

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2008年5月22日 (22.05.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/059577 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/12 (2006.01) C08F 232/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2006/322895
- (22) 国際出願日: 2006年11月16日 (16.11.2006)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友ベークライト株式会社 (SUMITOMO BAKELITE COMPANY LIMITED) [JP/JP]; 〒1400002 東京都品川区東品川 2丁目5番8号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 長木 浩司 (CHOKI, Koji) [JP/JP]; 〒1400002 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

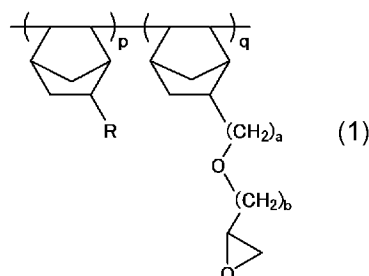
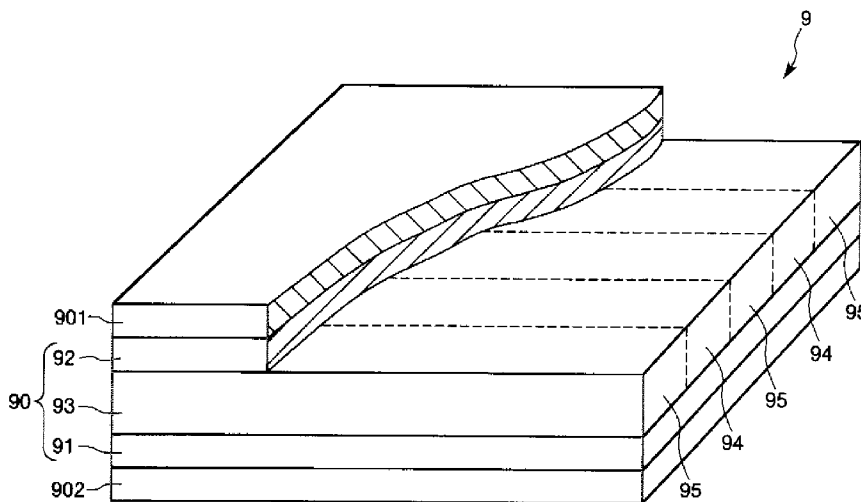
内 Tokyo (JP). 森 哲也 (MORI, Tetsuya) [JP/JP]; 〒1400002 東京都品川区東品川 2丁目5番8号 住友ベークライト株式会社内 Tokyo (JP). 高浜 啓造 (TAKAHAMA, Keizo) [JP/JP]; 〒1400002 東京都品川区東品川 2丁目5番8号 住友ベークライト株式会社内 Tokyo (JP). 藤原 誠 (FUJIWARA, Makoto) [JP/JP]; 〒1400002 東京都品川区東品川 2丁目5番8号 住友ベークライト株式会社内 Tokyo (JP). 渡辺 啓 (WATANABE, Kei) [JP/JP]; 〒1400002 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 Tokyo (JP). 尾張 洋史 (OWARI, Hiroshi) [JP/JP]; 〒1400002 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 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 朝比 一夫, 外 (ASAHI, Kazuo et al.); 〒1050003 東京都港区西新橋 1丁目1番9号 西新橋ノアビル4階 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: LIGHT GUIDE AND LIGHT GUIDE STRUCTURE

(54) 発明の名称: 光導波路および光導波路構造体



(57) Abstract: A light guide structure that excels in heat resistance, exhibiting low water absorption, and that realizes a reduction of material cost. There is provided a light guide structure comprising a light guide including a core layer, the core layer including a core part and a cladding layer of refractive index lower than that of the core part, and cladding layers of refractive index lower than that of the core part, superimposed on both major surfaces of the core layer in contact therewith, and comprising conductive layers superimposed on both major surfaces of the light guide, wherein each of the cladding layers is composed of a norbornene polymer as a main material. It is preferred that the norbornene polymer be composed mainly of one of the chemical formula: (1) wherein R is a C₁-C₁₀ alkyl; a is an integer of 0 to 3; b is an integer of 1 to 3; and p/q is 20 or less.

[続葉有]

WO 2008/059577 A1



(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD,

SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(57) 要約: 光導波路構造体は、耐熱性に優れるとともに吸水性が低く、また材料コストが低く抑えられるものである。この光導波路構造体は、コア部と、該コア部より屈折率が低いクラッド部とを備えるコア層と、該コア層の両面に接触して設けられ、前記コア部より屈折率の低いクラッド層とを有する光導波路と、光導波路の両面に設けられた導体層とを有し、各前記クラッド層は、それぞれノルボルネン系ポリマーを主材料として構成されている。また、前記ノルボルネン系ポリマーは、下記化 1 で表されるものを主とするものであることが好ましい。 [式中、R 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、p/q が 20 以下である。]

明 細 書

光導波路および光導波路構造体

技術分野

[0001] 本発明は、光導波路および光導波路構造体に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、光周波搬送波を使用してデータを移送する光通信がますます重要になっている。このような光通信において、光周波搬送波を、一地点から他地点に導くための手段として、光導波路がある。

[0003] この光導波路は、例えば、一対のクラッド層と、一対のクラッド層の間に設けられたコア層を有して構成される。コア層は、線状のコア部とクラッド部とを有し、これらが交互に配列されている。コア部は、光周波搬送波の光に対して実質的に透明な材料によって構成され、クラッド層およびクラッド部は、コア部より屈折率が低い材料によって構成されている。

[0004] このような光導波路では、コア部が、コア部よりも屈折率が低いクラッド層およびクラッド部によって囲まれた構成となっている。したがって、コア部の端部から導入された光は、クラッド層およびクラッド部との境界で反射しながら、コア部の軸に沿って搬送される。

[0005] この光導波路の材料としては、従来から汎用されているガラスの他、ポリマー等が挙げられる。このうちポリマーは、微細加工が容易であり、光導波路が組み込まれた回路基板の高密度化に有利であることから有望視されている。

[0006] このような光導波路の材料となるポリマーとしては、ポリメチルメタクリレート（例えば、特開平09-258051号公報参照。）、エポキシ樹脂（例えば、特開2005-070556号公報参照。）、フッ素化ポリイミド（例えば、特開平4-9807号公報参照。）、ポリベンゾオキサゾール（例えば、特開2002-173532号公報参照。）、セルロース・アセテート・ブチレート／アクリレートモノマー（例えば、米国特許第5292620号公報参照。）等が使用されている。

[0007] しかし、これらポリマーには、次のような問題がある。

まず、ポリメチルメタクリレートおよびエポキシ樹脂は、耐熱温度が200℃以下である。このため、これらポリマーによって構成された光導波路を、回路基板に実装しようとする、はんだ処理等の熱処理によって軟化してしまうおそれがある。

[0008] また、フッ素化ポリイミドは、フッ素化によって高耐熱性、高透明性、低吸水性が付与されたポリマーである。しかし、フッ素化を合成過程に有するため、コストがかかり、実用性に欠ける。

[0009] しかも、ポリイミドやポリベンゾオキサゾール等の重縮合によって合成されるポリマーは、重縮合の工程で、イミド環もしくはベンゾオキサゾール環を閉環させるための高温(250℃以上)による硬化処理が必要となる。このため、作業性が悪いという問題がある。

[0010] また、セルロース・アセテート・ブチレート／アクリレートモノマーは、耐熱温度が100℃以下と非常に低く、はんだ処理等の熱処理によって軟化してしまう。また、セルロース・アセテート・ブチレートが水酸基を多く有するため吸水性が高い。このため、このようなポリマーによって構成された光導波路は、高湿度環境に放置されると、吸水による寸法変化が生じてしまう。

発明の開示

[0011] 本発明の目的は、耐熱性に優れるとともに吸水性が低く、また材料コストが低く抑えられる光導波路および光導波路構造体を提供することにある。

[0012] 上記目的を達成するために、本発明の光導波路は、
コア部と、該コア部より屈折率が低いクラッド部とを備えるコア層と、
該コア層の少なくとも一方の面に接触して設けられ、前記コア部より屈折率の低いクラッド層とを有する光導波路であって、
前記クラッド層は、ノルボルネン系ポリマーを主材料として構成されていることを特徴とする。

