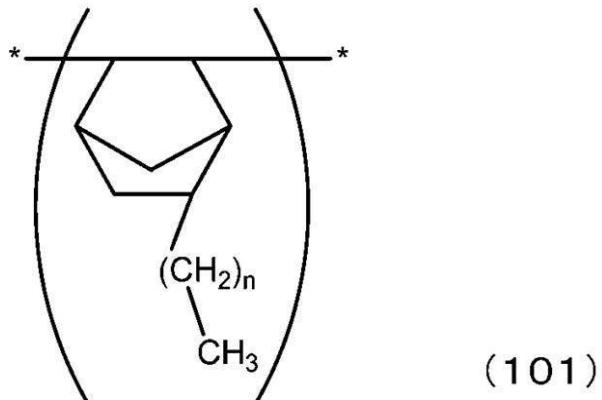
(C) 光酸発生剤と、
 を含む組成物で構成された層に対し活性放射線を選択的に照射することにより所望の形状に形成されたものであり、

前記コア部と前記クラッド部の屈折率差が0.01以上であり、

前記組成物は、前記(A)100重量部に対して1重量部以上50重量部以下の割合で前記(B)を含んでおり、

前記コア部の伝搬損失が0.10 [dB/cm]以下であることを特徴とする光導波路構造体。

【化1】



10

(式101においてnは、0以上、9以下の整数である。)

【請求項2】

20

前記(A)の環状オレフィン樹脂は、ノルボルネン系樹脂である請求項1に記載の光導波路構造体。

【請求項3】

前記コア層の活性放射線が照射された領域と、未照射領域とで、前記(B)由来の構造体濃度が異なっている請求項1または2に記載の光導波路構造体。

【請求項4】

前記コア層の活性放射線が照射された領域を前記クラッド部の少なくとも一部とし、未照射領域を前記コア部の少なくとも一部とする請求項1ないし3のいずれかに記載の光導波路構造体。

【請求項5】

30

前記コア層の両面に前記クラッド部を構成するクラッド層がそれぞれ接合され、両クラッド層とこれらの間に介挿されたコア層の積層体により前記光導波路が構成される請求項1ないし4のいずれかに記載の光導波路構造体。

【請求項6】

前記位置決め手段は、前記コア部に対する位置を定めるものである請求項1ないし5のいずれかに記載の光導波路構造体。

【請求項7】

前記電気素子は、発光部または受光部と端子とを有する素子である請求項1ないし6のいずれかに記載の光導波路構造体。

【請求項8】

40

前記光導波路は、前記コア部を伝送される伝送光の光路を屈曲させる光路変換部を有する請求項1ないし7のいずれかに記載の光導波路構造体。

【請求項9】

前記位置決め手段は、平面視で、前記発光部または前記受光部の位置が前記光路変換部の位置と重なるように位置決めする請求項8に記載の光導波路構造体。

【請求項10】

前記光路変換部は、前記コア部を伝送される伝送光の少なくとも一部を反射する反射面で構成される請求項8または9に記載の光導波路構造体。

【請求項11】

前記基板は、前記コア部を伝送される伝送光に対する透光性を有する透光部を有し、該透

50

光部を介して前記素子の前記発光部または前記受光部と前記コア部とが光学的に接続されている請求項7ないし10のいずれかに記載の光導波路構造体。

【請求項12】

前記基板の少なくとも一部が前記伝送光に対する透光性を有しており、これにより前記透光部が構成される請求項1ないし11のいずれかに記載の光導波路構造体。

【請求項13】

前記透光部は、前記基板を貫通する貫通孔で構成されている請求項12に記載の光導波路構造体。

【請求項14】

前記光導波路は、前記基板に隣接して設けられている請求項1ないし13のいずれかに記載の光導波路構造体。 10

【請求項15】

少なくとも1層の導体層を有する請求項1ないし14のいずれかに記載の光導波路構造体。

【請求項16】

前記電気素子の端子が前記導体層と電気的に接続されている請求項15に記載の光導波路構造体。

【請求項17】

前記位置決め手段は、前記基板に形成された凹部の縁部に形成された段差を利用したものである請求項1ないし16のいずれかに記載の光導波路構造体。 20

【請求項18】

前記位置決め手段は、前記基板に対し固定的に設置された位置決め部材である請求項1ないし17のいずれかに記載の光導波路構造体。

【請求項19】

前記位置決め部材は、前記基板に接合された板材またはシート材である請求項18に記載の光導波路構造体。

【請求項20】

前記位置決め手段は、前記基板に形成された、または前記基板に対し不動の当付け面で構成される請求項1ないし19のいずれかに記載の光導波路構造体。

【請求項21】

前記基板の平面上に互いに直交するX方向およびY方向を設定したとき、前記位置決め手段は、前記X方向および前記Y方向のうちの少なくとも一方の方向に対する位置決めを行う請求項1ないし20のいずれかに記載の光導波路構造体。 30

【請求項22】

前記基板の平面上に互いに直交するX方向およびY方向を設定したとき、前記位置決め手段は、前記X方向および前記Y方向のそれぞれの方向に対する位置決めを行う請求項1ないし21のいずれかに記載の光導波路構造体。

【請求項23】

前記コア部の長手方向が前記X方向または前記Y方向と一致している請求項21または22に記載の光導波路構造体。 40

【請求項24】

前記コア部を伝送される伝送光を集光または拡散し得るレンズ部を有する請求項1ないし23のいずれかに記載の光導波路構造体。

【請求項25】

前記レンズ部は、前記基板の内部または表面付近に設けられている請求項24に記載の光導波路構造体。

【請求項26】

請求項1ないし25のいずれかに記載の光導波路構造体を備えたことを特徴とする電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】**【0001】**

本発明は、光導波路構造体および電子機器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（光カプラ）、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。

10

【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、基板上に所定の電気配線回路と、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（電気／光混成基板）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。

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。

20

2．コア部のパターン形状の精度や寸法精度が悪い。

3．製造に際し、発光素子および受光素子と、光導波路との位置決めがし難く、特に構造が複雑な場合や光回路が複雑な場合等、製造（組み立て）が困難な場合がある。

4．電気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。また、電気配線パターンの設計を優先すると、光導波路の光路設計の自由度が狭くなる。

5．集積化、小型化に不利である。

【先行技術文献】**【特許文献】**

30

【0005】

【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】****【0006】**

本発明の目的は、光回路の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、電気素子との位置決めが容易な光導波路を備えた光導波路構造体を提供することにある。また、前記光導波路構造体を備えた電子機器を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】**【0007】**

このような目的は、下記（1）～（41）の本発明により達成される。

（1） 基板と、互いに屈折率が異なるコア部とクラッド部とを有する光導波路と、少なくとも1つの電気素子と、前記電気素子の設置位置を定める位置決め手段とを備える光導波路構造体であって、

前記コア部は、

（A）環状オレフィン樹脂と、

（B）前記（A）とは屈折率が異なり、かつ、環状エーテル基を有するモノマーおよび環状エーテル基を有するオリゴマーのうちの少なくとも一方と、

（C）光酸発生剤と、

50

を含む組成物で構成されたコア層に対し活性放射線を選択的に照射することにより所望の形狀に形成されたものであることを特徴とする光導波路構造体。

(2) 前記(B)の環状エーテル基は、オキセタニル基またはエポキシ基である上記(1)に記載の光導波路構造体。

(3) 前記(A)の環状オレフィン樹脂は、ノルボルネン系樹脂である上記(1)または(2)に記載の光導波路構造体。

(4) 前記(B)は、前記(A)よりも屈折率が低く、

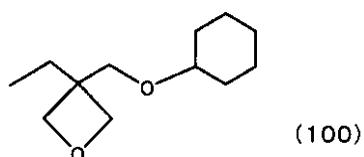
前記環状オレフィン樹脂は、前記(C)の光酸発生剤から発生する酸により脱離し、脱離により、前記(A)の屈折率を低下させる脱離性基を有するものである上記(1)ないし(3)のいずれかに記載の光導波路構造体。 10

(5) 前記(A)の環状オレフィン樹脂は、側鎖に前記(C)の光酸発生剤から発生する酸により脱離する脱離性基を有し、

前記(B)は、下記式(100)に記載の第1モノマーを含むものである上記(2)に記載の光導波路構造体。

【0008】

【化1】



【0009】

(6) 前記(B)は、さらに、エポキシ化合物およびオキセタニル基を2つ有するオキセタン化合物のうち、少なくとも一方を第2モノマーとして含むものである上記(5)に記載の光導波路構造体。 20

(7) 前記第2モノマーと前記第1モノマーとの割合は、重量比(前記第2モノマーの重量 / 前記第1モノマーの重量)で、0.1 ~ 1.0である上記(6)に記載の光導波路構造体。

(8) 前記脱離性基は、-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つを有するものである上記(5)ないし(7)のいずれかに記載の光導波路構造体。 30

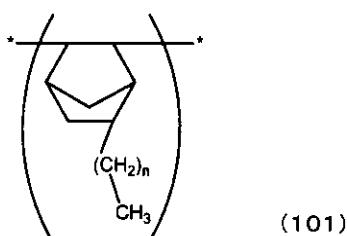
(9) 前記(A)の環状オレフィン樹脂は、ノルボルネン系樹脂である上記(5)ないし(8)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(10) 前記ノルボルネン系樹脂は、ノルボルネンの付加重合体である上記(9)に記載の光導波路構造体。

(11) 前記ノルボルネンの付加重合体は、下記式(101)に記載の繰り返し単位を有するものである上記(10)に記載の光導波路構造体。 40

【0010】

【化2】



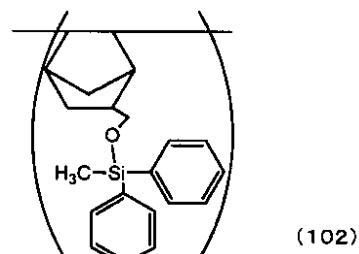
[式101においてnは0以上、9以下の整数である。]

【0011】

(12) 前記ノルボルネンの付加重合体は、下記式(102)に記載の繰り返し単位を有するものである上記(10)または11に記載の光導波路構造体。 50

【0012】

【化3】



10

【0013】

(13) 上記式(100)に記載の第1モノマーの含有量は、前記環状オレフィン樹脂100重量部に対して、1重量部以上50重量部以下である上記(5)ないし(12)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(14) 前記コア層の活性放射線が照射された領域と、未照射領域とで、前記(B)由来の構造体濃度が異なっている上記(1)ないし(13)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(15) 前記コア層の活性放射線が照射された領域と未照射領域の屈折率差が0.01以上である上記(1)ないし(14)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(16) 前記コア層の活性放射線が照射された領域を前記クラッド部の少なくとも一部とし、未照射領域を前記コア部の少なくとも一部とする上記(1)ないし(15)のいずれかに記載の光導波路構造体。 20

(17) 前記基板は、樹脂材料または半導体材料で構成されたもの、あるいは繊維基材に樹脂材料を含浸させたもので構成される上記(1)ないし(16)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(18) 前記コア層の両面に前記クラッド部を構成するクラッド層がそれぞれ接合され、両クラッド層とこれらの間に介挿されたコア層の積層体により前記光導波路が構成される上記(1)ないし(17)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(19) 前記位置決め手段は、前記コア部に対する位置を定めるものである上記(1)ないし(18)のいずれかに記載の光導波路構造体。 30

(20) 前記電気素子は、発光部または受光部と端子とを有する素子である上記(1)ないし(19)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(21) 前記光導波路は、前記コア部を伝送される伝送光の光路を屈曲させる光路変換部を有する上記(1)ないし(20)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(22) 前記位置決め手段は、平面視で、前記発光部または前記受光部の位置が前記光路変換部の位置と重なるように位置決めする上記(21)に記載の光導波路構造体。

(23) 前記光路変換部は、前記コア部を伝送される伝送光の少なくとも一部を反射する反射面で構成される上記(21)または(22)に記載の光導波路構造体。

(24) 前記基板は、前記コア部を伝送される伝送光に対する透光性を有する透光部を有し、該透光部を介して前記素子の前記発光部または前記受光部と前記コア部とが光学的に接続されている上記(20)ないし(23)のいずれかに記載の光導波路構造体。 40

(25) 前記基板の少なくとも一部が前記伝送光に対する透光性を有しており、これにより前記透光部が構成される上記(24)に記載の光導波路構造体。

(26) 前記透光部は、前記基板を貫通する貫通孔で構成されている上記(24)に記載の光導波路構造体。

(27) 前記光導波路は、前記基板に隣接して設けられている上記(1)ないし(26)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(28) 前記電気素子は、電子回路素子を含む上記(1)ないし(27)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(29) 前記電気素子は、発光部または受光部と端子とを有する素子と、前記素子を駆

50

動するかまたは前記素子の出力信号を処理する機能を有する電子回路素子とを含む上記(1)ないし(27)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(30) 少なくとも1層の導体層を有する上記(1)ないし(29)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(31) 前記電気素子の端子が前記導体層と電気的に接続されている上記(30)に記載の光導波路構造体。

(32) 前記位置決め手段は、前記基板に形成された凹部の縁部に形成された段差を利用したものである上記(1)ないし(31)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(33) 前記位置決め手段は、前記基板に対し固定的に設置された位置決め部材である上記(1)ないし(31)のいずれかに記載の光導波路構造体。 10

(34) 前記位置決め部材は、前記基板に接合された板材またはシート材である上記(33)に記載の光導波路構造体。

(35) 前記位置決め手段は、前記基板に形成された、または前記基板に対し不動の当て付け面で構成される上記(1)ないし(34)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(36) 前記基板の平面上に互いに直交するX方向およびY方向を設定したとき、前記位置決め手段は、前記X方向および前記Y方向のうちの少なくとも一方の方向に対する位置決めを行う上記(1)ないし(35)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(37) 前記基板の平面上に互いに直交するX方向およびY方向を設定したとき、前記位置決め手段は、前記X方向および前記Y方向のそれぞれの方向に対する位置決めを行う上記(1)ないし(35)のいずれかに記載の光導波路構造体。 20

(38) 前記コア部の長手方向が前記X方向または前記Y方向と一致している上記(36)または(37)に記載の光導波路構造体。

(39) 前記コア部を伝送される伝送光を集光または拡散し得るレンズ部を有する上記(1)ないし(38)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(40) 前記レンズ部は、前記基板の内部または表面付近に設けられている上記(39)に記載の光導波路構造体。

(41) 上記(1)ないし(40)のいずれかに記載の光導波路構造体を備えたことを特徴とする電子機器。

【発明の効果】

【0014】

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ニングをすることができ、光回路の光路を構成する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。 30

【0015】

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。

【0016】

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。 40

【0017】

また、光導波路構造体が電気素子（発光素子または受光素子）を有するので、光導波路と光学的に接続することにより、電気素子の発光部から発せられた光を光導波路により他所へ導くことあるいは他所からの光を光導波路により電気素子の受光部へ導くことができ、小型で集積された光回路を形成することができ、また当該光回路の作動の信頼性も高い。

【0018】

10

20

30

40

50

そして、位置決め手段を有するため、電気素子と光導波路（コア部）との位置関係を容易かつ正確に定めることができ、製造が容易であるとともに、光伝送特性に優れ、信頼性の高い光回路を得ることができ、また、より微細で複雑な回路パターを形成することができる。

【0019】

特に、基板に対し電気素子の位置決めをした後にコア部等を形成（活性放射線の照射により、またはさらに加熱することにより形成）すること、あるいは、電気素子の位置が予め定められた基板に対しコア層を形成しさらにコア部等を形成することにより、電気素子の発光部または受光部とコア部（特に伝送光のコア部への入射部またはコア部からの出射部）との位置関係を容易かつ正確に定めることができる。

10

【0020】

また、光路変換部を有する場合には、伝送光の光路を所望の方向へ屈曲させることができ、そのため、光路の設計の自由度が広がり、特に短い光路長で光回路を形成することができ、光回路の高集積化に寄与する。この場合でも、位置決め手段を有することにより、電気素子の発光部または受光部と、光路変換部との位置決めを容易かつ正確に行うことができる。

【0021】

また、基板が透光部を有する場合には、基板を通過する光路（基板の厚さ方向の光路）を形成することができるので、光路の設計の自由度がさらに広がる。また、透光部がレンズ部を有する場合には、光路において必要に応じ伝送光の集光、拡散が可能となり、光路の屈曲等と相まって、光回路の設計の自由度がさらに広がる。

20

【0022】

また、導体層を有する場合には、例えば前記電気素子への配線を容易に行うことができ、電気素子の種類（端子の設置箇所）等に係わらずそれに適した配線が可能となり、汎用性に富む。しかも、このような配線回路のパターンは、設計の自由度（例えば、端子の設置箇所の選択の自由度）が広い。