[0013] これにより、耐熱性に優れるとともに吸水性が低く、また材料コストが低く抑えられる光導波路が得られる。

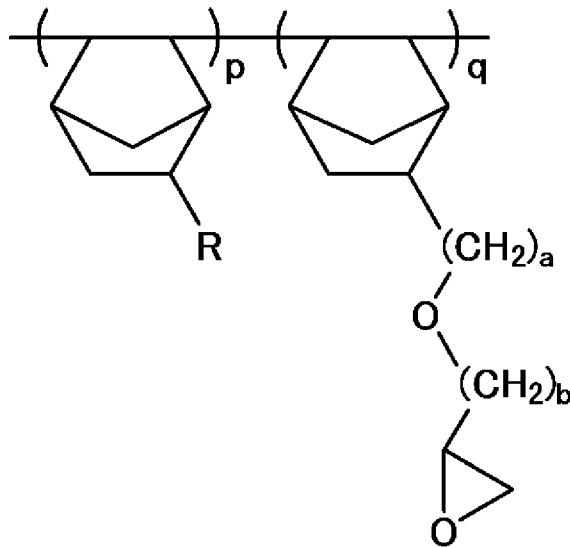
[0014] また、本発明の光導波路では、前記ノルボルネン系ポリマーは、付加重合体であることが好ましい。

[0015] また、本発明の光導波路では、前記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ことが好ましい。

[0016] また、本発明の光導波路では、前記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を含むことが好ましい。

[0017] また、本発明の光導波路では、前記ノルボルネン系ポリマーは、下記化1で表されるものを主とするものであることが好ましい。

[0018] [化1]



[式中、R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、p/qが20以下である。]

[0019] また、本発明の光導波路では、前記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ことが好ましい。

[0020] また、本発明の光導波路では、前記クラッド層の平均厚さは、前記コア層の平均厚さの0.1～1.5倍であることが好ましい。

[0021] また、本発明の光導波路では、前記コア層は、ポリマーと、該ポリマーと相溶し、かつ、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第1の物質と、前記モノマーの反応を開始させ得る第2の物質であって、活性化した前記第1の物質の作用により、活性化温度が変化する第2の物質とを含む層を形成し、

その後、前記層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、前記活性

放射線が照射された照射領域において、前記第1の物質を活性化させるとともに、前記第2の物質の活性化温度を変化させ、

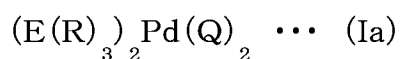
次いで、前記層に対して加熱処理を施すことにより、前記第2の物質または活性化温度が変化した前記第2の物質のいずれか活性化温度の低い方を活性化させ、前記照射領域または前記活性放射線の未照射領域のいずれかにおいて前記モノマーを反応させて、前記照射領域と前記未照射領域との間に屈折率差を生じさせることにより、前記照射領域および前記未照射領域のいずれか一方を前記コア部とし、他方を前記クラッド部として得られたものであることが好ましい。

[0022] また、本発明の光導波路では、前記コア層は、前記層の前記照射領域または前記未照射領域のいずれか一方の領域において前記モノマーの反応が進むにつれて、他方の領域から未反応の前記モノマーが集まることにより得られたものであることが好ましい。

[0023] また、本発明の光導波路では、前記第1の物質は、前記活性放射線の照射に伴って、カチオンと弱配位アニオンとを生じる化合物を含むものであり、前記第2の物質は、前記弱配位アニオンの作用により活性化温度が変化するものであることが好ましい。

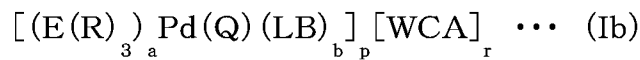
[0024] また、本発明の光導波路では、前記第2の物質は、活性化した前記第1の物質の作用により活性化温度が低下し、前記加熱処理の温度よりも高い温度での加熱により、前記活性放射線の照射を伴うことなく活性化するものであることが好ましい。

[0025] また、本発明の光導波路では、前記第2の物質は、下記式Iaで表される化合物を含むことが好ましい。



[式中、 $E(R)_3$ 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。]

[0026] また、本発明の光導波路では、前記第2の物質は、下記式Ibで表される化合物を含むことが好ましい。



[式中、 $E(R)_3$ 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し、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。]

- [0027] また、本発明の光導波路では、pおよびrは、それぞれ、1または2の整数から選択されることが好ましい。
- [0028] また、本発明の光導波路では、前記コア層は、前記加熱処理の後、前記層を前記加熱処理の温度よりも高い第2の温度で加熱処理することにより得られたものであることが好ましい。
- [0029] また、本発明の光導波路では、前記コア層は、前記第2の温度での加熱処理の後、前記層を前記第2の温度よりも高い第3の温度で加熱処理することにより得られたものであることが好ましい。
- [0030] また、本発明の光導波路では、前記第3の温度は、前記第2の温度より20℃以上高いことが好ましい。
- [0031] また、本発明の光導波路では、前記モノマーは、架橋性モノマーを含むことが好ましい。
- [0032] また、本発明の光導波路では、前記モノマーは、ノルボルネン系モノマーを主とするものであることが好ましい。
- [0033] また、本発明の光導波路では、前記モノマーは、ノルボルネン系モノマーを主とするものであり、前記架橋性モノマーとして、ジメチルビス(ノルボルネンメトキシ)シランを含むものであることが好ましい。
- [0034] また、本発明の光導波路では、前記ポリマーは、活性化した前記第1の物質の作用により、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を有し、前記層に対して前記活性放射線を選択的に照射した際に、前記照射領域において、前記ポリ

マーの前記離脱性基が離脱することが好ましい。

[0035] また、本発明の光導波路では、前記第1の物質は、前記活性放射線の照射に伴って、カチオンと弱配位アニオンとを生じる化合物を含むものであり、前記離脱性基は、前記カチオンの作用により離脱する酸離脱性基であることが好ましい。

[0036] また、本発明の光導波路では、前記コア層は、活性放射線の照射により活性化する物質と、主鎖と該主鎖から分岐し、活性化した前記物質の作用により、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を含む層を形成し、

その後、前記層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、前記活性放射線が照射された照射領域において、前記物質を活性化させ、前記ポリマーの前記離脱性基を離脱させて、当該照射領域と前記活性放射線の非照射領域との間に屈折率差を生じさせることにより、前記照射領域および前記非照射領域のいずれか一方を前記コア部とし、他方を前記クラッド部として得られたものであることが好ましい。

[0037] また、本発明の光導波路では、前記コア層は、前記活性放射線の照射の後、前記層に対して加熱処理を施すことにより得られたものであることが好ましい。

[0038] また、本発明の光導波路では、前記物質は、前記活性放射線の照射に伴って、カチオンと弱配位アニオンとを生じる化合物を含むものであり、前記離脱性基は、前記カチオンの作用により離脱する酸離脱性基であることが好ましい。

[0039] また、本発明の光導波路では、前記酸離脱性基は、 $-O-$ 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ことが好ましい。

[0040] また、本発明の光導波路では、前記離脱性基は、その離脱により前記ポリマーの屈折率に低下を生じさせるものであることが好ましい。

[0041] また、本発明の光導波路では、前記離脱性基は、 $-Si-$ 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であることが好ましい。

[0042] また、本発明の光導波路では、前記活性放射線は、200～450nmの範囲にピーク波長を有するものであることが好ましい。

- [0043] また、本発明の光導波路では、前記活性放射線の照射量は、 $0.1 \sim 9 \text{ J/cm}^2$ であることが好ましい。
- [0044] また、本発明の光導波路では、前記活性放射線は、マスクを介して前記層に照射されることが好ましい。
- [0045] また、本発明の光導波路では、前記層は、さらに、酸化防止剤を含むことが好ましい。
- [0046] また、本発明の光導波路では、前記層は、さらに、増感剤を含むことが好ましい。
- [0047] また、本発明の光導波路では、前記ポリマーは、ノルボルネン系ポリマーを主とするものであることが好ましい。
- [0048] また、本発明の光導波路では、前記ノルボルネン系ポリマーは、付加重合体であることが好ましい。
- [0049] また、本発明の光導波路では、前記コア部は、第1のノルボルネン系材料を主材料として構成され、前記クラッド部は、前記第1のノルボルネン系材料より低い屈折率を有する第2のノルボルネン系材料を主材料として構成されていることが好ましい。
- [0050] また、本発明の光導波路では、前記第1のノルボルネン系材料と前記第2のノルボルネン系材料とは、いずれも、同一のノルボルネン系ポリマーを含有し、かつ、前記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いることが好ましい。
- [0051] また、本発明の光導波路では、前記反応物は、前記ノルボルネン系モノマーの重合体、前記ノルボルネン系ポリマー同士を架橋する架橋構造、および、前記ノルボルネン系ポリマーから分岐する分岐構造のうちの少なくとも1つであることが好ましい。
- [0052] また、本発明の光導波路では、前記ノルボルネン系ポリマーは、アラルキルノルボルネンの繰り返し単位を含むものであることが好ましい。
- [0053] また、本発明の光導波路では、前記ノルボルネン系ポリマーは、ベンジルノルボルネンの繰り返し単位を含むものであることが好ましい。
- [0054] また、本発明の光導波路では、前記ノルボルネン系ポリマーは、フェニルエチルノルボルネンの繰り返し単位を含むものであることが好ましい。
- [0055] また、本発明の光導波路では、前記ノルボルネン系ポリマーは、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を有し、

前記コア部と前記クラッド部とは、前記主鎖に結合した状態の前記離脱性基の数が異なること、および、前記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いることが好ましい。

[0056] また、本発明の光導波路では、前記コア層は、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ノルボルネン系ポリマーを主材料として構成され、

前記第1のノルボルネン系材料と第2のノルボルネン系材料とは、前記主鎖に結合した状態の前記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ことが好ましい。

[0057] また、本発明の光導波路では、前記ノルボルネン系ポリマーは、ジフェニルメチルノルボルネンメキシシランの繰り返し単位を含むものであることが好ましい。

[0058] また、本発明の光導波路では、前記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であることが好ましい。

[0059] また、本発明の光導波路では、前記ノルボルネン系ポリマーは、ヘキシルノルボルネンの繰り返し単位を含むものであることが好ましい。

[0060] また、本発明の光導波路では、前記ノルボルネン系ポリマーは、付加重合体であることが好ましい。

[0061] また、上記目的を達成するために、本発明の光導波路構造体は、
前述した光導波路と、該光導波路の少なくとも一方の面側に設けられた導体層とを有することを特徴とする。

[0062] これにより、耐熱性に優れるとともに吸水性が低く、また材料コストが低く抑えられる光導波路構造体を得られる。

[0063] また、本発明の光導波路構造体では、前記導体層の平均厚さは、前記光導波路の平均厚さの10～90%であることが好ましい。

[0064] また、本発明の光導波路構造体では、前記導体層は、乾式メッキ法、湿式メッキ法および導電性シート材の接合のうちの少なくとも1つの方法により形成されたものであ

ることが好ましい。

図面の簡単な説明

[0065] [図1]図1は、本発明の光導波路構造体の実施形態を示す斜視図(一部切り欠いて示す)である。

[図2]図2は、本発明の光導波路構造体の第1の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

[図3]図3は、本発明の光導波路構造体の第1の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

[図4]図4は、本発明の光導波路構造体の第1の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

[図5]図5は、本発明の光導波路構造体の第1の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

[図6]図6は、本発明の光導波路構造体の第1の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

[図7]図7は、本発明の光導波路構造体の第1の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

[図8]図8は、本発明の光導波路構造体の第4の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

[図9]図9は、本発明の光導波路構造体の第4の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

[図10]図10は、本発明の光導波路構造体の第4の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

[図11]図11は、本発明の光導波路構造体の第4の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

[図12]図12は、本発明の光導波路構造体の第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]図13は、本発明の光導波路構造体の第4の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

[図14]図14は、コア部の長さの変化に伴う総光損失の変化を示すチャートである。

発明を実施するための最良の形態

[0066] 以下、本発明の光導波路および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明する。

[0067] 図1は、本発明の光導波路構造体の実施形態を示す斜視図(一部切り欠いて示す)である。

[0068] なお、以下の説明では、図1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(以下の図において同様である。)

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。

[0069] 図1に示す光導波路構造体9は、光導波路90と、その上面および下面に、それぞれ設けられた導体層901、902とを有し、これら各層が接合されたものである。

[0070] 導体層901、902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のような各種金属材料、インジウムスズ酸化物(ITO)、フッ素含有インジウムスズ酸化物(FTO)のような各種酸化物材料等が挙げられる。

[0071] 導体層901、902の平均厚さは、それぞれ、光導波路90の平均厚さの10～90%程度であるのが好ましく、20～80%程度であるのがより好ましい。具体的には、導体層901、902の平均厚さは、特に限定されないが、それぞれ、通常、3～100 μm 程度が好ましく、5～70 μm 程度がより好ましい。これにより、光導波路構造体9の可撓性が低下するのを防止しつつ、導体層901、902を導電性に優れたものとすることができる。

[0072] また、図1に示す構成では、導体層901、902は、いずれも、平板状(シート状)をなしている。この場合、導体層901、902の所定のパターンに加工した後、所望の箇所に、光学素子(発光素子、受光素子等)を実装することにより、光学回路と電気回路とを備える複合装置を製造することができる。

[0073] なお、導体層901、902は、それぞれ、予めパターンニングされたもの(配線)であってもよい。また、必要に応じて、導体層901および902のいずれか一方を省略してもよい。

[0074] また、導体層901、902と光導波路90との間には、任意の目的(例えば、密着性を

向上させる目的等)の層が1層または2層以上設けられていてもよい。

[0075] 光導波路90は、図1中下側からクラッド層(下部クラッド層)91、コア層93およびクラッド層(上部クラッド層)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、このコア部(導波路チャンネル)94に隣接するクラッド部95とが形成されている。

[0076] コア部94とクラッド部95との屈折率の差は、特に限定されないが、0.3～5.5%程度が好ましく、特に0.8～2.2%程度が好ましい。屈折率の差が前記下限値未満であると光を伝達する効果が低下する場合があります、前記上限値を超えても、光の伝送効率のそれ以上の増大は期待できない。

[0077] なお、前記屈折率差とは、コア部94の屈折率をA、クラッド部95の屈折率をBとしたとき、次式で表される。

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

[0078] また、図1に示す構成では、コア部94は、平面視で直線状に形成されているが、途中で湾曲、分岐等してもよく、その形状は任意である。なお、後述するような光導波路構造体9の製造方法を用いれば、複雑かつ任意の形状のコア部94を容易にかつ寸法精度よく形成することができる。

[0079] また、コア部94は、その横断面形状が正方形または矩形(長方形)のような四角形をなしている。

[0080] コア部94の幅および高さは、特に限定されないが、それぞれ、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。

[0081] このコア部94は、クラッド部95に比べて屈折率が高い材料で構成され、また、クラッド層91、92に対しても屈折率が高い材料で構成されている。

[0082] 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、その外周をクラッド部に囲まれた導光路として機能する。

[0083] 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90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。

[0084] なお、クラッド層91、クラッド部95およびクラッド層92の構成材料は、それぞれ、同一(同種)のものでも異なるものでもよいが、これらは、屈折率が同じかまたは近似しているものであるのが好ましい。クラッド層91、92およびコア層93の構成材料の詳細については、後に説明する。

[0085] 本発明の光導波路構造体9は、コア部94の材料の光学特性等によっても若干異なり、特に限定されないが、例えば、600～1550nm程度の波長領域の光を使用したデータ通信において好適に使用される。