【0023】

このような本発明の光導波路構造体は、光回路（光導波路および導光部のパターン）や電気回路（導体層および導体部のパターン）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。そのため、本発明の光導波路構造体は、種々の電子部品、電子機器等に対し用いることができる。

30

【0024】

また、光回路の形成が容易で、種々の形状のものを寸法精度良く形成することができ、しかも、細い光路でもシャープに形成することができるので、回路の集積化に寄与し、デバイスの小型化が図れる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明の光導波路構造体の第1実施形態を示す平面図である。

【図2】図1中のA-A線断面図である。

【図3】図1中のB-B線断面図である。

40

【図4】本発明の光導波路構造体の第2実施形態を示す断面図である。

【図5】本発明の光導波路構造体の第3実施形態を示す断面図である。

【図6】本発明の光導波路構造体の第4実施形態を示す断面図である。

【図7】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】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】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10】実施例における曲げ損失の測定方法を模式的に示す図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

以下、本発明の光導波路構造体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

50

明する。

【0027】

図1は、本発明の光導波路構造体の第1実施形態を示す平面図、図2は、図1中のA-A線断面図、図3は、図1中のB-B線断面図、図4は、本発明の光導波路構造体の第2実施形態を示す断面図、図5は、本発明の光導波路構造体の第3実施形態を示す断面図、図6は、本発明の光導波路構造体の第4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。

【0028】

なお、以下の説明では、図2～図6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、図2～図6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。また、図1中の横方向（左右方向）を「X方向」、縦方向（上下方向）を「Y方向」（但しX方向とY方向は直交する）として説明する。
10

【0029】

<第1実施形態：図1～図3>

図1～図3に示すように、本発明の光導波路構造体1は、基板2と、基板2の下部に形成された光導波路9と、光導波路9の光路を屈曲させる光路変換部96（反射面961）と、基板2に搭載された発光素子10および電子回路素子12と、基板2の上面に形成された導体層5とを有している。

【0030】

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、ポリベンゾオキサゾール樹脂、ノルボルネン樹脂等の樹脂材料や、シリコン、ガリウム・ヒ素、インジウム・リン、ゲルマニウム、シリコンカーバイド、シリコングルマニウム等の半導体材料が挙げられる。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。
20

【0031】

また、基板2は、例えばガラス纖維、樹脂纖維等の纖維基材（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。このような纖維基材を含む基板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。
30

【0032】

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の、前記纖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。

【0033】

基板2の厚さは、特に限定されないが、通常、 $50\text{ }\mu\text{m} \sim 4\text{ mm}$ 程度が好ましく、 $100\text{ }\mu\text{m} \sim 1.5\text{ mm}$ 程度がより好ましく、 $150\text{ }\mu\text{m} \sim 1.2\text{ mm}$ 程度がさらに好ましい。
40 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。もちろん、それぞれの特性を併有するものでもよい。

【0034】

また、基板2は、本実施形態では、基板2を伝送光18が透過するため、基板2は、伝送光18の透過率が80%以上、好ましくは90%以上、より好ましくは95%以上のものとされる。このように、基板2自体（基板2の全部または一部）を、伝送光18に対する透光性を有する材料で構成すること、すなわち、基板2を実質的に透明な透明基板とすることにより、基板2における発光部101の真下の部分は、後述する貫通孔25が形成されていても透光部24を構成することとなる。この透光部24を介して、発光素子10の発光部101と光導波路9のコア部94（光路変換部96）とが光学的に接続され
50

る。

【0035】

基板2の下面には、光導波路9が接合されている。図示の構成では、基板2の下面に光導波路9が直接接合されている（光導波路9が基板2に隣接している）が、これに限らず、少なくとも1層の中間層を介して形成されていてもよい。この中間層としては、任意の目的で形成することができ、例えば、接着層、導体層（配線パターン）、絶縁層、あるいはこれらを含む2層以上の積層体が挙げられる。

【0036】

このうち、接着層としては、例えばポンディングシートのようなシート材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。この接着層は、電気絶縁性を有するのが好ましい。

10

【0037】

また、接着層としては、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を形成してもよい。接着層の厚さは、特に限定されないが、0.5～150μm程度が好ましく、10～70μm程度がより好ましい。

【0038】

光導波路9は、図2および図3中下側からクラッド層91、コア層93およびクラッド層92をこの順に積層してなるものであり、コア層93には、所定パターンのコア部94とクラッド部95とが形成されている（図2、図3参照）。

20

【0039】

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伝送光18の光路として機能する。

【0040】

コア層93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。

30

【0041】

このような材料で構成されたコア層93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94とクラッド部95との剥離や、コア層93と隣接する層（クラッド層91、92）との層間剥離が生じ難く、コア部94内やクラッド部95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。

【0042】

また、コア層93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。

40

【0043】

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93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

50

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 1 8 ）の透過率の低下、パターニング不良、屈折率不安定等を生じるおそれがある。

【 0 0 4 4 】

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。

【 0 0 4 5 】

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 をパターニングする。

10

【 0 0 4 6 】

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 5 0 ~ 2 0 0 0 K G y 程度の照射量で照射することができる。

【 0 0 4 7 】

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。

20

【 0 0 4 8 】

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。

【 0 0 4 9 】

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。

30

【 0 0 5 0 】

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。

【 0 0 5 1 】

このような光導波路 9 は、コア部 9 4 の光路を屈曲させる光路変換部 9 6 を有している。この光路変換部 9 6 は、伝送光（発光部 1 0 1 から出射された光）1 8 の少なくとも一部を反射する反射面（ミラー）9 6 1 で構成されている。この反射面 9 6 1 は、発光部 1 0 1 の真下の位置に設けられる。

40

【 0 0 5 2 】

反射面 9 6 1 は、光導波路 9 の光路、すなわちコア部 9 4 の長手方向（図 1 および 2 中の X 方向、図 3 中の前後方向）に対しほぼ 4 5 ° 傾斜しており、発光部 1 0 1 から発せられた伝送光 1 8 の大半（例えば 9 0 % 以上）を反射する機能を有している。

【 0 0 5 3 】

このような光路変換部 9 6 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三角形の凹部を形成し（図 2 参照）、その 1 つの傾斜面を反射面 9 6 1 として用いるものである。反射面 9 6 1 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。光導波路 9 の一部を除去する方

50

法としては、切削、レーザ光の照射等の方法が挙げられる。

【0054】

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（封止材）、金属材料による充填材（封止材）が充填されていてもよい。なお、反射面961は、全反射するものに限らず、例えば、ハーフミラー、ダイクロイックミラー等のように、伝送光18の一部を反射し、残部を透過するようなものでもよい。この場合には、光路変換部96は、光路を2方向（図2中左方向と下方向）に分離するビームスプリッターとしての機能を有する。このような反射面961の光学的特性は、伝送光18の光路設計に応じて適宜設定することができる。

【0055】

なお、図示の構成では、反射面961（光路変換部96）は、クラッド層91とコア層93とクラッド層92とにまたがって形成されているが、これに限らず、例えばコア層93内のみに形成されてもよい。

【0056】

コア部94の形成および光路変換部96の形成は、基板2に後述する発光素子10等を搭載（位置決めして設置）する前でも後でもよく、いずれの場合でもその形成位置を容易かつ正確に把握することができる。すなわち、後述する位置決め手段33により基板2に対する発光部101の位置が特定されているため、基板2上の光導波路9にコア部94や光路変換部96を形成する際には、コア部94の形成位置（露光箇所）や光路変換部96の形成位置を発光部101に対応する位置（発光部101の真下の位置）に容易に一致させることができる。

【0057】

基板2の上部には、基板2の上面および少なくとも1つの側面に開放する2つの凹部3および4が形成されている。これらの凹部3および4には、それぞれ、発光素子10および電子回路素子12が挿入（設置）されている。

【0058】

発光素子10は、その下面側に発光部101を有し、上面側に一対の端子103、105を有している（さらに他の端子を有していてもよい）。両端子103、105間に通電がなされると、発光部101が発光し、伝送光18が出射される。

【0059】

なお、発光素子10における発光部101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 $n \times m$ 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。後述する受光素子における受光部についても同様である。

【0060】

発光素子10は、その発光部101が凹部3の底面（下面）30に接合（当接）するようにして凹部3内に設置されている。なお、発光部101は、図1中上下方向に沿って複数個配置されていてもよい。

【0061】

電子回路素子12は、例えば半導体素子（半導体チップ）で構成されている。この電子回路素子12は、その上面側に、複数の端子（端子123、125）を有している。なお、電子回路素子12は、端子123、125以外にさらに他の端子を有していてもよい。

【0062】

電子回路素子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、後述するように、受光素子を有する場合、該受光素子からの出力信号を処理（例えば増幅）する機能を有するものが挙げられる。光導波路構造体1が発光素子10と受光素子の双方を有する場合には、電子回路素子12は、前記の両方の機能を有するものとすることができます。

10

20

30

40

50

【0063】

なお、本明細書では、発光素子10、受光素子、電子回路素子12、その他各種素子、またはこれらのうちの2以上を複合した素子を、「電気素子」または単に「素子」と言う。

【0064】

また、発光素子10、受光素子および電子回路素子12は、それぞれ別の素子で構成する場合に限らず、これらのうちの少なくとも2つを連結または一体化（1つのチップ）した構成（複合素子）であってもよい。

【0065】

基板2には、前記電気素子（発光素子10および電子回路素子12）の設置位置、特に基板2に対する位置を定める位置決め手段33、43が設けられている。以下、この位置決め手段33、43について順次説明する。

【0066】

基板2の上部には、基板2の上面に開放する凹部3および4が形成されている。凹部3は、図1中右方および下方に開放しており、凹部3の縁部、すなわち、図1中左方および上方に、基板2の上面との段差を有する。この段差のうち、図1中左方には当付け面31が形成され、図1中上方には当付け面32が形成されている。当付け面31および32は、それぞれ、凹部3の底面30に対し垂直に立ち上がっており、当付け面31、32同士も直角である。この当付け面31および32により、位置決め手段（発光素子用）33が構成される。なお、位置決め手段33には、底面30が含まれていてもよく、これにより、基板2の厚さ方向の位置決めも行うことができる。

【0067】

発光素子10は、その下面を凹部3の底面30に当接するとともに、発光素子10の隣り合う（直交する）2つの側面をそれぞれ当付け面31および32に当接（押接）することにより凹部3内に設置される。これにより、発光素子10は、当付け面31によりX方向の位置が規制され、かつ、当付け面32によりY方向の位置が規制される。すなわち、発光素子10は、X方向およびY方向の双方（2次元方向）に対する位置決めがなされる。このように、発光素子10の基板2に対する面方向（2次元方向）の位置決めを確実に行うことができ、しかも、その操作は、固定された基板2に対し発光素子10を凹部3に接近させ、図1中左上方向に移動（相対的に移動）し、当付け面31および32にそれぞれ当接させればよいため、その位置決め操作を極めて簡単に行うことができる。

【0068】

特に、コア部94の長手方向（X方向）のみならず、コア部94の幅方向（Y方向）にも位置決めがなされるため、例えばコア部94の幅が小さい場合（微細な光回路）でも、発光素子10の発光部101の位置をコア部94に正確に重ねる（平面視で）ことができる。

【0069】

このような位置決め手段33により、発光素子10（発光部101）の基板2に対する位置が定められるが、これは、基板2の下面に形成された光導波路9のコア部94に対する位置を定めることもあり、さらに、光路変換部96（反射面961）は、コア部94に対する位置関係が規定されているため、光路変換部96（反射面961）に対する位置を定めることもある。

【0070】

すなわち、位置決め手段33は、図1に示すように、平面視で、発光素子10の発光部101の位置が光路変換部96（反射面961）の位置と重なるように位置決めをする。これにより、発光部101の真下に反射面961が位置することとなり、設計通りの光路を正確に形成することができる。

【0071】

凹部3の深さは、発光素子10の厚さとほぼ等しいかまたは発光素子10の厚さより大きいのが好ましい。これにより、発光素子10は、その上部が凹部3から突出することな

10

20

30

40

50

く凹部3内に収納される。

【0072】

凹部4は、図1中左方および下方に開放しており、凹部3の縁部、すなわち、図1中左右および上方に、基板2の上面との段差を有する。この段差のうち、図1中右方には当て付け面41が形成され、図1中上方には当て付け面42が形成されている。当て付け面41および42は、それぞれ、凹部4の底面40に対し垂直に立ち上がっており、当て付け面41、42同士も直角である。この当て付け面41および42により、電子回路素子12の位置決め手段(電子回路素子用)43が構成される。なお、位置決め手段43には、底面40が含まれていてもよく、これにより、基板2の厚さ方向の位置決めも行うことができる。

10

【0073】

電子回路素子12は、その下面を凹部4の底面40に当接するとともに、電子回路素子12の隣り合う(直交する)2つの側面をそれぞれ当て付け面41および42に当接(押接)することにより凹部4内に設置される。これにより、電子回路素子12は、当て付け面41によりX方向の位置が規制され、かつ、当て付け面42によりY方向の位置が規制される。すなわち、電子回路素子12は、X方向およびY方向の双方(2次元方向)に対する位置決めがなされる。このように、電子回路素子12の基板2に対する面方向(2次元方向)の位置決めを確実に行うことができ、しかも、その操作は、固定された基板2に対し電子回路素子12を凹部4に接近させ、図1中右上方向に移動(相対的に移動)し、当て付け面41および42にそれぞれ当接させればよいため、その位置決め操作を極めて簡単に行うことができる。

20

【0074】

このような位置決め手段43により、電子回路素子12(端子123、125)の基板2に対する位置が定められるが、これは、位置決め手段33により位置決めされている発光素子10に対する位置を定めることでもあり、さらに、光路変換部96(反射面961)に対する位置を定めることもある。

【0075】

このように、電子回路素子12と発光素子10との位置関係が正確に定められることにより、後述する導体層5を形成(パターンニング)する際、特に電子回路素子12と発光素子10との間に架け渡される部位52を形成する際に、これをより正確な形状および位置に形成することができる。

30

【0076】

凹部4の深さは、電子回路素子12の厚さとほぼ等しいかまたは電子回路素子12の厚さより大きいのが好ましい。これにより、電子回路素子12は、その上部が凹部4から突出することなく凹部4内に収納される。

【0077】

なお、本実施形態における位置決め手段33、43は、電気素子の下面が底面30、40にも当接するため、基板2の厚さ方向(X方向およびY方向のそれぞれに直交する方向)に対する位置決めも行う。従って、本実施形態における位置決め手段は、正確には、3次元方向の位置決めを行うことができるものである。

40

【0078】

また、本実施形態における位置決め手段は、基板2に直接形成されたもの(当て付け面31、32、41、42)であるが、これに限らず、基板2に対し不動のもの、特に、基板2に対し別部材を固定的に設置したものでもよい。この例としては、基板2に固定され、電気素子が当接し得る当て付け面を有する位置決め部材が挙げられる。

【0079】

また、本発明において、位置決め手段は、電気素子をX方向およびY方向のいずれか一方の方向にのみ位置決めするものであってもよい。この場合、基板2の厚さ方向の位置決めは、行っても行わなくてもよい。

【0080】

50

基板 2 の上面には、導体層（金属層）5 が形成されている。この導体層 5 は、所定の形状にパターンニングされて、所望の電気配線または電気回路を構成している。

【0081】

本実施形態では、導体層 5 は、部位 5 1、5 2 および 5 3 を有している。部位 5 1 は、基板 2 の上面と電子回路素子 1 2 の上面とにまたがって形成され、端子 1 2 5 に電気的に接続されている。部位 5 2 は、基板 2 の上面と発光素子 1 0 の上面と電子回路素子 1 2 の上面とにまたがって形成され、端子 1 0 3 および 1 2 5 にそれぞれ電気的に接続されている。部位 5 3 は、基板 2 の上面と発光素子 1 0 の上面とにまたがって形成され、端子 1 0 5 に電気的に接続されている。部位 5 1 または 5 3 は、例えばグランドに接続される。

【0082】

導体層 5 の構成材料としては、それぞれ、例えば、銅、銅系合金、アルミニウム、アルミニウム系合金、金、金系合金、半田等の各種金属材料が挙げられる。また、基板 2 の構成材料によっては（例えば半導体材料による基板 2）、タンゲステン、タンゲステン合金等を用いることもできる。

【0083】

導体層 5 の厚さは、特に限定されないが、通常、 $2 \sim 200 \mu\text{m}$ 程度が好ましく、 $3 \sim 120 \mu\text{m}$ 程度がより好ましく、 $5 \sim 70 \mu\text{m}$ 程度がさらに好ましい。

【0084】

導体層 5 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 へのパターンングは、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。

【0085】

導体層 5 の構成材料として、半導体材料に拡散し易い金属、例えば銅を用いる（含む）場合には、半導体材料（基板 2 を半導体材料で構成した場合）との接合部は、例えばチタニアやタンタルなどで構成されたバリア層（図示せず）を介して形成することが好ましい。