[0086] 次に、光導波路構造体9の製造方法の一例について説明する。

<第1の製造方法>

まず、光導波路構造体9の第1の製造方法について説明する。

[0087] 図2～図7は、それぞれ、本発明の光導波路構造体の第1の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

[0088] [1A] まず、支持基板951上に、層910を形成する(図2参照)。

層910は、コア層形成用材料(ワニス)900を塗布し硬化(固化)させる方法により形成される。

[0089] 具体的には、層910は、支持基板951上にコア層形成用材料900を塗布して液状被膜を形成した後、この支持基板951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。

[0090] 層910を塗布法で形成する場合、例えば、ドクターブレード法、スピコート法、ディッピング法、テーブルコート法、スプレー法、アプリケーション法、カーテンコート法、ダイコート法等の方法が挙げられるが、これらに限定されるわけではない。

[0091] 支持基板951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。

- [0092] コア層形成用材料900は、ポリマー915と、添加剤920(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915中において、モノマーの反応が生じる材料である。
- [0093] そして、得られた層910中では、ポリマー(マトリックス)915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920は、ポリマー915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910中には、添加剤920が実質的に一様かつ任意に分散されている。
- [0094] 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。
- [0095] 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。
- [0096] 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。
- [0097] 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。
- [0098] 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。
- [0099] 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。
- [0100] 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)

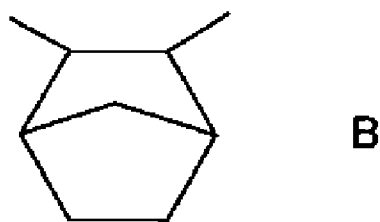
、2つ以上のノルボルネン系繰り返し単位を有するもの(コポリマー)のいずれであってもよい。

[0101] 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。

[0102] 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。

[0103] 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2(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。

[0104] [化2]



[0105] 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4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。

[0106] なお、比較的高い屈折率を有するポリマー915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915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915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915が合成(重合)される。

[0107] 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。

[0108] 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。

[0109] 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。

[0110] 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90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。

[0111] 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。

[0112] 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。また、かかるノルボルネン系ポリマーは、前述したような波長領域(特に、850nm付近の

波長領域)の光に対する透過率が優れることから好ましい。

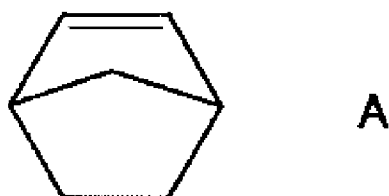
- [0113] このようなノルボルネン系ポリマーの好ましい具体例としては、ヘキシルノルボルネンのホモポリマー、フェニルエチルノルボルネンのホモポリマー、ベンジルノルボルネンのホモポリマー、ヘキシルノルボルネンとフェニルエチルノルボルネンとのコポリマー、ヘキシルノルボルネンとベンジルノルボルネンとのコポリマー等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。
- [0114] 本実施形態のコア層形成用材料900は、添加剤920として、モノマー、助触媒(第1の物質)および触媒前駆体(第2の物質)を含んでいる。
- [0115] モノマーは、後述する活性放射線に照射により、活性放射線の照射領域にお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。
- [0116] 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。
- [0117] 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。
- [0118] 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。
- [0119] 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。
- [0120] 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。

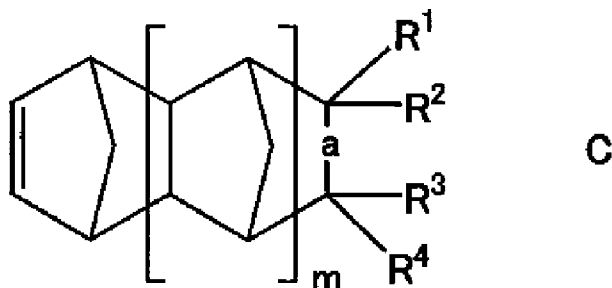
[0121] これらの中でも、モノマーとしては、ノルボルネン系モノマーを用いるのが好ましい。ノルボルネン系モノマーを用いることにより、光伝送性能に優れ、かつ、耐熱性および柔軟性に優れたコア層93(光導波路90)が得られる。

[0122] ここで、ノルボルネン系モノマーとは、下記化3(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4(構造式C)で表される化合物が挙げられる。

[0123] [化3]



[0124] [化4]



[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。]

[0125] 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。

- [0126] 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。
- [0127] 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シ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。
- [0128] 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。
- [0129] 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。
- [0130] 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。
- [0131] 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。
- [0132] 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。
- [0133] 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。
- [0134] 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。

[0135] 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。

[0136] 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: $-C_{\text{Z}}X'_{2\text{Z}+1}$ 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。

[0137] 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。

[0138] また、官能置換基としては、例えば、 $-(CH_2)_n-CH(CF_3)_2-O-Si(Me)_3$ 、 $-(CH_2)_n-CH(CF_3)_2-O-CH_2-O-CH_3$ 、 $-(CH_2)_n-CH(CF_3)_2-O-C(O)-O-C(CH_3)_3$ 、 $-(CH_2)_n-C(CF_3)_2-OH$ 、 $-(CH_2)_n-C(O)-NH_2$ 、 $-(CH_2)_n-C(O)-Cl$ 、 $-(CH_2)_n-C(O)-O-R^5$ 、 $-(CH_2)_n-O-R^5$ 、 $-(CH_2)_n-O-C(O)-R^5$ 、 $-(CH_2)_n-C(O)-R^5$ 、 $-(CH_2)_n-O-C(O)-OR^5$ 、 $-(CH_2)_n-Si(R^5)_3$ 、 $-(CH_2)_n-Si(OR^5)_3$ 、 $-(CH_2)_n-O-Si(R^5)_3$ および $-(CH_2)_n-C(O)-OR^6$ 等が挙げられる。

[0139] 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。

[0140] 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。

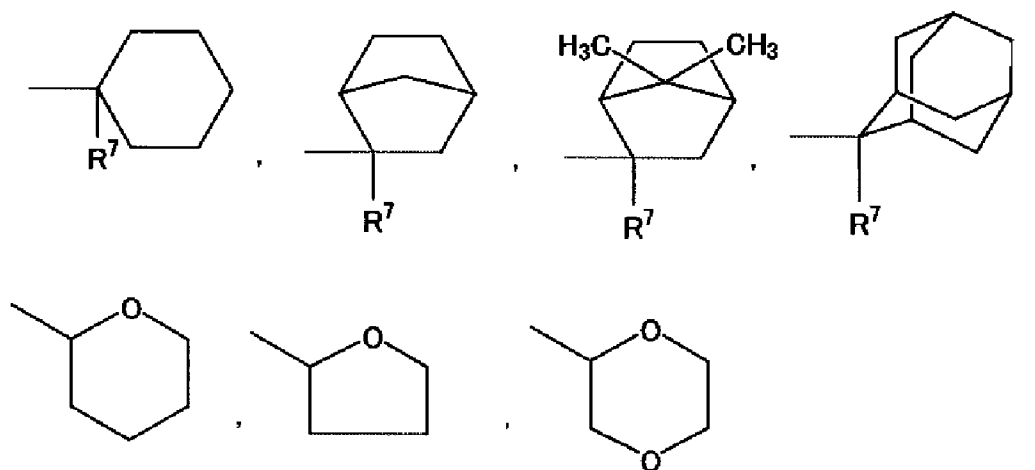
[0141] 例えば、 R^5 が炭素数1～20($C_1 \sim C_{20}$)のハロゲン化またはパーハロゲン化アルキル基である場合、 R^5 は、一般式： $-C_z X'^{2z+1}$ で表される。ここで、 z および X' は、それぞれ、上記の定義と同じであり、 X' の少なくとも1つは、ハロゲン原子(例えば、臭素原子、塩素原子またはフッ素原子)である。

[0142] 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。

[0143] 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。

[0144] 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5の環状基等が挙げられる。

[0145] [化5]