【0086】

また、導体層 5 の構成材料として、半導体材料と密着性の悪い金属、例えばタンゲステンを用いる場合は、半導体材料（基板 2 を半導体材料で構成した場合）との接合部は、密着力を向上させることができる密着層（図示せず）を介して形成することが好ましい。

【0087】

なお、導体層 5 のパターンは、図 1～図 3 に示すものに限らず、いかなる形状、配置のものでもよい。

【0088】

また、導体層 5 の形成箇所は、図示のような光導波路構造体 1 の上部（上面）に限らず、例えば、光導波路 9 の下面や、光導波路構造体 1 の内部（例えば光導波路 9 と基板 2 の間）に同様の導体層（電気配線または電気回路）が形成されていてもよい。

【0089】

本実施形態の光導波路構造体 1 では、電子回路素子 1 2 の作動により発光素子 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 2 中下方へ向かって発せられた伝送光 1 8 は、基板 2 の透光部 2 4 およびクラッド層 9 2 を順次透過し、反射面 9 6 1 で反射されて 90° 屈曲し、光導波路 9 のコア部 9 4 に入り、クラッド部（クラッド層 9 1、9 2 および側方（図 2 中左右）のクラッド部 9 5）との界面で反射を繰り返しながら、コア部 9 4 内をその長手方向（図 1 および図 2 中左方向）に沿って進む。

【0090】

<第 2 実施形態：図 4 >

図 4 には、本発明の光導波路構造体 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（構成、作動等）についてはその説明を省略し、相違点を中心に説明する。

【0091】

10

20

30

40

50

本実施形態の光導波路構造体1は、位置決め手段の構成が異なり、それ以外は前記第1実施形態と同様である。すなわち、本実施形態では、基板2の上面は平坦面をなしており、電気素子の設置位置を定める位置決め手段は、基板2に対し固定的に設置された位置決め部材6で構成されている。

【0092】

この位置決め部材6は、その厚さが発光素子10および／または電子回路素子12の厚さとほぼ同等かまたはそれより薄い板材（またはシート材）で構成され、基板2の上面に接着層7を介して接合（接着）されている。

【0093】

図4の上部に示すように、位置決め部材6の平面形状は、ほぼT字状をなしており、発光素子10の隣り合う（直交する）2つの側面（角部）が当接するL字状の当て付け面61と、電子回路素子12の隣り合う（直交する）2つの側面（角部）が当接するL字状の当て付け面62とを有している。10

【0094】

発光素子10は、その下面が基板2の上面に当接するとともに、発光素子10の隣り合う（直交する）2つの側面が当て付け面61に当接（押接）することにより、X方向およびY方向の位置がそれぞれ規制される。すなわち、発光素子10は、X方向およびY方向の双方（2次元方向）に対する位置決めがなされる。

【0095】

同様に、電子回路素子12は、その下面が基板2の上面に当接するとともに、電子回路素子12の隣り合う（直交する）2つの側面が当て付け面62に当接（押接）することにより、X方向およびY方向の位置がそれぞれ規制される。すなわち、電子回路素子12は、X方向およびY方向の双方（2次元方向）に対する位置決めがなされる。20

【0096】

このような位置決め部材6を用いることにより、1つの位置決め部材6で発光素子10と電子回路素子12の双方を同時に位置決めることができるという利点がある。また、基板2に対する位置決め部材6の固定位置を調整または変更すること、あるいは、形状や寸法の異なる位置決め部材6を選択し、基板2に固定することにより、電気素子（発光素子10および／または電子回路素子12）の設置位置を自由に設定または変更することができるという利点もある。30

【0097】

なお、接着層7としては、前記第1実施形態で述べた接着層と同様のものを用いることができる。

【0098】

本実施形態において、位置決め部材6の平面形状や厚さは、図示のものに限定されず、いかなる形状、寸法のものでもよい。また、本実施形態では、1つの位置決め部材6で発光素子10と電子回路素子12の双方の位置決めを行っているが、これに限らず、発光素子10および電子回路素子12は、それぞれ異なる位置決め部材により位置決めされていてもよく、またそれらの位置決めの方向も、特に限定されない。

【0099】

<第3実施形態：図5>

図5には、本発明の光導波路構造体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。

【0100】

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1実施形態と同様である。すなわち、基板2は、伝送光18の透過性を十分に有さないものでもよく、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25が形成されている。この貫通孔25は、伝送光18を透光する透光部24を構成するものである。すなわち、この貫通孔25が、伝送光を基板2の厚さ方向に導光（伝送）する導光路と4050

なる。

【0101】

貫通孔25の横断面形状は、特に限定されず、例えば、円形、橢円形、矩形（四角形）、六角形、その他多角形、異形等、いかなる形状でもよい。

【0102】

なお、図示されていないが、貫通孔25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。この充填材は、コア部94、クラッド部95、クラッド層91またはクラッド層92のいずれかの構成材料と同様の材料で構成されていてもよい。

【0103】

また、図示されていないが、貫通孔25の内面等に導電材料による層を形成し、これにより、光伝送機能の他に、電気信号を伝送する機能を持たせててもよい。

【0104】

本実施形態の光導波路構造体1では、電子回路素子12の作動により発光素子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伝送光18は、基板2の貫通孔25内を通り、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（図2中左右）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。

【0105】

<第4実施形態：図6>

図6には、本発明の光導波路構造体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。

【0106】

本実施形態の光導波路構造体1は、透光部24（貫通孔25）に、伝送光18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3実施形態と同様のものである。すなわち、貫通孔25内の下部（光導波路9への入射側）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。

【0107】

これにより、発光部101から図6中下方へ向かって発せられた光は、基板2の貫通孔25内を通り、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6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。

【0108】

なお、レンズ部26は、伝送光18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。

【0109】

また、レンズ部26の設置位置は、図6に示す位置に限らず、例えば透光部24（貫通孔25）の途中や上部であってもよく、あるいは、その他の箇所、例えばコア部94の途中や出射側端部（図6中左端部）であってもよい。

【0110】

また、このようなレンズ部26は、前記第1および第2実施形態の光導波路構造体1に対して設けられていてもよい。

【0111】

前記各実施形態において、発光素子10を受光素子に代えた構成とすることができる。受光素子は、例えばその下面側に受光部、上面側に端子（例えば一対の端子）を有し、受光部が伝送光18を受光すると、光電変換され、端子より電気信号が出力される。この電

10

20

30

40

50

気信号は、電子回路素子 12 へ入力され、信号処理（例えば信号の増幅）される。

【 0 1 1 2 】

また、本発明の光導波路構造体 1 は、発光素子と受光素子の双方を備えていてもよい。この場合、発光素子の発光部から発せられた光が、光路変換部 96、光導波路 9（さらに光路変換部 96）を経て受光素子の受光部で受光されるような構成とすることができます。

【 0 1 1 3 】

以上、第 1 ~ 第 4 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 4 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

以上、第 1 ~ 第 4 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 4 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。。

【 0 1 1 4 】

上述したような本発明の光導波路構造体は、折り曲げ操作を行うことにより、基板 2 や光導波路 9 が屈曲した状態（屈曲状態）と、折り曲げ操作を解除し、基板 2 や光導波路 9 を伸張させた状態（伸張状態）とを自在にとり得るものとなる。このため、例えばヒンジ部またはスライド部を有する携帯電話、ゲーム機、PDA、ノート型パソコン等の電子機器のヒンジ部やスライド部に対して好適に用いることができる。例えば携帯電話において、ヒンジ部を介した 2 点間を光導波路構造体で接続した場合、携帯電話のヒンジ部を開じたときには、光導波路構造体が屈曲状態をとり、ヒンジ部を開いたときには、光導波路構造体が伸張状態をとることとなる。20

【 0 1 1 5 】

このようにすれば、光導波路構造体は、可動部を挟む 2 点間の電気的接続および光学的接続を、長期にわたって維持することができる。このため、光導波路構造体を備えた携帯電話（電子機器）は、その信頼性を高めることができる。

なお、本発明の光導波路構造体を適用する電子機器は、上記のものに限定されず、例えば、ルーター装置、WDM 装置、パソコン、テレビ、ホーム・サーバー等の電子機器類への適用が好適である。これらの電子機器では、いずれも、例えば LS1 等の演算装置と RAM 等の記憶装置との間で、大容量のデータを高速に伝送する必要がある。したがって、このような電子機器が本発明の光電気混載基板を備えることにより、電気配線に特有なノイズ、信号劣化等の不具合が解消されるため、その性能の飛躍的な向上が期待できる。30

さらに、光導波路部分では、電気配線に比べて発熱量が大幅に削減される。このため、基板内の集積度を高めて小型化が図られるとともに、冷却に要する電力を削減することができ、電子機器全体の消費電力を削減することができる。

【 0 1 1 6 】

次に、前記各実施形態における、光導波路 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。

【 0 1 1 7 】

まず、コア部 94 の形成方法の説明に先立って、コア部 94 の形成に用いられる感光性樹脂組成物について説明する。40

【 0 1 1 8 】

本実施形態においてコア部 94 の形成に用いる感光性樹脂組成物は、
 (A) 環状オレフィン樹脂と、
 (B) (A) とは屈折率が異なり、かつ、環状エーテル基を有するモノマーおよび環状エーテル基を有するオリゴマーのうち少なくともいずれか一方と、
 (C) 光酸発生剤と、
 を備える。

なかでも、光の伝搬損失の発生を確実に抑制するという観点から、50

側鎖に(C)光酸発生剤から発生する酸により脱離する脱離性基を有する環状オレフィン樹脂(A)と、

上記式(100)のモノマーとを含むことが好ましい。

【 0119 】

このような感光性樹脂組成物は、フィルム状に成形されて光導波路形成用フィルムとされ、さらに、屈折率が異なる領域を含むフィルム、例えば、光導波路フィルムとして使用される。

【 0120 】

以下、感光性樹脂組成物の成分について順次詳述する。

【 0121 】

((A) 環状オレフィン樹脂)

成分(A)の環状オレフィン樹脂は、感光性樹脂組成物のフィルム成形性を確保するために添加されるものであり、ベースポリマーとなるものである。

ここで、環状オレフィン樹脂は、無置換のものであってもよいし、水素が他の基により置換されたものであってもよい。

環状オレフィン樹脂としては、例えばノルボルネン系樹脂、ベンゾシクロブテン系樹脂等が挙げられる。

なかでも、耐熱性、透明性等の観点からノルボルネン系樹脂を使用することが好ましい。

【 0122 】

ノルボルネン系樹脂としては、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 - 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 - 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。

【 0123 】

これらのノルボルネン系樹脂は、例えば、開環メタセシス重合(R O M P)、R O M P 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。

【 0124 】

これらの中でも、ノルボルネン系樹脂としては、付加(共)重合体が好ましい。付加(共)重合体は、透明性、耐熱性および可撓性に富むことからも好ましい。たとえば、感光性樹脂組成物によりフィルムを形成した後、電気部品等を、半田を介して実装することができる。このような場合において、高い耐熱性、すなわち、耐リフロー性を有することが必要となるため、付加(共)重合体が好ましい。また、感光性樹脂組成物によりフィルムを形成し、製品に組み込んだ際に、たとえば、80 度の環境下にて使用される場合がある。このような場合においても、耐熱性を確保するという観点から、付加(共)重合体が好ましい。

【 0125 】

なかでも、ノルボルネン系樹脂は、重合性基を含む置換基を有するノルボルネンの繰り

10

20

30

40

50

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。

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。

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種以上含むものを使いれば、可撓性と耐熱性の両立を図ることができる。

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、アリール基に由来する極めて高い疎水性によって、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。
10

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。

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、高いフレキシビリティ(可撓性)を付与することができる。

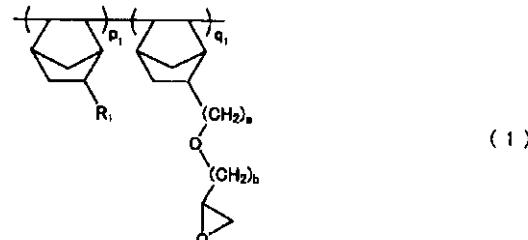
また、アルキルノルボルネンの繰り返し単位を含むノルボルネン系ポリマーは、特定の波長領域(特に、850 nm付近の波長領域)の光に対する透過率が優れることからも好ましい。

【0126】 20

このようなことから、ノルボルネン系樹脂としては、以下の式(1)～(4)、(8)～(10)で表されるものが好適である。

【0127】

【化4】



30

[式(1)中、R₁は、炭素数1～10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、p₁／q₁が20以下である。]

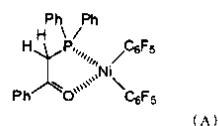
【0128】

式(1)のノルボルネン系樹脂は、以下のようにして製造することができる。

R₁を有するノルボルネンと、側鎖にエポキシ基を有するノルボルネンとをトルエンに溶かし、Ni化合物(A)を触媒として用いて溶液重合させることで(1)を得る。

【0129】

【化5】 40



【0130】

なお、側鎖にエポキシ基を有するノルボルネンの製造方法は、たとえば、(i)(ii)の通りである。

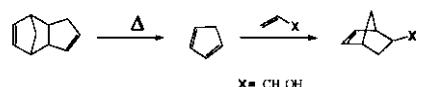
(i) ノルボルネンメタノール(NB-CH₂-OH)の合成

DCPD(ジシクロペンタジエン)のクラッキングにより生成したCPD(シクロペンタ
50

ジエン)とオレフィン($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{OH}$)を高温高圧下で反応させる。

【0131】

【化6】



【0132】

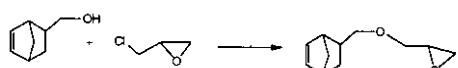
(ii) エポキシノルボルネンの合成

ノルボルネンメタノールとエピクロルヒドリンとの反応により生成する。

10

【0133】

【化7】



【0134】

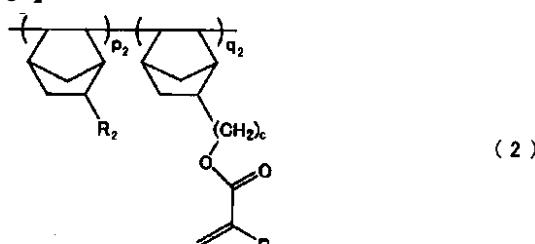
なお、式(1)において、bが2もしくは3の場合には、エピクロルヒドリンのメチレン基がエチレン基、プロピレン基等になったものを使用する。

式(1)で表されるノルボルネン系樹脂の中でも、可撓性と耐熱性の両立を図ることが可能との観点から、特に、R₁が炭素数4～10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、ヘキシリ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。

20

【0135】

【化8】



30

[式中、R₂は、炭素数1～10のアルキル基を表し、R₃は、水素原子またはメチル基を表し、cは、0～3の整数を表し、p₂/q₂が20以下である。]

【0136】

式(2)のノルボルネン系樹脂は、R₂を有するノルボルネンと、側鎖にアクリルおよびメタクリル基を有するノルボルネンとをトルエンに溶かし、上述したNi化合物(A)を触媒に用いて溶液重合させることで得ることができる。

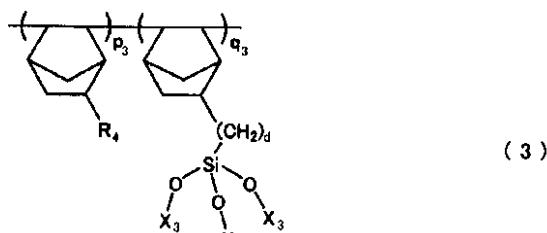
40

【0137】

なお、式(2)で表されるノルボルネン系ポリマーの中でも、可撓性と耐熱性との両立の観点から、特に、R₂が炭素数4～10のアルキル基であり、c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、ヘキシリ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。

【0138】

【化9】



[式(3)中、R₄は、炭素数1～10のアルキル基を表し、各X₃は、それぞれ独立して、炭素数1～3のアルキル基を表し、dは、0～3の整数を表し、p₃/q₃が20以下である。]

10

【0139】

式(3)の樹脂は、R₄を有するノルボルネンと、側鎖にアルコキシシリル基を有するノルボルネンとをトルエンに溶かし、上述したNi化合物(A)を触媒に用いて溶液重合させることで得ることができる。

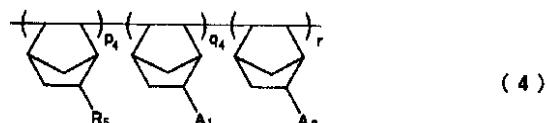
【0140】

なお、式(3)で表されるノルボルネン系ポリマーの中でも、特に、R₄が炭素数4～10のアルキル基であり、dが1または2、X₃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。

20

【0141】

【化10】



30

(式中、R₅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(5)～(7)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、p₄/q₄+rが20以下である。)

【0142】

R₅を有するノルボルネンと、側鎖にA₁およびA₂を有するノルボルネンとをトルエンに溶かし、Ni化合物(A)を触媒に用いて溶液重合させることで(4)を得る。

【0143】

【化11】

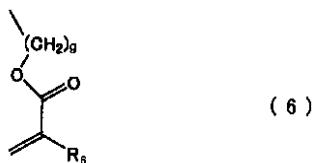
40



[式中、eは、0～3の整数を表し、fは、1～3の整数を表す。]

【0144】

【化12】

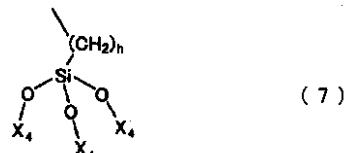


[式中、R₆は、水素原子またはメチル基を表し、gは、0～3の整数を表す。]

【0145】

10

【化13】



[式中、X₄は、それぞれ独立して、炭素数1～3のアルキル基を表し、hは、0～3の整数を表す。]

【0146】

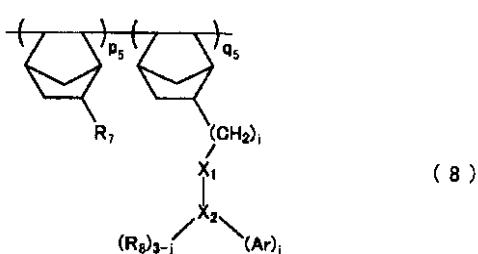
20

なお、式(4)で表されるノルボルネン系ポリマーとしては、例えば、ブチルノルボルネン、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。

【0147】

30

【化14】



[式(8)中、R₇は、炭素数1～10のアルキル基を表し、R₈は、水素原子、メチル基またはエチル基を表し、Ar_j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、iは、0～3の整数を表し、jは、1～3の整数を表し、p₅/q₅が20以下である。]

40

【0148】

R₇を有するノルボルネンと、側鎖に-(CH₂)-X₁-X₂(R₈)_{3-i}(Ar)_jを含むノルボルネンとをトルエンに溶かし、Ni化合物を触媒に用いて溶液重合させることで(8)を得る。

【0149】

なお、式(8)で表されるノルボルネン系ポリマーの中でも、X₁が酸素原子、X₂がシリコン原子、Ar_jがフェニル基であるものが好ましい。

さらには、可撓性、耐熱性および屈折率制御の観点から特に、R₇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_jがフェニル基、R₈がメ

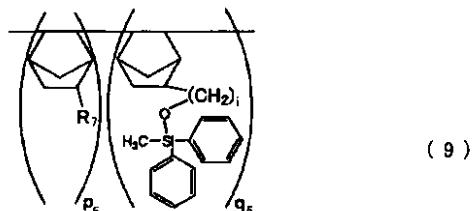
50

チル基、 i が 1、 j 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、ヘキシリ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が好ましい。

具体的には、以下のようなノルボルネン系樹脂を使用することが好ましい。

【0150】

【化15】



[式(9)における R_7 、 R_8 、 p_5 、 q_5 、 i は、式(8)と同じである。]

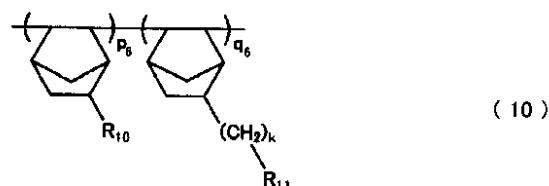
【0151】

また、可撓性と耐熱性および屈折率制御の観点から、式(8)において、 R_7 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、 A_r がフェニル基、 R_8 が水素原子、 i が 0、 j 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、ヘキシリ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であつてもよい。

さらに、ノルボルネン系樹脂として、次のようなものを使用してもよい。

【0152】

【化16】



[式(10)において、 R_{10} は、炭素数 1 ~ 10 のアルキル基を表し、 R_{11} は、アリール基を示し、 k は 0 以上、4 以下である。 p_6/q_6 は 20 以下である。]

【0153】

また、 $p_1/q_1 \sim p_3/q_3$ 、 p_5/q_5 、 p_6/q_6 または $p_4/q_4 + r$ 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 ~ 1.0 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。

以上のようなノルボルネン系樹脂は、脱離性基を有するものであることが好ましい。ここで、脱離性基とは、酸の作用により離脱するものである。

具体的には、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。

【0154】

このうち、離脱により樹脂の屈折率に低下を生じさせる離脱性基としては、-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。

例えば、式(8)で表されるノルボルネン系ポリマーの中で、 X_1 が酸素原子、 X_2 がシリコン原子、 A_r がフェニル基であるものが脱離性基を有するものとなる。

また、式(3)においては、アルコキシリル基の Si-O-X₃ の部分で脱離する場合がある。

10

20

30

40

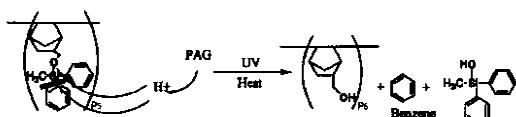
50

【0155】

例えば、式(9)のノルボルネン系樹脂を使用した場合、光酸発生剤(PAGと表記)から発生した酸により、以下のように反応が進むと推測される。なお、ここでは、脱離性基の部分のみを示し、また、 $i = 1$ の場合で説明している。

【0156】

【化17】



10

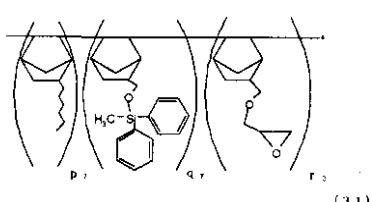
【0157】

さらに、式(9)の構造に加えて、側鎖にエポキシ基を有するものであってもよい。このようなものを使用することで密着性に優れたフィルムが形成可能という効果がある。

具体例として以下のようなものとなる。

【0158】

【化18】



20

[式(31)において、p₇/q₇+r₇は、20以下である。]

【0159】

式(31)で示される化合物は、たとえば、ヘキシリノルボルネンと、ジフェニルメチルノルボルネンメトキシラン（側鎖に-CH₂-O-Si(CH₃)₂(Ph)₂を含むノルボルネン）およびエポキシノルボルネンをトルエンに溶かし、Ni化合物を触媒に用いて溶液重合させることで得ることができる。

【0160】

((B)環状エーテル基を有するモノマー、環状エーテル基を有するオリゴマー)

30

次に、(B)の成分について説明する。

成分(B)は、環状エーテル基を有するモノマーおよび環状エーテル基を有するオリゴマーのうちの少なくとも一方である。この成分(B)は、成分(A)の樹脂と屈折率が異なり、かつ、成分(A)の樹脂と相溶性のあるものであればよい。成分(B)と、成分(A)の樹脂との屈折率差は、0.01以上であることが好ましい。

なお、成分(B)の屈折率は、成分(A)の樹脂よりも高いものであってもよいが、成分(B)は、成分(A)の樹脂よりも屈折率が低いことが好ましい。

【0161】

成分(B)の環状エーテル基を有するモノマー、環状エーテル基を有するオリゴマーは、酸の存在下において開環により重合するものである。モノマー、オリゴマーの拡散性を考慮すると、このモノマーの分子量（重量平均分子量）、オリゴマーの分子量（重量平均分子量）は、それぞれ100以上、400以下であることが好ましい。

40

成分(B)は、たとえば、オキセタニル基あるいは、エポキシ基を有する。このような環状エーテル基は、酸により開環しやすいため、好ましい。

【0162】

オキセタニル基を有するモノマー、オキセタニル基を有するオリゴマーとしては、下記式(11)～(20)の群から選ばれるものが好ましい。これらを使用することで波長850nm近傍での透明性に優れ、可撓性と耐熱性の両立が可能という利点がある。また、これらを単独でも混合して用いても差し支えない。

【0163】

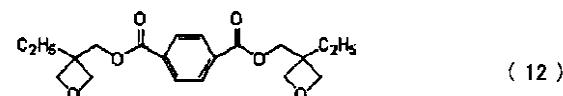
50

【化19】



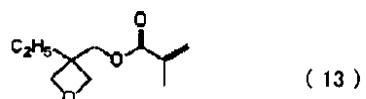
【0164】

【化20】



【0165】

【化21】



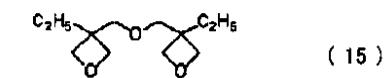
【0166】

【化22】



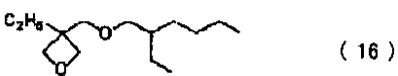
【0167】

【化23】



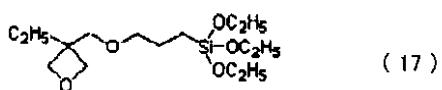
【0168】

【化24】



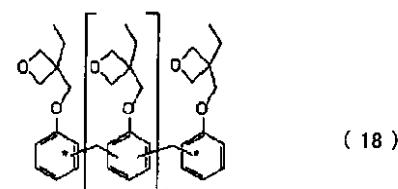
【0169】

【化25】



【0170】

【化26】



[式中、nは0以上、3以下である。]

【0171】

【化27】



【0172】

10

20

30

40

【化28】



【0173】

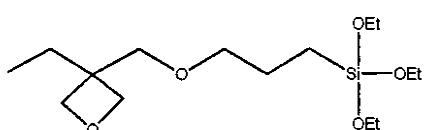
以上のようなモノマーおよびオリゴマーのなかでも、成分(A)の樹脂との屈折率差を確保する観点から式(13)、(15)、(16)、(17)、(20)で表される化合物を使用することが好ましい。

さらには、成分(A)の樹脂との屈折率差がある点、分子量が小さく、モノマーの運動性が高い点、モノマーが容易に揮発しない点を考慮すると、式(20)、式(15)で表される化合物を使用することが特に好ましい。10

また、オキセタニル基を有する化合物としては、以下の式(32)、式(33)で表される化合物を使用することができる。式(32)で表される化合物としては、東亞合成製の商品名TESOX等、式(33)で表される化合物としては、東亞合成製の商品名OX-SQ等を使用することができる。

【0174】

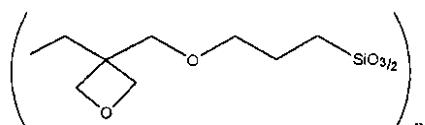
【化29】



20

【0175】

【化30】



[式中、nは1または2である。]

【0176】

30

また、エポキシ基を有するモノマー、エポキシ基を有するオリゴマーとしては、たとえば、以下のようなものがあげられる。このエポキシ基を有するモノマー、オリゴマーは、酸の存在下において開環により重合するものである。

エポキシ基を有するモノマー、エポキシ基を有するオリゴマーとしては、以下の式(34)～(39)で表されるものを使用することができる。なかでも、エポキシ環のひずみエネルギーが大きく反応性に優れるという観点から式(36)～(39)で表される脂環式エポキシモノマーを使用することが好ましい。

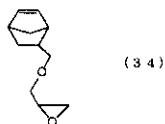
なお、式(34)で表される化合物は、エポキシノルボルネンであり、このような化合物としては、たとえば、プロメラス社製 EPNBを使用することができる。式(35)で表される化合物は、-グリシドキシプロピルトリメトキシシランであり、この化合物としては、たとえば、東レ・ダウコーニング・シリコーン社製 Z-6040を使用することができる。また、式(36)で表される化合物は、2-(3,4-エポキシシクロヘキシル)エチルトリメトキシシランであり、この化合物としては、たとえば、東京化成製 E0327を使用することができる。40

さらに、式(37)で表される化合物は、3,4-エポキシシクロヘキセニルメチル-3,4'-エポキシシクロヘキセンカルボキシレートであり、この化合物としては、たとえば、ダイセル化学社製 セロキサイド2021Pを使用することができる。また、式(38)で表される化合物は、1,2-エポキシ-4-ビニルシクロヘキサンであり、この化合物としては、たとえば、ダイセル化学社製 セロキサイド2000を使用することができる。50

さらに、式(39)で表される化合物は、1,2:8,9ジエポキシリモネンであり、この化合物としては、たとえば、(ダイセル化学社製 セロキサイド3000)を使用することができる。

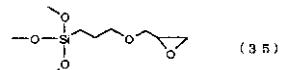
【0177】

【化31】



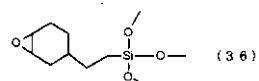
【0178】

【化32】



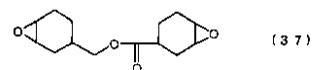
【0179】

【化33】



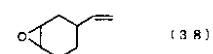
【0180】

【化34】



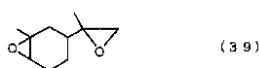
【0181】

【化35】



【0182】

【化36】



【0183】

さらに、(B)の成分として、オキセタニル基を有するモノマー、オキセタニル基を有するオリゴマーと、エポキシ基を有するモノマー、エポキシ基を有するオリゴマーとが併用されていてもよい。

オキセタニル基を有するモノマー、オキセタニル基を有するオリゴマーは重合を開始する開始反応が遅いが、生長反応が速い。これに対し、エポキシ基を有するモノマー、エポキシ基を有するオリゴマーは、重合を開始する開始反応が速いが、生長反応が遅い。そのため、オキセタニル基を有するモノマー、オキセタニル基を有するオリゴマーと、エポキシ基を有するモノマー、エポキシ基を有するオリゴマーとを併用することで、活性放射線を照射した際に、光照射部分と、未照射部分との屈折率差を確実に生じさせることができる。

【0184】

この(B)成分の添加量は、(A)成分100重量部に対し、1重量部以上、50重量部以下であることが好ましく、2重量部以上、20重量部以下であることがより好ましい。これにより、コア／クラッド間の屈折率変調を可能にし、可撓性と耐熱性との両立が図れるという効果がある。

10

20

30

40

50

【0185】

((C) 光酸発生剤)

光酸発生剤としては、光(活性放射線)のエネルギーを吸収してブレンステッド酸あるいはルイス酸を生成するものであればよく、例えば、トリフェニルスルフォニウムトリフルオロメタンスルホネート、トリス(4-t-ブチルフェニル)スルホニウム-トリフルオロメタンスルホネートなどのスルホニウム塩類、p-ニトロフェニルジアゾニウムヘキサフルオロホスフェートなどのジアゾニウム塩類、アンモニウム塩類、ホスホニウム塩類、ジフェニルヨードニウムトリフルオロメタンスルホネート、(トリキュミル)ヨードニウム-テトラキス(ペンタフルオロフェニル)ボレートなどのヨードニウム塩類、キノンジアジド類、ビス(フェニルスルホニル)ジアゾメタンなどのジアゾメタン類、1-フェニル-1-(4-メチルフェニル)スルホニルオキシ-1-ベンゾイルメタン、N-ヒドロキシナフタルイミド-トリフルオロメタンサルホネートなどのスルホン酸エステル類、ジフェニルジスルホンなどのジスルホン類、トリス(2,4,6-トリクロロメチル)-s-トリアジン、2-(3,4-メチレンジオキシフェニル)-4,6-ビス-(トリクロロメチル)-s-トリアジンなどのトリアジン類などの化合物を挙げることができる。これらの光酸発生剤は、単独、または複数を組み合わせて使用することができる。

【0186】

光酸発生剤の含有量は、(A)成分100重量部に対し0.01重量部以上、0.3重量部以下であることが好ましく、0.02重量部以上、0.2重量部以下であることがより好ましい。これにより、反応性の向上という効果がある。

【0187】

感光性樹脂組成物は、以上の(A)、(B)、(C)の成分に加えて、増感剤、酸化防止剤等の添加剤を含有していてもよい。

増感剤は、活性放射線に対する光酸発生剤の感度を増大して、光酸発生剤の活性化(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、光酸発生剤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。

このような増感剤としては、光酸発生剤の感度や増感剤の吸収のピーク波長に応じて適宜選択され、特に限定されないが、たとえば、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、アントラキノン類、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、インダンスリーン類、チオキサンテン-9-オン類(thioxanthen-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ることができる。

【0188】

増感剤の具体例としては、例えば、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。

増感剤の含有量は、感光性樹脂組成物中で、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。

【0189】

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。

【0190】

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 Speciality 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 IRGAFOS

S (登録商標、以下同様である。) 168が好適に用いられる。

【0191】

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。

【0192】

なお、このような酸化防止剤は、例えば、フィルム910が酸化条件に曝されない場合や、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。

10

【0193】

以上の感光性樹脂組成物のうち、成分(A)として側鎖に脱離性基を有する環状オレフイン樹脂と、成分(C)の光酸発生剤と、成分(B)として上記式(100)に記載の第1モノマーと、を含む感光性樹脂組成物が特に好ましい。