[0146] 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。

[0147] 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

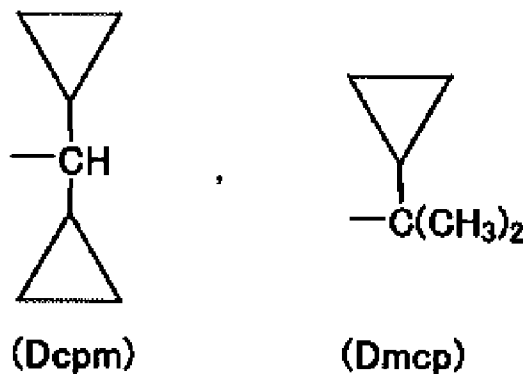
る。

[0148] なお、上記化5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。

[0149] R^6 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、テトラヒドロフランニル(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。

[0150] また、他の R^6 としては、例えば、下記化6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。

[0151] [化6]



[0152] 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。

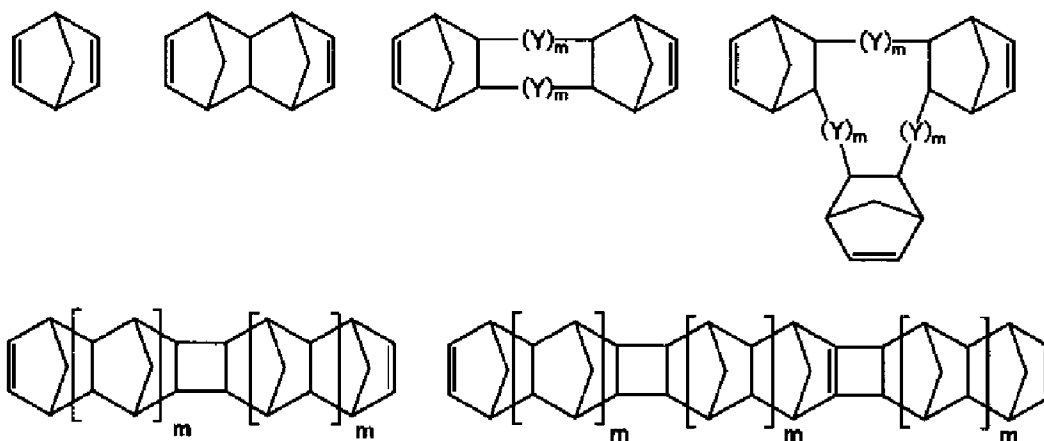
[0153] 架橋性モノマーを用いることにより、次のような利点がある。すなわち、架橋性モノマーは、より速く重合するので、コア層93(光導波路90)の形成(プロセス)に要する時間を短縮することができる。また、架橋性モノマーは、加熱しても蒸発し難いので、蒸気圧の上昇を抑えることができる。さらに、架橋性モノマーは、耐熱性に優れるため、コア層93の耐熱性を向上させることができる。

[0154] このうち、架橋性ノルボルネン系モノマーは、前記化3(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。

[0155] 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。

[0156] 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7で表される化合物が挙げられる。

[0157] [化7]

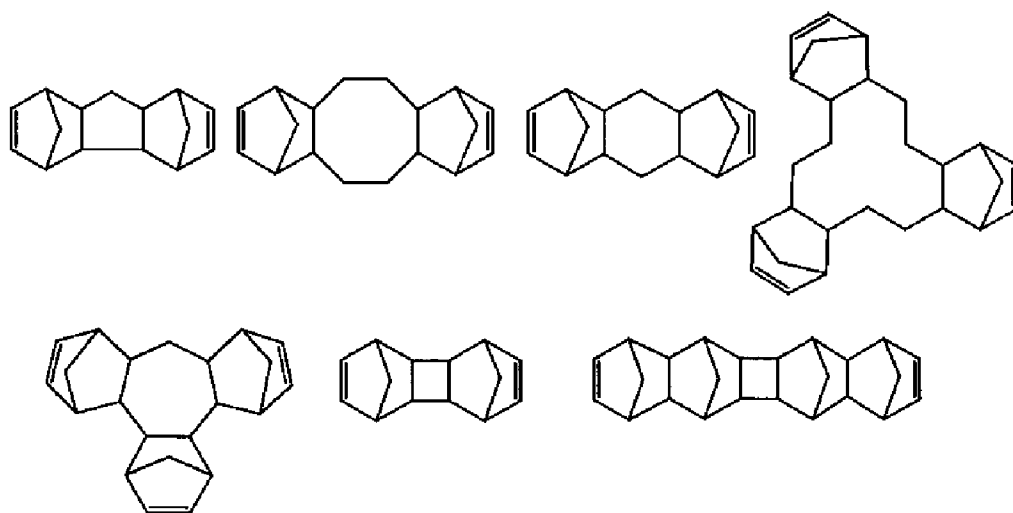


[式中、Yは、メチレン($-\text{CH}_2-$)基を表し、mは、0～5の整数を表わす。ただし、mが0である場合、Yは、単結合である。]

[0158] なお、簡略化のため、ノルボルナジエン(norbornadiene)は、連続多環環系に含まれ、重合性ノルボルネン系二重結合を含むものとする。

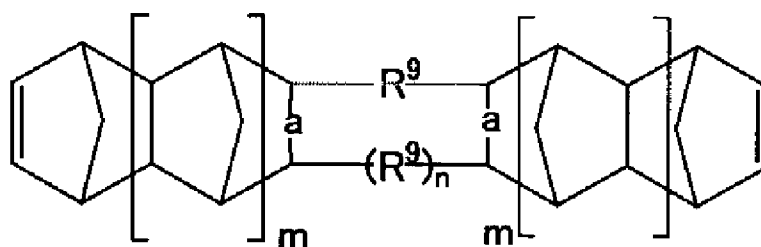
[0159] この連続多環環系の化合物の具体例としては、下記化8で表される化合物が挙げられるが、これらに限定されるわけではない。

[0160] [化8]



[0161] 一方、連結多環環系の化合物(連結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9で表される化合物が挙げられる。

[0162] [化9]



[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、0～5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。]

[0163] 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。

[0164] 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： $-(C_{d-1}H_{2d})-$ で表されるアルキレン基(dは、好ましくは1～10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。

[0165] 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1～10($C_1 \sim C_{10}$)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。

[0166] 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。

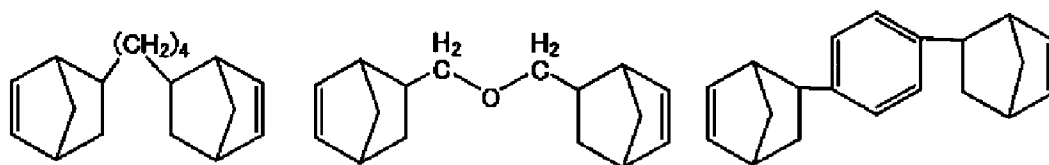
一方、二価の芳香族基としては、二価のフェニル基、二価のナフチル基が好ましい。

[0167] 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。

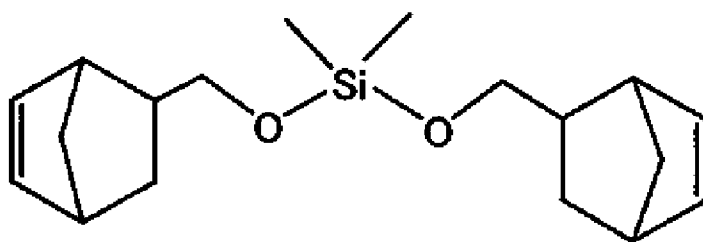
ここで、 R^{10} は、それぞれ独立して、 R^9 と同じものを表す。

[0168] この連結多環環系の化合物の具体例としては、下記化10、化11、化12、化13、化14で表される化合物の他、化15、化16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。

[0169] [化10]