【0194】

以下、特に好ましいこの感光性樹脂組成物について説明する。

【0195】

前記側鎖に脱離性基を有する環状オレフイン樹脂を構成する環状オレフイン樹脂(A)としては、前述したようなものを使用できるが、例えばシクロヘキセン、シクロオクテン等の单環体モノマーの重合体、ノルボルネン、ノルボルナジエン、ジシクロペニタジエン、ジヒドロジシクロペニタジエン、テトラシクロドデセン、トリシクロペニタジエン、ジヒドロトリシクロペニタジエン、テトラシクロペニタジエン、ジヒドロテトラシクロペニタジエン等の多環体モノマーの重合体等が挙げられる。これらの中でも多環体モノマーの重合体の中から選ばれる1種以上の環状オレフイン樹脂が好ましく用いられる。これにより、樹脂の耐熱性を向上することができる。

20

【0196】

なお、重合形態としては、ランダム重合、ブロック重合等の公知の形態を適用することができる。例えばノルボルネン型モノマーの重合の具体例としては、ノルボルネン型モノマーの(共)重合体、ノルボルネン型モノマーと-オレフイン類などの共重合可能な他のモノマーとの共重合体、およびこれらの共重合体の水素添加物などが具体例に該当する。これら環状オレフイン樹脂は、公知の重合法により製造することが可能であり、その重合方法には付加重合法と開環重合法とがあり、前述の中でも付加重合法で得られる環状オレフイン樹脂(特にノルボルネン系樹脂)が好ましい(すなわち、ノルボルネン系化合物の付加重合体)。これにより、透明性、耐熱性および可撓性に優れる。

30

【0197】

前記脱離性基としては、光酸発生剤から発生する酸(H⁺)の作用により分子の一部が切断されて離脱するものである。具体的には、分子構造中(側鎖)に、前述したような-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。上述したような離脱性基は、酸(H⁺)の作用により比較的容易に離脱する。

40

上述した脱離性基の中でも離脱により樹脂の屈折率に低下を生じさせる脱離性基としては、-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。

前記脱離性基の含有量は、特に限定されないが、前記側鎖に脱離性基を有する環状オレフイン樹脂中の10~80重量%であるのが好ましく、特に20~60重量%であるのがより好ましい。含有量が前記範囲内であると、特に可撓性と屈折率変調機能(屈折率差を大きくする効果)との両立に優れる。

【0198】

このような側鎖に脱離性基を有する環状オレフイン樹脂としては、上記式(101)および/または上記式(102)で示される繰り返し単位を有するものが好ましい。これに

50

より、樹脂の屈折率を高くすることができる。

【0199】

前記感光性樹脂組成物は、上記式(100)に記載のモノマー(以下、第1モノマーという)を含む。これにより、さらに左右のコア／クラッド間の屈折率差を拡大することができる。

【0200】

第1モノマーの含有量は、特に限定されないが、前記側鎖に脱離性基を有する環状オレフィン樹脂100重量部に対して1重量部以上、50重量部以下であることが好ましく、特に2重量部以上、20重量部以下であることが好ましい。これにより、コア／クラッド間の屈折率変調を可能にし、可撓性と耐熱性との両立が図られる。

10

【0201】

このように、上述した第1モノマーを側鎖に脱離性基を有する環状オレフィン樹脂と併用した場合に、コア／クラッド間の屈折率変調と、可撓性とのバランスに優れることの理由は、以下の通りと考えられる。

まず、以上のような感光性樹脂組成物を用いた場合に、コア／クラッド間の屈折率変調に優れるのは、活性放射線照射等によって発生した酸により、第1モノマーが重合反応を開始するとき、第1モノマーがその反応性に優れているからである。第1モノマーの反応性が優れていると、第1モノマーの硬化性が高くなり、第1モノマーの濃度勾配によって生じる第1モノマーの拡散性が向上する。それによって、活性放射線照射領域と、未照射領域との屈折率差を大きくすることができる。

20

また、第1モノマーは一官能であるために、重合反応が進行して感光性樹脂組成物としての架橋密度はそれほど高くはならない。そのため、可撓性にも優れている。

【0202】

前記感光性樹脂組成物は、特に限定されないが、前記第1モノマーと異なる第2モノマーを含んでいてもよい。なお、前記第1モノマーと異なる第2モノマーとは、構造が異なるモノマーでもよく、分子量が異なるモノマーでもよい。

なかでも、第2モノマーは、成分(B)として含まれており、例えばエポキシ化合物、式(100)で示されるものと異なる他のオキセタン化合物、ビニルエーテル化合物等が挙げられる。これらの中でもエポキシ化合物(特に脂環式エポキシ化合物)および2官能のオキセタン化合物(オキセタニル基を2つ有するモノマー)の少なくとも1種が好ましい。これにより、前記第1モノマーと前記環状オレフィン樹脂との反応性を向上させることができ、それによって透明性を保持しつつ、導波路の耐熱性を向上させることができる。

30

第2モノマーとしては、具体的には、上記式(15)の化合物、上記式(12)の化合物、上記式(11)の化合物、上記式(18)の化合物、上記式(19)の化合物、上記式(34)～(39)の化合物が挙げられる。

【0203】

前記第2モノマーの含有量は、特に限定されないが、前記環状オレフィン樹脂100重量部に対して1重量部以上、50重量部以下であることが好ましく、特に2重量部以上、20重量部以下であることがより好ましい。これにより、前記第1モノマーとの反応性を向上させることができる。

40

【0204】

また、前記第2モノマーと前記第1モノマーとの併用割合も特に限定されないが、重量比(前記第2モノマーの重量／前記第1モノマーの重量)で、0.1～1が好ましく、特に0.1～0.6が好ましい。併用割合が前記範囲内であると、反応性の速さと導波路の耐熱性とのバランスに優れる。

【0205】

光酸発生剤の含有量は、特に限定されないが、前記側鎖に脱離性基を有する環状オレフィン系樹脂100重量部に対して0.01重量部以上、0.3重量部以下であることが好ましく、特に0.02重量部以上、0.2重量部以下であることがより好ましい。含有量

50

が下限値未満であると反応性が低下する場合があり、前記上限値を超えると光導波路に着色が生じて光損失が低下する場合がある。

【0206】

前記感光性樹脂組成物は、上述した環状オレフィン系樹脂、光酸発生剤、第1モノマーおよび第2モノマー以外に、硬化触媒、酸化防止剤等を含んでいてもよい。

また、上述した感光性樹脂組成物は、コア部94の形成用の組成物として用いることができる。

【0207】

(光導波路の製造方法)

図7、8、9は、それぞれ、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

ここでは、成分(B)が成分(A)の環状オレフィン樹脂よりも屈折率が低いものである場合の感光性樹脂組成物を用いて光導波路を製造する方法を例にして説明する。

【0208】

まず、図7(A)に示すように、感光性樹脂組成物を溶媒に溶かしてワニス900を調製し、このワニス900をクラッド層91上に塗布する。

感光性樹脂組成物をワニス状に調製する溶媒としては、たとえば、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)などのエーテル系溶媒、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などのセロソルブ系溶媒、ヘキサン、ベンタン、ヘプタン、シクロヘキサンなどの脂肪族炭化水素系溶媒、トルエン、キシレン、ベンゼン、メシチレンなど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、メチルピロリドンなど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)などのアミド系溶媒、ジクロロメタン、クロロホルム、1,2-ジクロロエタンなどのハロゲン化合物系溶媒、酢酸エチル、酢酸メチル、ギ酸エチルなどのエステル系溶媒、ジメチルスルホキシド(DMSO)、スルホランなどの硫黄化合物系溶媒の各種有機溶媒、または、これらを含む混合溶媒が挙げられる。

20

【0209】

次に、光導波路9のクラッド層91上にワニス900を塗布した後、乾燥させて、溶媒を蒸発(脱溶媒)させる。これにより、図7(B)に示すように、ワニス900は、光導波路形成用のフィルム910となる。このフィルム910は、後述する活性放射線の照射により、コア部94とクラッド部95とが形成されたコア層93となる。

30

ここで、ワニス900を塗布する方法としては、たとえば、ドクターブレード法、スピノコート法、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。クラッド層91としては、たとえば、後述するコア部94よりも屈折率が低いシートが使用され、たとえば、ノルボルネン系樹脂と、エポキシ樹脂とを含むシートが使用される。

40

【0210】

次に、フィルム910に対し、選択的に活性放射線(たとえば、紫外線)を照射する。

この際、図8(A)に示すように、フィルム910の上方に開口が形成されたマスクMを配置する。このマスクMの開口を介して、フィルム910に対し、活性放射線を照射する。

用いられる活性放射線としては、例えば、波長200~450nmの範囲にピーク波長を有するものが挙げられる。これにより、光酸発生剤の組成にもよるが、光酸発生剤を比較的容易に活性化させることができる。

【0211】

前記マスクMの構成材料としては、照射する活性放射線により適宜選定される。具体的には、マスクMの構成材料としては、前記フィルム910に照射する活性放射線を遮光し

50

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M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。

【0212】

マスクM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、フィルム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。

【0213】

マスクM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とともに、ハンドリングがしやすく、生産性の向上に有利であるからである。10

【0214】

また、活性放射線の照射量は、特に限定されないが、 $0.1 \sim 9 \text{ J/cm}^2$ 程度であるのが好ましく、 $0.2 \sim 6 \text{ J/cm}^2$ 程度であるのがより好ましく、 $0.2 \sim 3 \text{ J/cm}^2$ 程度であるのがさらに好ましい。

なお、レーザー光のように指向性の高い活性放射線を用いる場合には、マスクMの使用を省略することもできる。

【0215】

フィルム910のうち、活性放射線が照射された領域では、光酸発生剤から酸が発生することとなる。発生した酸により、成分(B)が重合する。20

活性放射線が照射されていない領域では、光酸発生剤から酸が発生しないため、成分(B)は重合しない。照射部分では、成分(B)が重合しポリマーとなるため、成分(B)量が少なくなる。これに応じて、未照射部分の成分(B)が照射部分に拡散し、これにより、照射部分と未照射部分との屈折率差が生じる。

ここで、成分(B)が、環状オレフィン樹脂よりも屈折率が低い場合には、未照射部分の成分(B)が照射部分に拡散することで、未照射部分の屈折率が高くなるとともに、照射部分の屈折率は低くなる。

なお、成分(B)が重合したポリマーと、環状エーテル基を有するモノマーとの屈折率差は、0以上、0.001以下程度であり、屈折率は略同じであると考えられる。

【0216】

このように上述した感光性樹脂組成物を使用した場合には、光酸発生剤から発生する酸により、成分(B)の重合を開始させることが可能である。

【0217】

さらに、本発明に用いられる環状オレフィン樹脂は必ずしも脱離性基を有していないくてよいが、成分(A)として、脱離性基を有する環状オレフィン樹脂を使用している場合には、以下の作用が生じる。

活性放射線を照射した部分では、光酸発生剤から発生した酸により、環状オレフィン樹脂の脱離性基が脱離することとなる。-Si-アリール構造、-Si-ジフェニル構造および-O-Si-ジフェニル構造等の脱離性基の場合、離脱により樹脂の屈折率が低下することとなる。そのため、照射部分の屈折率は脱離性基の脱離前に比べてさらに低下することとなる。40

【0218】

次に、フィルム910を加熱する。この加熱工程において、活性放射線を照射した照射部分の成分(B)がさらに重合する。一方で、この加熱工程において、未照射部分の成分(B)は揮発することとなる。これにより、未照射部分では、成分(B)が少なくなり、環状オレフィン樹脂に近い屈折率となる。

このフィルム910においては、図8(B)に示すように、活性放射線が照射された領域がクラッド部95となり、未照射領域がコア部94となる。コア部94における前記成分(B)由来の構造体濃度と、クラッド部95における前記成分(B)由来の構造体濃度とが異なる。具体的には、コア部94における成分(B)由来の構造体濃度は、クラッド50

部 9 5 における成分 (B) 由来の構造体濃度より低い。

また、クラッド部 9 5 は、コア部 9 4 よりも屈折率が低くなり、クラッド部 9 5 とコア部 9 4 との屈折率差は、0.01 以上となる。以上のようにして、フィルム 9 1 0 には、コア部 9 4 とクラッド部 9 5 とが形成され、コア層 9 3 が得られる。

【 0 2 1 9 】

この加熱工程における加熱温度は、特に限定されないが、30 ~ 180 度であるのが好ましく、40 ~ 160 度であるのがより好ましい。

また、加熱時間は、活性放射線を照射した照射部分の成分 (B) の重合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。

10

【 0 2 2 0 】

その後、このコア層 9 3 上に、クラッド層 9 1 と同様のフィルムを貼り付ける。このフィルムがクラッド層 9 2 となる。一対のクラッド層 9 1 、9 2 は、クラッド部 9 5 とは異なる方向から、コア部 9 4 を挟むように配置されることとなる。

なお、クラッド層 9 2 は、フィルム状のものを貼り付けるのではなく、コア層 9 3 上に液状材料を塗布し硬化 (固化) させる方法によっても形成することができる。

【 0 2 2 1 】

クラッド層 9 1 (9 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。

20

【 0 2 2 2 】

クラッド層 9 1 (9 2) を塗布法で形成する場合、例えば、スピンドルコート法、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。

【 0 2 2 3 】

クラッド層 9 1 (9 2) 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て (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。

30

【 0 2 2 4 】

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。

【 0 2 2 5 】

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 9 1 (9 2) 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 9 1 (9 2) が軟化して、変形するのを防止することができる。

40

【 0 2 2 6 】

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 9 1 (9 2) を得ることができる。

【 0 2 2 7 】

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も好ましい。

【 0 2 2 8 】

さらに、クラッド層 9 1 (9 2) 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

50

ラッド層 9 1、9 2 とコア層 9 3との層間剥離が生じ難く、クラッド層 9 1、9 3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 9 3の構成材料として好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。

【0229】

クラッド層 9 1、9 2の平均厚さは、コア層 9 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 9 1、9 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 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。

10

【0230】

以上の工程により、図 9 に示す光導波路 9 が得られる。

また、本発明において用いる感光性樹脂組成物により光導波路 9 を得た場合には、特に半田耐リフロー性に優れる。さらに、光導波路 9 を曲げた場合であっても光損失を少なくすることができる。

【0231】

なお、上記の説明では、クラッド層 9 1 上に直接、感光性樹脂組成物を供給し、フィルム 9 10(コア層 9 3)を形成する場合について説明したが、別の基材上にフィルム 9 10(コア層 9 3)を形成した後、得られたコア層 9 3をクラッド層 9 1 またはクラッド層 9 2 上に転写し、その後、コア層 9 3を介してクラッド層 9 1 とクラッド層 9 2 とを重ね合わせるようにしてもよい。

20

前記基板には、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。

【0232】

次に、本実施形態の作用効果について説明する。

本実施形態において用いる感光性樹脂組成物に光を当てると、光酸発生剤から酸が発生し、照射部分のみにおいて、成分(B)が重合されることとなる。そうすると、照射部分における成分(B)の量が少なくなるため、未照射部分の成分(B)が照射部分に拡散し、これにより、照射部分と未照射部分とで屈折率差が生じる。具体的には、本実施形態では、ベースポリマーとして、成分(B)よりも屈折率が高い置換または無置換の環状オレフィン樹脂を使用しているため、未照射部分の成分(B)が照射部分に拡散することで、未照射部分の屈折率が、照射部分の屈折率よりも高くなる。

30

【0233】

これに加え、活性放射線照射後、感光性樹脂組成物の加熱を行うと、未照射部分から成分(B)が揮発する。これにより、照射部分と未照射部分とでさらに屈折率差が生じる。

このように感光性樹脂組成物を使用することで、照射部分と未照射部分とで確実に屈折率差を形成することができる。また、本発明によれば、単に活性放射線を照射するという簡単な方法でコア部をパターニングすることができる。例えば、フォトマスク等の露光パターンを適宜選択することにより、どのような形状や配置の光路(コア部)でも形成することができ、また、細い光路でもシャープに形成することができるので、回路の集積化に寄与し、デバイスの小型化が図られる。すなわち、本発明によれば、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。

40

【0234】

なお、従来、オキセタニル基等を有するノルボルネン系樹脂を、熱酸発生剤により架橋させる技術が知られている。しかしながら、このような技術に用いられる組成物は、ベースポリマーとして、オキセタニル基等を有するノルボルネン系樹脂を含有する。そして、組成物全体を加熱させ、組成物全体において架橋構造を生じさせるものである。そのため

50

、従来用いられていたこの組成物には、選択的に活性放射線を照射し、酸を発生させることで、選択的に重合を生じさせ、モノマー濃度が少なくなった領域にモノマーが拡散して、濃度差ができるという技術的思想は全くない。