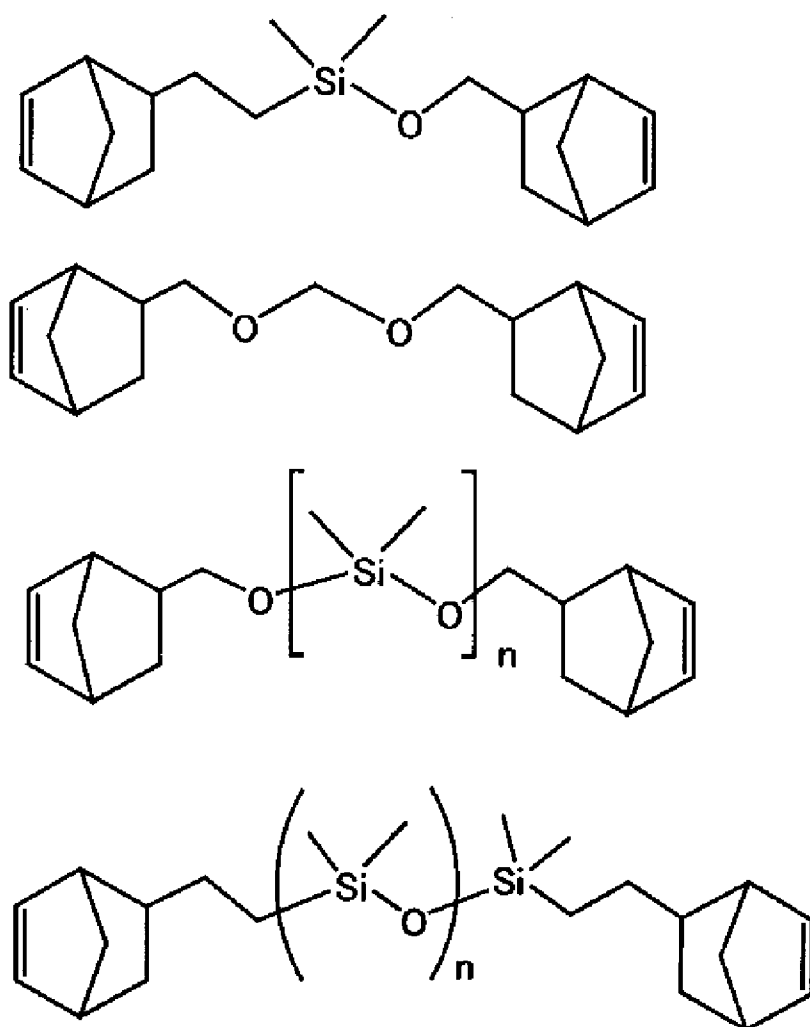


[0170] [化11]



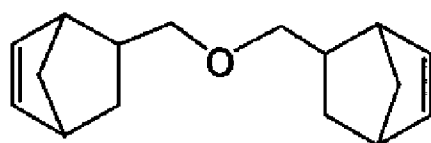
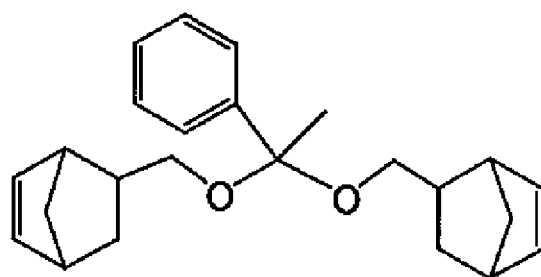
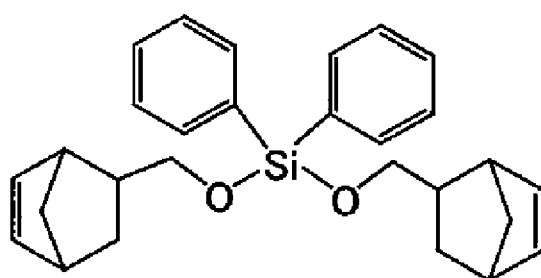
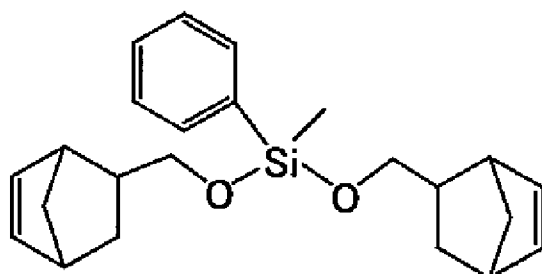
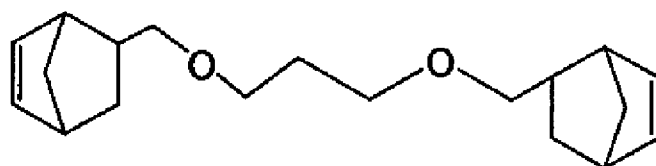
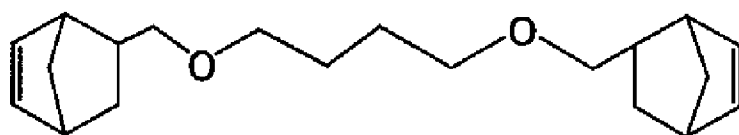
[0171] この化11で表される化合物は、ジメチルビス[ビシクロ[2. 2. 1]ヘプト-2-エン-5-メトキシ]シランであり、またの命名では、ジメチルビス(ノルボルネンメトキシ)シラン(「SiX」と略される。)と呼ばれる。

[0172] [化12]