これに対し、本実施形態において用いる感光性樹脂組成物は、選択的に活性放射線を照射すると、酸の発生により照射部分における成分（B）の量が少なくなるため、未照射部分の成分（B）が照射部分に拡散し、これにより、照射部分と未照射部分とで屈折率差が生じることを見出したものである。

【0235】

また、環状オレフィン樹脂を、光酸発生剤から発生する酸により脱離し、脱離により、成分（A）の環状オレフィン樹脂の屈折率を低下させる脱離性基を有するものとした場合には、活性放射線を照射した領域の屈折率を、未照射領域に比べ確実に低下させることができる。10

一方で、環状オレフィン樹脂を脱離性基を有しないものとした場合には、側鎖が化学的に安定となるため、活性放射線照射や、加熱等の条件により、コア部、クラッド部の屈折率が変動してしまうことを抑制できる。

【0236】

さらに、本実施形態では、成分（A）としてノルボルネン系樹脂を使用している。これにより、特定波長における光透過性を確実に高めることができ、伝搬損失の低減を確実に図ることができる。

また、クラッド部95は、コア部94よりも屈折率が低く、クラッド部95とコア部94との屈折率差を0.01以上とすることで、確実に光をコア部94に閉じ込めることができ、光の伝搬損失の発生を抑制できる。20

【0237】

一方、従来、光導波路形成用の組成物として、ポリマー、モノマー、助触媒および触媒前駆体を含むものが知られている。

このうち、モノマーは、活性放射線の照射により反応物を形成し、活性放射線を照射した領域の屈折率を、未照射領域の屈折率と異ならせ得るものである。

また、触媒前駆体は、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、活性放射線の照射により活性化した助触媒の作用により、活性化温度が変化する物質である。この活性化温度の変化により、活性放射線の照射領域と未照射領域との間で、モノマーの反応を開始させる温度が異なり、その結果、照射領域のみにおいて反応物を形成させることができる。30

【0238】

これに対し、本実施形態において用いる感光性樹脂組成物は、このような多量の金属元素を含む物質を必要としない。このため、上述したような伝搬損失の増加が防止され、伝搬効率に優れかつ耐熱性に優れた光導波路9が得られる。

このような従来の組成物を用いた場合でも活性放射線照射によりコア部とクラッド部とを作り分けることができるが、本実施形態に用いられる感光性樹脂組成物によれば、コア部94とクラッド部95との屈折率差をより拡大するとともに、耐熱性が向上するため、より信頼性の高い光導波路9が得られる。これは主に、成分（A）および成分（B）の組成を最適化したことによるものである。40

【0239】

このような感光性樹脂組成物を使用することで、本発明は、光の伝搬損失の発生が抑制された光導波路フィルム等を提供することができる。なかでも、湾曲した光導波路を形成した場合において、光の伝搬損失の発生を顕著に抑制することができる。

【0240】

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。

【0241】

また、前記各実施形態において、発光素子10を有する例について説明したが、発光素50

子 10 および受光素子のいずれか一方を有するものでもよい。もちろん、発光素子と受光素子の双方を 1 組または 2 組以上搭載するものでもよい。また、電子回路素子（電子回路部）は、省略されていてもよい。

【0242】

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。

【実施例】

【0243】

次に、本発明の実施例について説明する。

10

【0244】

A . 光導波路の製造

(実施例 1)

(1) 脱離性基を有するノルボルネン系樹脂の合成

水分および酸素濃度がいずれも 1 ppm 以下に制御され、乾燥窒素で充満されたグローブボックス中において、ヘキシリルノルボルネン (H x N B) 7.2 g (40.1 mmol) 、ジフェニルメチルノルボルネンメトキシシラン 12.9 g (40.1 mmol) を 500 mL バイアル瓶に計量し、脱水トルエン 60 g と酢酸エチル 11 g を加え、シリコン製のシーラーを被せて上部を密栓した。

次に、100 mL バイアルビン中に下記化学式 (B) で表わされる Ni 触媒 1.56 g (3.2 mmol) と脱水トルエン 10 mL を計量し、スターラーチップを入れて密栓し、触媒を十分に攪拌して完全に溶解させた。

20

この下記化学式 (B) で表わされる Ni 触媒溶液 1 mL をシリングで正確に計量し、上記 2 種のノルボルネンを溶解させたバイアル瓶中に定量的に注入し室温で 1 時間攪拌したところ、著しい粘度上昇が確認された。この時点で栓を抜き、テトラヒドロフラン (THF) 60 g を加えて攪拌を行い、反応溶液を得た。

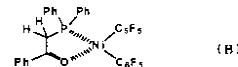
100 mL ビーカーに無水酢酸 9.5 g 、過酸化水素水 18 g (濃度 30 %) 、イオン交換水 30 g を加えて攪拌し、その場で過酢酸水溶液を調製した。次にこの水溶液全量を上記反応溶液に加えて 12 時間攪拌して Ni の還元処理を行った。

次に、処理の完了した反応溶液を分液ロートに移し替え、下部の水層を除去した後、イソプロピルアルコールの 30 % 水溶液を 100 mL 加えて激しく攪拌を行った。静置して完全に二層分離が行われた後で水層を除去した。この水洗プロセスを合計で 3 回繰り返した後、油層を大過剰のアセトン中に滴下して生成したポリマーを再沈殿させ、ろ過によりろ液と分別した後、60 ℃ に設定した真空乾燥機中で 12 時間加熱乾燥を行うことにより、ポリマー #1 を得た。ポリマー #1 の分子量分布は、GPC 測定により、Mw = 10 万、Mn = 4 万であった。また、ポリマー #1 中の各構造単位のモル比は、NMR による同定により、ヘキシリルボルネン構造単位が 50 mol % 、ジフェニルメチルノルボルネンメトキシシラン構造単位が 50 mol % であった。また屈折率はメトリコンにより 1.55 (測定波長 ; 633 nm) であった。

30

【0245】

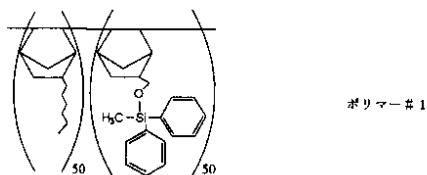
【化 37】



【0246】

40

【化38】



【0247】

(2) 感光性樹脂組成物の製造

精製した上記ポリマー#1 10 gを100mLのガラス容器に秤量し、これにメチチレン40 g、酸化防止剤Irganox 1076(チバガイギー社製)0.01 g、シクロヘキシリオキセタンモノマー(式20(式100)で示した第1モノマー、東亜合成製CHOX、CAS#483303-25-9、分子量186、沸点125 / 1.33kPa)2 g、光酸発生剤Rhodorsil Photoinitiator 2074(Rhodia社製、CAS# 178233-72-2)(1.36E-2g、酢酸エチル0.1mL中)を加え均一に溶解させた後、0.2μmのPTFEフィルターによりろ過を行い、清浄な感光性樹脂組成物ワニスV1を得た。

【0248】

(3) 光導波路フィルムの製造

(下側クラッド層の作製)

20

シリコンウェハ上に感光性ノルボルネン樹脂組成物(プロメラス社製Avatre12000Pワニス)をドクターブレードにより均一に塗布した後、45の乾燥機に15分間投入した。溶剤を完全に除去した後、塗布された全面に紫外線を100mJ照射し、乾燥機中120で1時間加熱して、塗膜を硬化させて、下側クラッド層を形成させた。形成された下側クラッド層は、厚みが20μmであり、無色透明であり、屈折率は1.52(測定波長；633nm)であった。

【0249】

(コア層の形成)

上記下側クラッド層上に感光性樹脂組成物ワニスV1をドクターブレードによって均一に塗布した後、45の乾燥機に15分間投入した。溶剤を完全に除去した後、フォトマスクを圧着して紫外線を500mJ/cm²で選択的に照射した。マスクを取り去り、乾燥機中45で30分、85で30分、150で1時間と三段階で加熱を行った。加熱後、非常に鮮明な導波路パターンが現れているのが確認された。また、コア部およびクラッド部の形成が確認された。

30

【0250】

(上側クラッド層の形成)

ポリエーテルスルホン(PES)フィルム上に、予め乾燥厚み20μmになるようにAvatre12000Pを積層させたドライフィルムを、上記コア層に貼り合わせ、140に設定された真空ラミネーターに投入して熱圧着を行った。その後、紫外線を100mJ全面照射し乾燥機中120で1時間加熱して、Avatre12000Pを硬化させて、上側クラッド層を形成させ、光導波路を得た。このとき、上側クラッド層は、無色透明であり、その屈折率は1.52であった。

40

【0251】

(4) 評価

(光導波路の損失評価)

850nmVCSEL(面発光レーザー)より発せられた光を50μmの光ファイバーを経由して上記光導波路に導入し、200μmの光ファイバーで受光を行って光の強度を測定した。なお、測定にはカットバック法を採用した。光導波路の長手方向を横軸にとり、挿入損失を縦軸にプロットしていくところ、測定値はきれいに直線上に並び、その傾きから伝搬損失は0.03dB/cmと算出することができた。

50

【0252】

(コア部とクラッド部との屈折率差)

上記(コア層の形成)で形成した、水平方向に隣接する左右のコア部 - クラッド部間の屈折率差は、次のように求めた。

カナダ国 EXFO社製 Optical waveguide analyzer OWA-9500により波長 656 nm のレーザー光を光導波路に照射し、コア領域およびクラッド領域の屈折率をそれぞれ実測して、それらの差を算出した。その結果、屈折率差は 0.02 であった。

【0253】

(実施例2)

(1) 脱離性基を有しないノルボルネン系樹脂の合成

10

水分および酸素濃度がいずれも 1 ppm 以下に制御され、乾燥窒素で充満されたグローブボックス中において、ヘキシルノルボルネン (H_xNB) 9.4 g (53.1 mmol)、フェニルエチルノルボルネン 10.5 g (53.1 mmol) を 500 mL バイアル瓶に計量し、脱水トルエン 60 g と酢酸エチル 11 g を加え、シリコン製のシーラーを被せて上部を密栓した。

次に、100 mL バイアル瓶中に上記化学式(B)で表わされる Ni 触媒 2.06 g (3.2 mmol) と脱水トルエン 10 mL を計量し、スターラーチップを入れて密栓し、触媒を十分に搅拌して完全に溶解させた。

上記化学式(B)で表わされる Ni 触媒溶液 1 mL をシリジンで正確に計量し、上記 2 種のノルボルネンを溶解させたバイアル瓶中に定量的に注入し室温で 1 時間搅拌したところ、著しい粘度上昇が確認された。この時点で栓を抜き、テトラヒドロフラン (THF) 60 g を加えて搅拌を行い、反応溶液を得た。

20

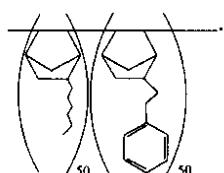
100 mL ビーカーに無水酢酸 9.5 g、過酸化水素水 18 g (濃度 30%)、イオン交換水 30 g を加えて搅拌し、その場で過酢酸水溶液を調製した。次にこの水溶液全量を上記反応溶液に加えて 12 時間搅拌して Ni の還元処理を行った。

次に、処理の完了した反応溶液を分液ロートに移し替え、下部の水層を除去した後、イソプロピルアルコールの 30% 水溶液を 100 mL 加えて激しく搅拌を行った。静置して完全に二層分離が行われた後で水層を除去した。この水洗プロセスを合計で 3 回繰り返した後、油層を大過剰のアセトン中に滴下して生成したポリマーを再沈殿させ、ろ過によりろ液と分別した後、60 ℃ に設定した真空乾燥機中で 12 時間加熱乾燥を行うことにより、ポリマー #2 を得た。ポリマー #2 の分子量分布は、GPC 測定により、M_w = 9 万、M_n = 4 万であった。また、ポリマー #2 中の各構造単位のモル比は、NMR による同定により、ヘキシルノルボルネン構造単位が 50 mol %、フェニルエチルノルボルネン構造単位が 50 mol % であった。また屈折率はメトリコンにより 1.54 (測定波長; 633 nm) であった。

30

【0254】

【化39】



(ポリマー#2)

40

【0255】

(2) 感光性樹脂組成物の製造

精製した上記ポリマー #2 10 g を 100 mL のガラス容器に秤量し、これにメシチレン 40 g、酸化防止剤 Ir ganox 1076 (チバガイギー社製) 0.01 g、シクロヘキシルオキセタンモノマー (式 20 で示したもの、東亜合成製 CHO X、CAS # 483303-25-9、分子量 186、沸点 125 / 1.33 kPa) 2 g、光酸発生剤 Rhodorsil Photoinitiator 2074 (Rhodia 社製

50

、 C A S # 1 7 8 2 3 3 - 7 2 - 2) (1.36E-2g、酢酸エチル 0 . 1 m L 中) を加え均一に溶解させた後、 0 . 2 μ m の P T F E フィルターによりろ過を行い、清浄な感光性樹脂組成物ワニス V 2 を得た。

【 0 2 5 6 】

(3) 光導波路フィルムの製造

(下側クラッド層の作製)

実施例 1 と同様の下側クラッド層を作製した。

【 0 2 5 7 】

(コア層の形成)

上記下側クラッド層上に感光性樹脂組成物ワニス V 2 をドクターブレードによって均一に塗布した後、 4 5 の乾燥機に 1 5 分間投入した。溶剤を完全に除去した後、フォトマスクを圧着して紫外線を 5 0 0 m J / c m² で選択的に照射した。マスクを取り去り、乾燥機中 4 5 で 3 0 分、 8 5 で 3 0 分、 1 5 0 で 1 時間と三段階で加熱を行った。加熱後、非常に鮮明な導波路パターンが現れているのが確認された。また、コア部およびクラッド部の形成が確認された。10

【 0 2 5 8 】

(上側クラッド層の形成)

実施例 1 と同様の上側クラッド層を作製した

【 0 2 5 9 】

(4) 評価

実施例 1 と同じ方法により、評価を行った。伝搬損失は 0 . 0 4 d B / c m と算出することができた。コア部とクラッド部の屈折率差は 0 . 0 1 であった。20

【 0 2 6 0 】

(実施例 3)

(1) 脱離性基を有するノルボルネン系樹脂の合成

実施例 1 と同様の方法でノルボルネン系樹脂を作製した。

【 0 2 6 1 】

(2) 感光性樹脂組成物の製造

精製した上記ポリマー # 1 1 0 g を 1 0 0 m L のガラス容器に秤量し、これにメシチレン 4 0 g 、酸化防止剤 I r g a n o x 1 0 7 6 (チバガイギー社製) 0 . 0 1 g 、 2 官能オキセタンモノマー (式 (1 5) で示したもの、東亜合成製、 D O X 、 C A S # 1 8 9 3 4 - 0 0 - 4 、分子量 2 1 4 、沸点 1 1 9 / 0 . 6 7 k P a) 2 g 、光酸発生剤 R h o d o r s i l P h o t o i n i t i a t o r 2 0 7 4 (R h o d i a 社製、 C A S # 1 7 8 2 3 3 - 7 2 - 2) (1.36E-2g、酢酸エチル 0 . 1 m L 中) を加え均一に溶解させた後、 0 . 2 μ m の P T F E フィルターによりろ過を行い、清浄な感光性樹脂組成物ワニス V 3 を得た。30

【 0 2 6 2 】

(3) 光導波路フィルムの製造

(下側クラッド層の作製)

実施例 1 と同様の下側クラッド層を作製した。40

【 0 2 6 3 】

(コア層の形成)

上記下側クラッド層上に感光性樹脂組成物ワニス V 3 をドクターブレードによって均一に塗布した後、 4 5 の乾燥機に 1 5 分間投入した。溶剤を完全に除去した後、フォトマスクを圧着して紫外線を 5 0 0 m J / c m² で選択的に照射した。マスクを取り去り、乾燥機中 4 5 で 3 0 分、 8 5 で 3 0 分、 1 5 0 で 1 時間と三段階で加熱を行った。加熱後、非常に鮮明な導波路パターンが現れているのが確認された。また、コア部およびクラッド部の形成が確認された。

【 0 2 6 4 】

(上側クラッド層の形成)

50

実施例 1 と同様の上側クラッド層を作製した。

【0265】

(4) 評価

実施例 1 と同じ方法により、評価を行った。伝搬損失は 0.04 dB/cm と算出することができた。コア部とクラッド部の屈折率差は 0.01 であった。

【0266】

(実施例 4)

(1) 脱離性基を有するノルボルネン系樹脂の合成

実施例 1 と同様の方法でノルボルネン系樹脂を作製した。

【0267】

10

(2) 感光性樹脂組成物の製造

精製した上記ポリマー #1 10 g を 100 mL のガラス容器に秤量し、これにメシチレン 40 g、酸化防止剤 Irganox 1076 (チバガイギー社製) 0.01 g、脂環式エポキシモノマー (式 (37) で示したもの、ダイセル化学製、セロキサイド 2021 P、CAS # 2386-87-0、分子量 252、沸点 188 / 4 hPa) 2 g、光酸発生剤 Rhodorsil Photoinitiator 2074 (Rhodia 社製、CAS # 178233-72-2) (1.36E-2g、酢酸エチル 0.1 mL 中) を加え均一に溶解させた後、0.2 μm の PTFE フィルターによりろ過を行い、清浄な感光性樹脂組成物ワニス V4 を得た。