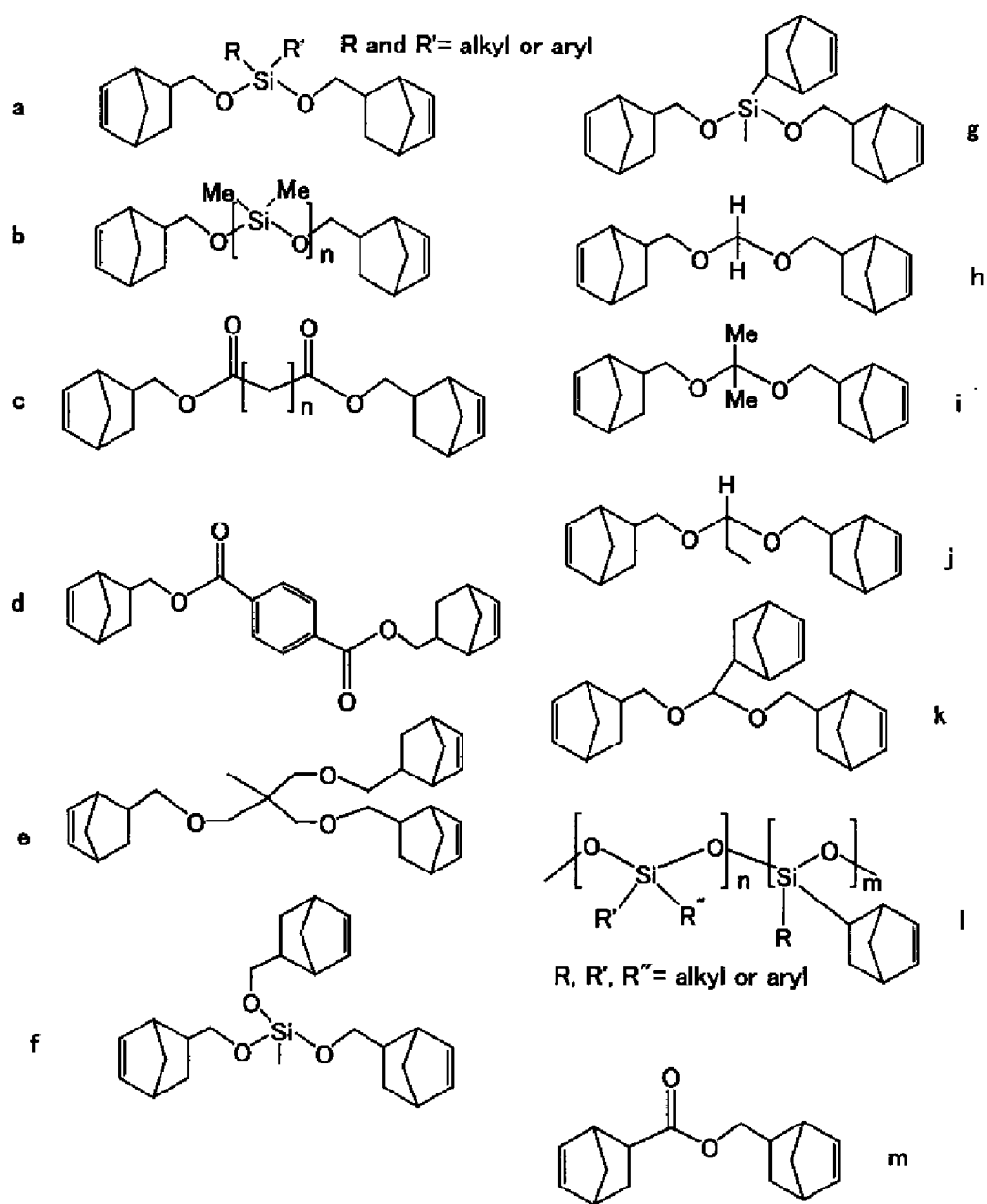


[式中、nは、0～4の整数を表す。]

[0173] [化13]

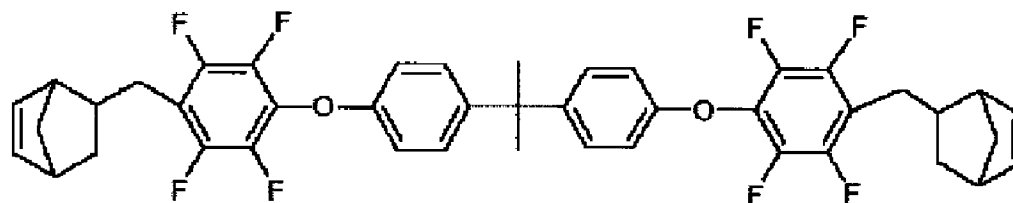


[0174] [化14]

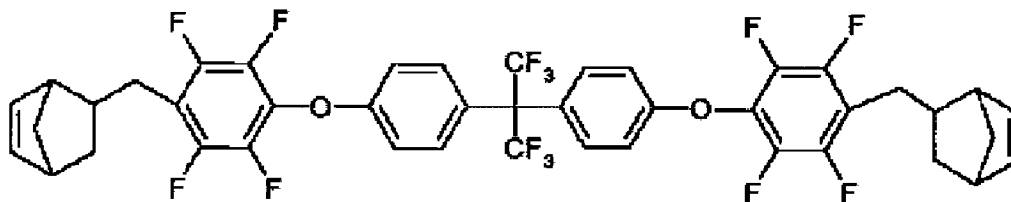


[式中、mおよびnは、それぞれ、1～4の整数を表す。]

[0175] [化15]



[0176] [化16]



[0177] 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90)の特性(光伝送性能)の向上を図ることができる。

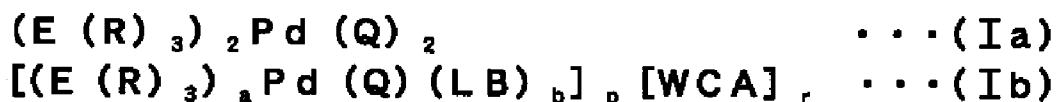
[0178] なお、以上のようなモノマーは、単独または任意に組み合わせて用いるようにしてもよい。

[0179] 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。

[0180] この触媒前駆体(プロカタリスト: procatalyst)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90)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90の特性(光伝送性能)が低下するのを防止することができる。

[0181] 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。

[0182] [化17]



[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。]

[0183] 式Iaに従う典型的な触媒前駆体としては、 $Pd(OAc)_2(P(i-Pr)_3)_2$ 、 $Pd(OAc)_2(P(Cy)_3)_2$ 、 $Pd(O_2CCMe)_3_2(P(Cy)_3)_2$ 、 $Pd(OAc)_2(P(Cp)_3)_2$ 、 $Pd(O_2CCF)_3_2(P(Cy)_3)_2$ 、 $Pd(O_2CC_6H_5)_3_2(P(Cy)_3)_2$ が挙げられるが、これらに限定されるわけではない。ここで、Cpは、シクロペンチル(cyclopentyl)基を表し、Cyは、シクロヘキシル基を表す。

[0184] 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。

[0185] このような式Ibに従う典型的な触媒前駆体としては、 $Pd(OAc)_2(P(Cy)_3)_2$ が挙げられる。ここで、Cyは、シクロヘキシル基を表し、Acは、アセチル基を表す。

[0186] 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。

[0187] 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。

[0188] かかる触媒前駆体としては、 $Pd(OAc)_2(P(i-Pr)_3)_2$ および $Pd(OAc)_2(P(Cy)_3)_2$ 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。

[0189] なお、以下では、 $Pd(OAc)_2(P(i-Pr)_3)_2$ を「Pd545」と、また、 $Pd(OAc)_2(P(Cy)_3)_2$ を「Pd785」と略すことがある。

[0190] 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

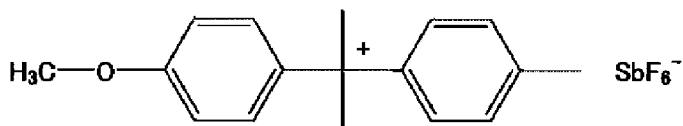
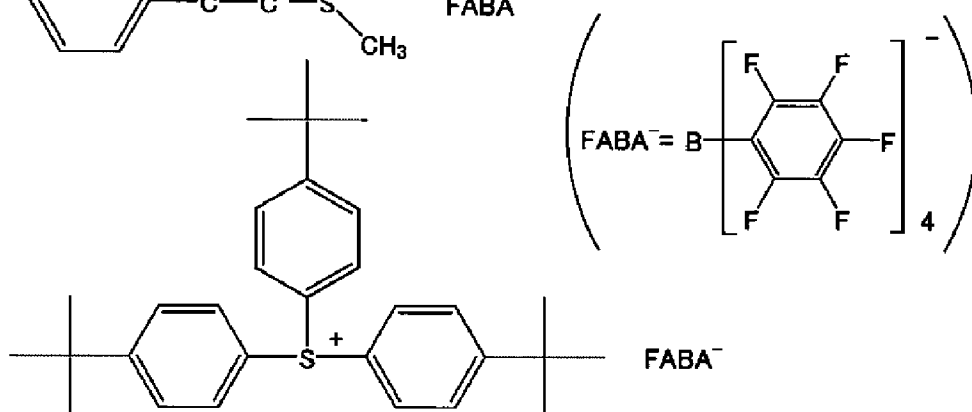
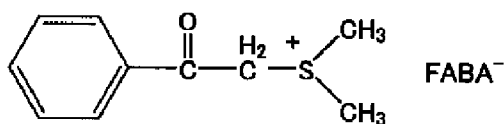
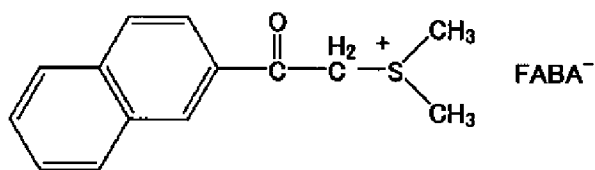
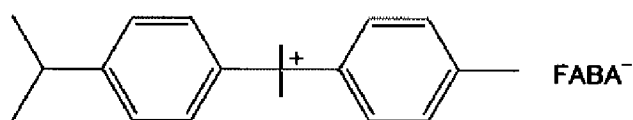
物質である。

[0191] 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。

[0192] 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。

[0193] 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18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。

[0194] [化18]



[0195] 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。

[0196] 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(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。

[0197] 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。

[0198] 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。

[0199] 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、インダンスリエン類、チオキサナンテン-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。

[0200] 増感剤の具体例としては、2-イソプロピル-9H-チオキサナンテン-9-オン、4-イソプロピル-9H-チオキサナンテン-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。