【0268】

20

(3) 光導波路フィルムの製造

(下側クラッド層の作製)

実施例 1 と同様の下側クラッド層を作製した。

【0269】

(コア層の形成)

上記下側クラッド層上に感光性樹脂組成物ワニス V4 をドクターブレードによって均一に塗布した後、45 の乾燥機に 15 分間投入した。溶剤を完全に除去した後、フォトマスクを圧着して紫外線を 500 mJ/cm² で選択的に照射した。マスクを取り去り、乾燥機中 45 で 30 分、85 で 30 分、150 で 1 時間と三段階で加熱を行った。加熱後、非常に鮮明な導波路パターンが現れているのが確認された。また、コア部およびクラッド部の形成が確認された。

30

【0270】

(上側クラッド層の形成)

実施例 1 と同様の上側クラッド層を作製した。

【0271】

(4) 評価

実施例 1 と同じ方法により、評価を行った。伝搬損失は 0.04 dB/cm と算出することができた。コア部とクラッド部の屈折率差は 0.01 であった。

【0272】

(実施例 5)

40

(1) 脱離性基を有するノルボルネン系樹脂の合成

実施例 1 と同様の方法でノルボルネン系樹脂を作製した。

【0273】

(2) 感光性樹脂組成物の製造

精製した上記ポリマー #1 10 g を 100 mL のガラス容器に秤量し、これにメシチレン 40 g、酸化防止剤 Irganox 1076 (チバガイギー社製) 0.01 g、シクロヘキシリオキセタンモノマー (式 20 で示したもの、東亜合成製 CHOX) 1 g、脂環式エポキシモノマー (ダイセル化学製、セロキサイド 2021 P) 1 g、光酸発生剤 Rhodorsil Photoinitiator 2074 (Rhodia 社製、CAS # 178233-72-2) (1.36E-2g、酢酸エチル 0.1 mL 中) を加え均一に

50

溶解させた後、 $0.2\text{ }\mu\text{m}$ の PTFE フィルターによりろ過を行い、清浄な感光性樹脂組成物ワニス V 5 を得た。

【0274】

(3) 光導波路フィルムの製造

(下側クラッド層の作製)

実施例 1 と同様の下側クラッド層を作製した。

【0275】

(コア層の形成)

上記下側クラッド層上に感光性樹脂組成物ワニス V 5 をドクターブレードによって均一に塗布した後、45 の乾燥機に 15 分間投入した。溶剤を完全に除去した後、フォトマスクを圧着して紫外線を 500 mJ/cm^2 で選択的に照射した。マスクを取り去り、乾燥機中 45 度 30 分、85 度 30 分、150 度 1 時間と三段階で加熱を行った。加熱後、非常に鮮明な導波路パターンが現れているのが確認された。また、コア部およびクラッド部の形成が確認された。10

【0276】

(上側クラッド層の形成)

実施例 1 と同様の上側クラッド層を作製した。

【0277】

(4) 評価

実施例 1 と同じ方法により、評価を行った。伝搬損失は 0.03 dB/cm と算出することができた。コア部とクラッド部の屈折率差は 0.01 であった。20

【0278】

(実施例 6)

(1) 脱離性基を有するノルボルネン系樹脂の合成

実施例 1 と同様の方法でノルボルネン系樹脂を作製した。

【0279】

(2) 感光性樹脂組成物の製造

精製した上記ポリマー #1 10 g を 100 mL のガラス容器に秤量し、これにメシチレン 40 g、酸化防止剤 Ir-ganox 1076 (チバガイギー社製) 0.01 g、シクロヘキシリオキセタンモノマー (式 20 で示したもの、東亜合成製 CHO X) 1.5 g、光酸発生剤 Rhodorsil Photoinitiator 2074 (Rhodia 社製、CAS # 178233-72-2) (1.36E-2g、酢酸エチル 0.1 mL 中) を加え均一に溶解させた後、 $0.2\text{ }\mu\text{m}$ の PTFE フィルターによりろ過を行い、清浄な感光性樹脂組成物ワニス V 6 を得た。30

【0280】

(3) 光導波路フィルムの製造

(下側クラッド層の作製)

実施例 1 と同様の下側クラッド層を作製した。

【0281】

(コア層の形成)

上記下側クラッド層上に感光性樹脂組成物ワニス V 6 をドクターブレードによって均一に塗布した後、45 の乾燥機に 15 分間投入した。溶剤を完全に除去した後、フォトマスクを圧着して紫外線を 500 mJ/cm^2 で選択的に照射した。マスクを取り去り、乾燥機中 45 度 30 分、85 度 30 分、150 度 1 時間と三段階で加熱を行った。加熱後、非常に鮮明な導波路パターンが現れているのが確認された。また、コア部およびクラッド部の形成が確認された。40

【0282】

(上側クラッド層の形成)

実施例 1 と同様の上側クラッド層を作製した。

【0283】

(4) 評価

実施例1と同じ方法により、評価を行った。伝搬損失は0.03dB/cmと算出することができた。コア部とクラッド部の屈折率差は0.01であった。

【0284】

(実施例7)

(1) 脱離性基を有するノルボルネン系樹脂の合成

水分および酸素濃度がいずれも1ppm以下に制御され、乾燥窒素で充満されたグローブボックス中において、ヘキシリルノルボルネン(HxNB)6.4g(36.1mmol)、ジフェニルメチルノルボルネンメトキシシラン(diPhNB)8.7g(27.1mmol)、エポキシノルボルネン(EpNB)4.9g(27.1mmol)を500mLバイアル瓶に計量し、脱水トルエン60gと酢酸エチル11gを加え、シリコン製のシーラーを被せて上部を密栓した。
10

次に、100mLバイアル瓶中に上記化学式(B)で表わされるNi触媒1.75g(3.2mmol)と脱水トルエン10mLを計量し、スターラーチップを入れて密栓し、触媒を十分に攪拌して完全に溶解させた。

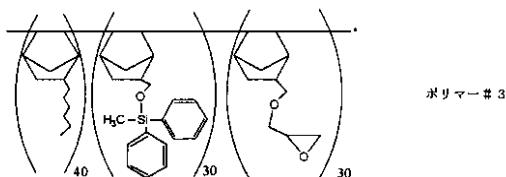
この上記化学式(B)で表わされるNi触媒溶液1mLをシリンドで正確に計量し、上記3種のノルボルネンを溶解させたバイアル瓶中に定量的に注入し室温で1時間攪拌したところ、著しい粘度上昇が確認された。この時点で栓を抜き、テトラヒドロフラン(THF)60gを加えて攪拌を行い、反応溶液を得た。

100mLビーカーに無水酢酸9.5g、過酸化水素水18g(濃度30%)、イオン交換水30gを加えて攪拌し、その場で過酢酸水溶液を調製した。次にこの水溶液全量を上記反応溶液に加えて12時間攪拌してNiの還元処理を行った。
20

次に、処理の完了した反応溶液を分液ロートに移し替え、下部の水層を除去した後、イソプロピルアルコールイソプロピルアルコールの30%水溶液を100mL加えて激しく攪拌を行った。静置して完全に二層分離が行われた後で水層を除去した。この水洗プロセスを合計で3回繰り返した後、油層を大過剰のアセトン中に滴下して生成したポリマーを再沈殿させ、ろ過によりろ液と分別した後、60℃に設定した真空乾燥機の中で12時間加熱乾燥を行うことにより、ポリマー#3を得た。ポリマー#3の分子量分布は、GPC測定により、Mw=8万、Mn=4万であった。また、ポリマー#3中の各構造単位のモル比は、NMRによる同定により、ヘキシリルボルネン構造単位が40mol%、ジフェニルメチルノルボルネンメトキシシラン構造単位が30mol%、エポキシノルボルネン構造単位が30mol%であった。また屈折率はメトリコンにより1.53(測定波長；633nm)であった。
30

【0285】

【化40】



【0286】

(2) 感光性樹脂組成物の製造

精製した上記ポリマー#3 10gを100mLのガラス容器に秤量し、これにメシチレン40g、酸化防止剤Irganox1076(チバガイギー社製)0.01g、シクロヘキシリオキセタンモノマー(式20で示したもの、東亜合成製 CHOX)1.0g、光酸発生剤Rhodorsil Photoinitiator 2074(Rhodia社製、CAS# 178233-72-2)(1.36E-2g、酢酸エチル0.1mL中)を加え均一に溶解させた後、0.2μmのPTFEフィルターによりろ過を行い、清浄な感光性樹脂組成物ワニスV7を得た。
40

【0287】

(3) 光導波路フィルムの製造

(下側クラッド層の作製)

実施例1と同様の下側クラッド層を作製した。

【0288】

(コア層の形成)

上記下側クラッド層上に感光性樹脂組成物ワニスV7をドクターブレードによって均一に塗布した後、45¹⁰の乾燥機に15分間投入した。溶剤を完全に除去した後、フォトマスクを圧着して紫外線を500mJ/cm²で選択的に照射した。マスクを取り去り、乾燥機中45で30分、85で30分、150で1時間と三段階で加熱を行った。加熱後、非常に鮮明な導波路パターンが現れているのが確認された。また、コア部およびクラッド部の形成が確認された。

【0289】

(上側クラッド層の形成)

実施例1と同様の上層クラッドを作製した。

【0290】

(4) 評価

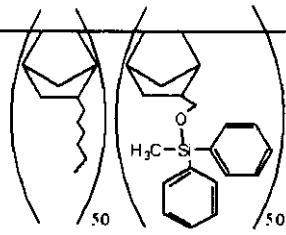
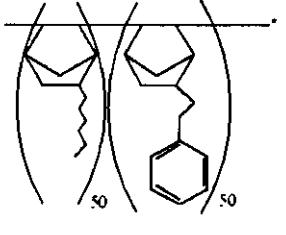
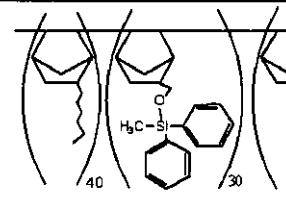
実施例1と同じ方法により、評価を行った。伝搬損失は0.04dB/cmと算出することができた。コア部とクラッド部の屈折率差は0.02であった。²⁰

【0291】

以上、実施例1～7で得られた光導波路フィルムの評価結果を表1に示す。

【0292】

【表1】

	ポリマー	モノマー		伝搬 損失 [dB/cm]	コア/クラ ッド間の 屈折率差
		オキセタン	エボキシ		
実施例1		CHOX (ポリマーに対し て20phr)	なし	0.03	0.02
実施例2		CHOX 20phr	なし	0.04	0.01
実施例3	実施例1と同じ	DOX 20phr	なし	0.04	0.01
実施例4	実施例1と同じ	なし	脂環式 エボキシ 20phr	0.04	0.01
実施例5	実施例1と同じ	CHOX 10phr	脂環式 エボキシ 10phr	0.03	0.01
実施例6	実施例1と同じ	CHOX 15phr	なし	0.03	0.01
実施例7		CHOX 10phr	なし	0.04	0.02

【0293】

実施例1～7では、感光性樹脂組成物に光を当てると、光酸発生剤から、酸が発生し、照射部分のみにおいて、環状エーテル基を有するモノマーが重合する。そして、照射部分における未反応モノマー量が少なくなるため、照射部分／未照射部分間で生じた濃度勾配を解消するために未照射部分のモノマーが照射部分に拡散する。

また、光照射後、加熱を行うと、未照射部分からモノマーが揮発する。

以上より、コア部とクラッド部との間でモノマー由来の構造体濃度が異なり、クラッド部では、環状エーテル基を有するモノマー由来の構造体が多くなり、コア部では、環状エーテル基を有するモノマー由来の構造体が少なくなる。このことは、コア部とクラッド部との間で0.01以上の比較的大きな屈折率差が生じることから認められる。

なお、実施例1～7では、直線状の光導波路を形成したが、曲線状（曲率半径10mm程度）の光導波路を形成した場合には、光損失が少ないことが顕著になる。

さらには、実施例1～7で得られた光導波路フィルムは、耐熱性が高く、260℃の耐リフロー性を有している。

【0294】

（実施例8）

10

20

30

40

50

(1) 脱離性基を有するノルボルネン樹脂の合成

脱離性基を有するノルボルネン系樹脂の合成において、ジフェニルメチルノルボルネンメトキシシラン 12.9 g (40.1 mmol) に代えて、フェニルジメチルノルボルネンメトキシシラン 10.4 g (40.1 mmol) を用いた以外は実施例 1 と同様にした。得られた側鎖に脱離性基を有するノルボルネン系樹脂 B (式 103) の分子量は、GPC 測定により、 $M_w = 11$ 万、 $M_n = 5$ 万であった。また、各構造単位のモル比は、NMR による同定により、ヘキシリルノルボルネン構造単位が 50 mol %、フェニルジメチルノルボルネンメトキシシラン構造単位が 50 mol % であった。また屈折率はメトリコンにより 1.53 (測定波長； 633 nm) であった。

【0295】

10

(2) 感光性樹脂組成物の製造

ポリマー #1 に変えて、ノルボルネン系樹脂 B を使用した点以外は、実施例 1 と同様に感光性樹脂組成物を得た。

【0296】

(3) 光導波路フィルムの製造

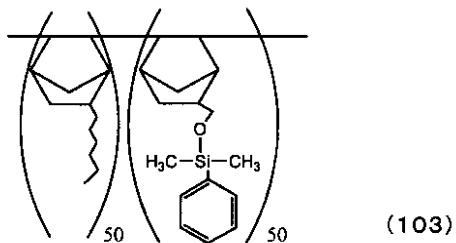
ノルボルネン系樹脂 B を含む上記感光性樹脂組成物を使用した点以外は、実施例 1 と同様にして、光導波路フィルムを得た。

実施例 1 と同様に、光導波路の損失評価を行ったところ、得られた光導波路フィルムの伝搬損失は 0.03 dB/cm であった。

【0297】

20

【化 41】



【0298】

30

(実施例 9)

(1) 感光性樹脂組成物として以下のものを用いた以外は、実施例 1 と同様にした。

実施例 1 で得られたノルボルネン系樹脂 10 g を 100 mL のガラス容器に秤量し、これにメチレン 40 g、酸化防止剤 Irganox 1076 (チバガイギー社製) 0.01 g、シクロヘキシリオキセタンモノマー (式 (100)) で示した第 1 モノマー、東亜合成製 CHOX、CAS # 483303-25-9、分子量 186、沸点 125 / 1.33 kPa) 1 g、2 官能オキセタンモノマー (式 (104)) で示した第 2 モノマー、東亜合成製、DOX、CAS # 18934-00-4、分子量 214、沸点 119 / 0.67 kPa) 1 g、光酸発生剤 Rhodorsil Photoinitiator 2074 (Rhodia 社製、CAS # 178233-72-2) (1.36 E-2 g、酢酸エチル 0.1 mL 中) を加え均一に溶解させた後、0.2 μm の PTFE フィルターによりろ過を行い、清浄なコア層用の感光性樹脂組成物ワニスを調製した。

【0299】

40

(2) 光導波路フィルムの製造

上記 (1) の感光性樹脂組成物を使用した点以外は、実施例 1 と同様にして、光導波路フィルムを得た。

実施例 1 と同様に、光導波路の損失評価を行ったところ、得られた光導波路フィルムの伝搬損失は 0.04 dB/cm であった。

【0300】

【化42】



【0301】

(実施例10)

環状オレフィンとして以下のものを用いた以外は、実施例1と同様にした。

(1) ノルボルネン系樹脂Cの合成

公知の手法（例えば特開2003-252963号公報）を用いてフェニルエチルノルボルネン（PENB）モノマーの開環メタセシス重合を行い、下記式（105）で表されるノルボルネン系樹脂Cを得た。 10

【0302】

(2) 感光性樹脂組成物製造

ポリマー#1に変えて、ノルボルネン系樹脂Cを使用した点以外は、実施例1と同様に感光性樹脂組成物を得た。

【0303】

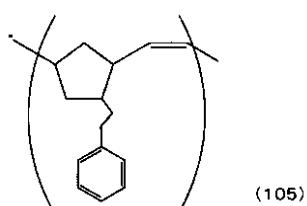
(3) 光導波路フィルムの製造

ノルボルネン系樹脂Cを含む上記感光性樹脂組成物を使用した点以外は、実施例1と同様にして、光導波路フィルムを得た。 20

実施例1と同様に、光導波路の損失評価を行ったところ、得られた光導波路フィルムの伝搬損失は0.05dB/cmであった。

【0304】

【化43】



30

【0305】

(実施例11)

第1モノマーの配合量を0.5gにした以外は、実施例1と同様にして、光導波路フィルムを作製した。

なお、得られた光導波路フィルムの伝搬損失は、0.1dB/cmであった。

【0306】

(実施例12)

第1モノマーの配合量を4.0gに以外は、実施例1と同様にして、光導波路フィルムを作製した。 40

なお、得られた光導波路フィルムの伝搬損失は、0.1dB/cmであった。

【0307】

(比較例1)

第1モノマーを用いなかった以外は、実施例1と同様にして、光導波路フィルムを作製した。

なお、得られた光導波路フィルムの伝搬損失は、0.90dB/cmであった。

【0308】

(比較例2)

(1) 各成分の合成

<触媒前駆体：Pd(OAc)₂(P(Cy)₃)₂の合成>

40

50

漏斗を装備した2口丸底フラスコで、Pd(OAc)₂(5.00g、22.3mmol)とCH₂Cl₂(30mL)からなる赤茶色懸濁液を-78で攪拌した。

漏斗に、P(Cy)₃(13.12mL(44.6mmol))のCH₂Cl₂溶液(30mL)を入れ、そして、15分かけて上記攪拌懸濁液に滴下した。その結果、徐々に赤褐色から黄色に変化した。

-78で1時間攪拌した後、懸濁液を室温に温め、さらに2時間攪拌して、ヘキサン(20mL)で希釈した。

次に、この黄色の固体を空气中でろ過し、ペンタンで洗浄し(5×10mL)、真空乾燥させた。

2次収集物は、ろ液を0に冷却して分離し、上記と同様に洗浄して乾燥させた。これにより、触媒前駆体を得た。 10

【0309】

(2) 感光性樹脂組成物の製造

精製した上記ポリマー#1 10gを100mLのガラス容器に秤量し、これにメチレン40g、酸化防止剤Irganox1076(チバガイギー社製)0.01g、ジメチルビス(ノルボルネンメトキシ)シラン(SiX)2.4g、上記触媒前駆体(2.6E-2g)、光酸発生剤RhodorsilPhotoinitiator 2074(Rhodia社製、CAS# 178233-72-2)(1.36E-2g、酢酸エチル0.1mL中)を加え均一に溶解させた後、0.2μmのPTFEフィルターによりろ過を行い、清潔な感光性樹脂組成物ワニスを得た。 20

【0310】

(3) 光導波路フィルムの製造

(下側クラッド層の作製)

実施例1と同様の下側クラッド層を作製した。

【0311】

(コア層の形成)

上記下側クラッド層上に調製したワニスをドクターブレードによって均一に塗布した後、45の乾燥機に15分間投入した。溶剤を完全に除去した後、フォトマスクを圧着して紫外線を500mJ/cm²で選択的に照射した。マスクを取り去り、乾燥機中45で30分、85で30分、150で1時間と三段階で加熱を行った。加熱後、導波路パターンが現れているのが確認された。また、コア部およびクラッド部の形成が確認された。 30

【0312】

(上側クラッド層の形成)

実施例1と同様の上側クラッド層を作製した

【0313】

(4) 評価

実施例1と同じ方法により、評価を行った。伝搬損失は0.05dB/cmと算出することができた。コア部とクラッド部の屈折率差は0.005であった。 40

【0314】

B. 光導波路の評価

各実施例および比較例で得られた光導波路について、以下の評価を行った。評価項目を内容とともに示す。得られた結果を表2に示す。

【0315】

1. 光損失

850nmVCSEL(面発光レーザー)より発せられた光を50μmの光ファイバーを経由して上記光導波路に導入し、200μmの光ファイバーで受光を行って光の強度を測定した。なお、測定にはカットバック法を採用し、導波路長を横軸、挿入損失を縦軸にプロットしていくところ、測定値はきれいに直線上に並び、その傾きから伝搬損失を算出した。 50

【 0 3 1 6 】**2 . 耐熱性**

上記光導波路を高温高湿槽（85、85%RH）に投入し、湿熱処理500時間後の伝搬損失を評価した。また、リフロー処理（N₂雰囲気下、最大温度260 / 60秒）による伝搬損失の劣化の有無も並行して確認した。

なお、ここでの伝搬損失の測定は、1の光損失の測定方法と同じである。

【 0 3 1 7 】**3 . 光導波路の曲げ損失**

10mmの曲率半径を有する光導波路フィルムの光強度の曲げ損失を評価した。850 nm VCSEL（面発光レーザー）より発せられた光を50 μm の光ファイバーを経由して上記光導波路フィルムの端面に導入し、200 μm の光ファイバーで他端から受光を行って光の強度を測定した（下記式参照）。長さの等しい光導波路フィルムを曲げたときに生じる損失の増分を「曲げ損失」と定義し、図10に示すように、光導波路フィルムを曲線状にした場合の挿入損失と光導波路フィルムを直線状にした場合の挿入損失との差で「曲げ損失」を表した。10

$$\text{挿入損失 [dB]} = -10 \log (\text{出射光強度} / \text{入射光強度})$$

$$\text{曲げ損失} = (\text{曲線での挿入損失}) - (\text{直線での挿入損失})$$

【 0 3 1 8 】

【表2】

	ポリマー	モノマー	光損失 [dB/cm]	曲げ損失 [dB/cm]	耐熱性評価	
					85°C 85% RH 500hr	260°C リフロー
実施例1		CHOX	0.03	0.7	0.05	0.04
実施例8		CHOX	0.03	0.8	0.05	0.05
実施例9	実施例1と同じ	CHOX DOX	0.04	0.9	0.04	0.05
実施例10		CHOX	0.05	0.9	0.10	0.36
実施例11	実施例1と同じ	CHOX	0.10	1.2	0.11	0.11
実施例12	実施例1と同じ	CHOX	0.10	1.1	0.12	0.11
比較例1	実施例1と同じ	なし	0.90	2.5	0.99	1.12
比較例2	実施例1と同じ	SiX	0.05	1.9	1.35	1.50

【0319】

表2から明らかなように実施例1, 8-12は、光損失が低く、光導波路の性能が優れていることが示された。

また、実施例1, 8-12は、高温高湿処理後およびリフロー処理後の光損失も小さく、耐熱性にも優れていることが示された。

また、特に実施例1, 8, 9, 10は、曲げ損失も小さく、光導波路を屈曲させて用いても十分な性能を発揮することが示唆された。

【0320】

さらに、各実施例および比較例で得られた光導波路フィルムを用いて、前記第1実施形態にかかる光導波路構造体を作製したところ、各実施例で得られた光導波路フィルムを用いた光導波路構造体は、それぞれ、各比較例で得られた光導波路フィルムを用いた光導波路構造体に比べて、伝送損失の低いものが得られた。

【符号の説明】

【0321】

- 1 光導波路構造体
2 基板

10

20

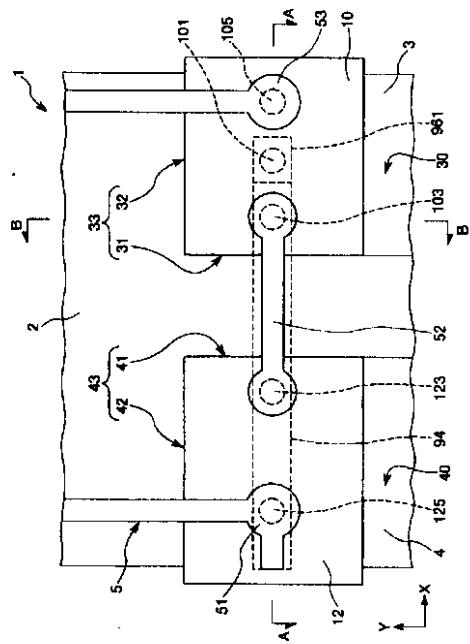
30

40

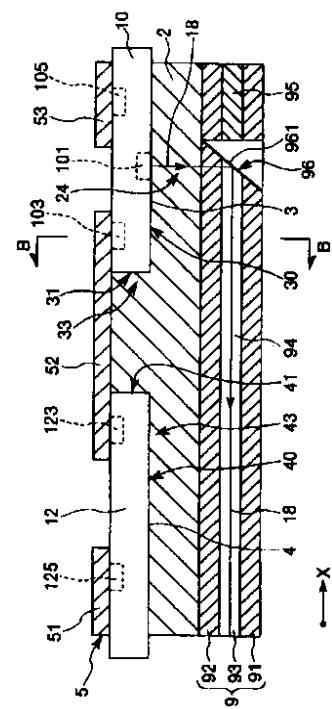
50

2 4	透光部	
2 5	貫通孔	
2 6	レンズ部	
3	凹部	
3 0	底面（下面）	
3 1	当て付け面（X方向規制）	
3 2	当て付け面（Y方向規制）	
3 3	位置決め手段（発光素子用）	
4	凹部	
4 0	底面（下面）	10
4 1	当て付け面（X方向規制）	
4 2	当て付け面（Y方向規制）	
4 3	位置決め手段（電子回路素子用）	
5	導体層	
5 1、5 2、5 3	部位	
6	位置決め部材（板材）	
6 1、6 2	当て付け面	
7	接着層	
9	光導波路	
9 1	クラッド層	20
9 2	クラッド層	
9 3	コア層	
9 4	コア部	
9 5	クラッド部	
9 6	光路変換部	
9 6 1	反射面	
1 0	発光素子	
1 0 1	発光部	
1 0 3、1 0 5	端子	
1 2	電子回路素子（半導体素子）	30
1 2 3、1 2 5	端子	
1 8	伝送光	
9 0 0	ワニス（コア層形成用材料）	
9 1 0	フィルム	
M	マスク	

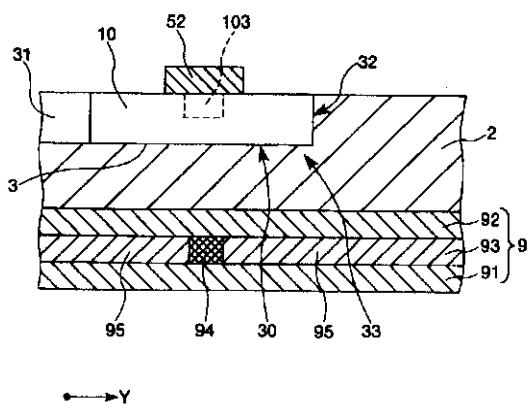
【 义 1 】



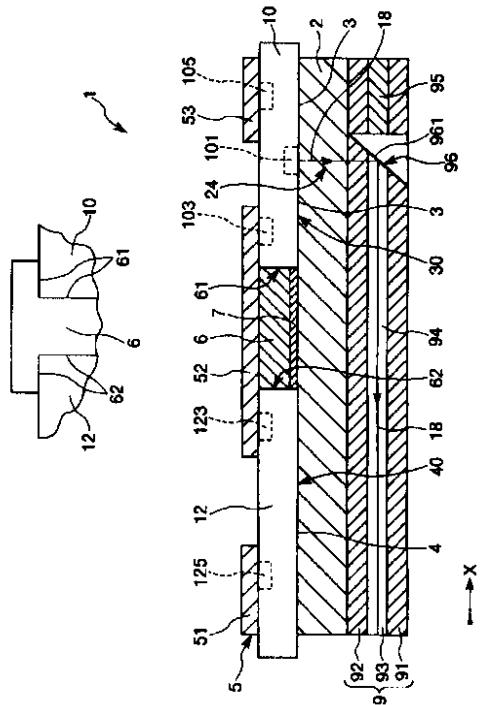
【 図 2 】



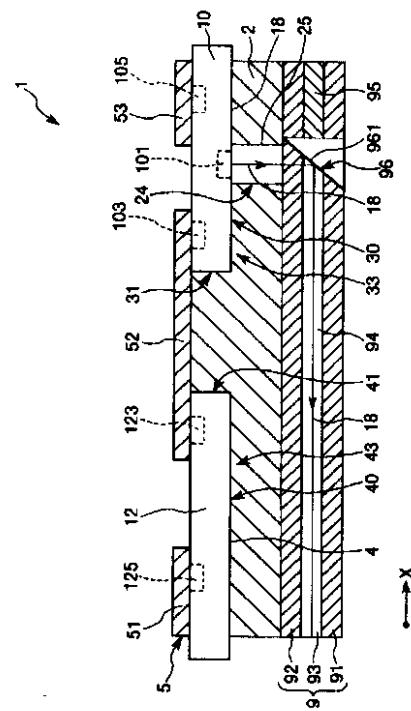
【図3】



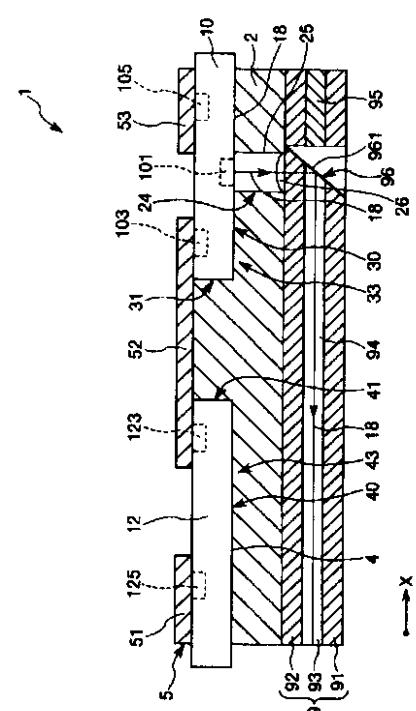
【 四 4 】



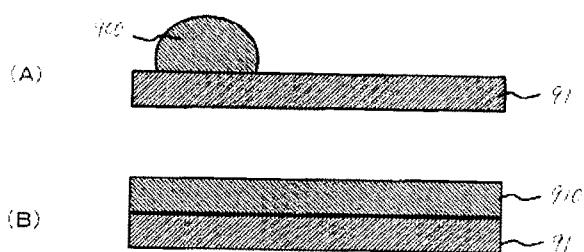
【図5】



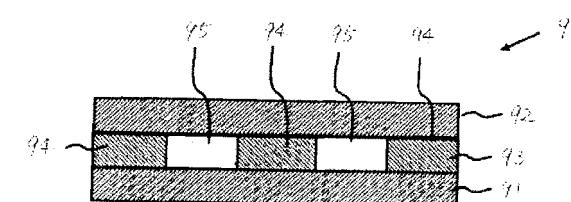
【 义 6 】



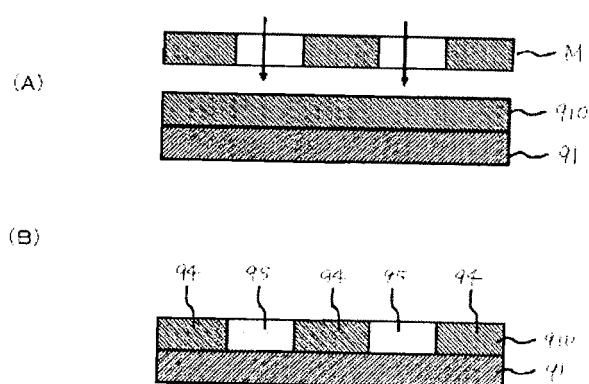
【図7】



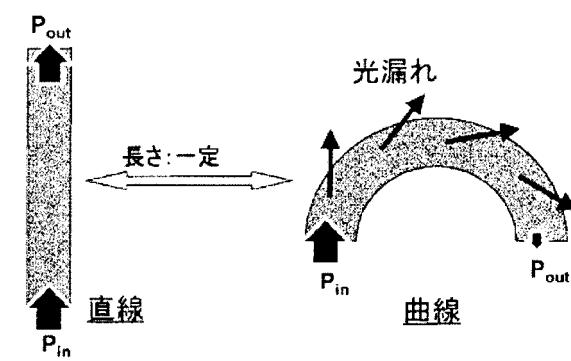
【図9】



【圖 8】



【图 10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I
C 08 G 61/08 (2006.01)	C 08 G 61/08
C 08 L 45/00 (2006.01)	C 08 L 45/00
C 08 L 65/00 (2006.01)	C 08 L 65/00
C 08 L 71/00 (2006.01)	C 08 L 71/00
C 08 L 63/00 (2006.01)	C 08 L 63/00
C 08 G 65/04 (2006.01)	C 08 G 65/04
C 08 G 59/02 (2006.01)	C 08 G 59/02

(56)参考文献 国際公開第2009/154206 (WO, A1)

特開2006-058327 (JP, A)

特開2007-309987 (JP, A)

特開2004-146602 (JP, A)

特開2006-120956 (JP, A)

特開2007-148087 (JP, A)

特開2008-083205 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B 6 / 00 - 6 / 54