[0201] なお、9, 10-ジブトキシアントラセン(DBA)は、日本国神奈川県川崎化成工業株式会社から入手が可能である。

[0202] 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。

[0203] 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90)の特性の向上を図ることができる。

[0204] 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 IRGAFOS(登録商標、以下同様である。) 168が好適に用いられる。

[0205] 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。

[0206] 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。

[0207] 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。

[0208] 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。

[0209] 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。

[0210] 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。

[0211] [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(活性エネルギー光線)930を照射する(図3参照)。

[0212] 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。

[0213] 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。

[0214] 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。

[0215] 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。

[0216] 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ができるとともに、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。

[0217] また、図3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)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PET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。

[0218] 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、レーザ光の他、電子線やX線等を用いることもできる。

[0219] 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200～450nm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。

[0220] また、活性放射線930の照射量は、0.1～9J/cm²程度であるのが好ましく、0.2～6J/cm²程度であるのがより好ましく、0.2～3J/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。

[0221] 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(WCA)とを遊離(発生)する。

[0222] 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。

[0223] 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。

[0224] 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。

[0225] なお、活性放射線930として、レーザ光のように指向性の高い光を用いる場合には

、マスク935の使用を省略してもよい。

[0226] [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。

[0227] 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(モノマーディフュージョン)して照射領域925に集まってくる。

[0228] 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。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。

[0229] 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。

[0230] 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4参照)。

[0231] 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。

[0232] また、加熱時間は、照射領域925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。

[0233] [4A] 次に、層910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。

[0234] 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。

[0235] 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。

[0236] 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。

[0237] [5A] 次に、層910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。

[0238] 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℃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。

[0239] 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。

[0240] 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。

[0241] [6A] 次に、支持基板952上に、クラッド層91(92)を形成する(図5参照)。

[0242] 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。

[0243] クラッド層91(92)を塗布法で形成する場合、例えば、スピコート法、ディッピング法、テーブルコート法、スプレー法、アPLICエーター法、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。

[0244] クラッド層91(92)の構成材料としては、ノルボルネン系ポリマーを主とするものが用いられる。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90では、光導波路90に導体層901、902を形成する際、導体層901、902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。

- [0245] 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。
- [0246] 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。
- [0247] 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、コア層93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93との密着性がさらに高いものとなり、クラッド層91(92)とコア層93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、耐久性に優れた光導波路90が得られる。
- [0248] 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。
- [0249] 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。

[0250] 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。

[0251] また、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を含むものが好ましい。これにより、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。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。

[0252] その結果、クラッド層91(92)自体の強度を向上させることや、クラッド層91(92)とコア層93との密着性を向上させることができる。

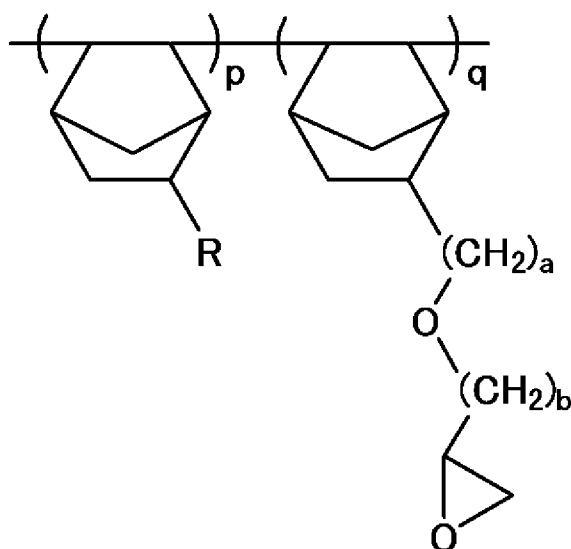
[0253] このような重合性基としては、例えば、エポキシ基、(メタ)アクリル基、アルコキシシリル基等のうちの1種または2種以上の組み合わせが挙げられるが、特に、エポキシ基が好ましい。エポキシ基は、各種重合性基の中でも、反応性が高いことから好ましい。

[0254] 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。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90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。

[0255] 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、850nm付近の波長領域)の光に対する透過率が優れることから好ましい。

[0256] このようなことから、クラッド層91(92)に用いるノルボルネン系ポリマーとしては、下記化19で表されるものが好適である。

[0257] [化19]



[式中、R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、p/qが20以下である。]

- [0258] かかる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90の光伝送性能をより向上させることができる。
- [0259] なお、化19で表されるの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。
- [0260] また、p/q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、2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。
- [0261] なお、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を含むノルボルネン系ポリマーにおいて、エポキシ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、エポキシ基を開裂させて架橋させればよい。
- [0262] また、エポキシ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、架橋剤として少なくとも1つのエポキシ基を有する化合物を混合するようにすればよい。

[0263] このような架橋剤としては、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。

[0264] このエポキシ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90を得た後に行うようにしてもよい。

[0265] 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。

[0266] 例えば、クラッド層形成用材料中には、添加剤として、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。

[0267] 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。

[0268] かかる触媒前駆体としては、例えば、 $[\text{Pd}(\text{PCy}_3)_2(\text{O}_2\text{CCH}_3)(\text{NCCH}_3)]$ テトラキス(ペンタフルオロフェニル)ボレート、 $[2\text{-methallyl Pd}(\text{PCy}_3)_2]$ テトラキス(ペンタフルオロフェニル)ボレート、 $[\text{Pd}(\text{PCy}_3)_2\text{H}(\text{NCCH}_3)]$ テトラキス(ペンタフルオロフェニル)ボレート、 $[\text{Pd}(\text{P}(\text{iPr})_3)_2(\text{OCOCH}_3)(\text{NCCH}_3)]$ 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。

[0269] 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。

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。

[0270] [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6参照)。

[0271] そして、図6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。

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。

[0272] 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℃程度が好ましく、120～180℃程度がより好ましい。

[0273] 次に、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、本発明の光導波路90が得られる。

[0274] [8A] 次に、光導波路90の上面および下面に、それぞれ導体層901、902を形成する(図7参照)。

[0275] 各導体層901、902の形成方法としては、それぞれ、例えば、プラズマCVD法、熱CVD法、レーザーCVD法のような化学的気相成膜法(CVD法)、真空蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法のような物理的気相成膜法(PVD法)等の乾式メッキ法、電解メッキ、浸漬メッキ、無電解メッキ等の湿式メッキ法や、ラミネート法による導電性シート材の接合のうちの少なくとも1つを用いることができる。これにより、各導体層901、902と光導波路90との高い密着性が得られる。

以上のようにして、本発明の光導波路構造体9が完成する。

[0276] このような光導波路構造体9の好ましい例では、コア層93において、コア部94が第1のノルボルネン系材料を主材料として構成され、クラッド部95が第1のノルボルネン系材料より低い屈折率を有する第2の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、第1のノルボルネン系材料(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。

[0277] そして、第1のノルボルネン系材料と前記第2のノルボルネン系材料とは、いずれも、同一のノルボルネン系ポリマーを含有するが、この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、互いに屈折率が異なっている。

[0278] 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構造体9では、光導波路90の高い光伝送性能が得られる。

[0279] また、このような構成により、コア部94とクラッド部95との間の高い密着性のみなら

ず、コア層93とクラッド層91およびクラッド層92との間の高い密着性が得られ、光導波路構造体9に曲げ等の変形が生じた場合でも、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90の光伝送性能が維持される。

[0280] 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90(光導波路構造体9)では、耐久性に優れたものとなる。

[0281] また、光導波路90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901、902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94と重なるように、導体層901、902を形成した場合でも、コア部94の変質・劣化を防止することができる。

[0282] 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94を有する光導波路構造体9を得ることができる。

[0283] <第2の製造方法>

次に、光導波路構造体9の第2の製造方法について説明する。

[0284] 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。

[0285] 第2の製造方法では、コア層形成用材料900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。

[0286] 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900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915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。

[0287] 第2の製造方法において用いられるポリマー915としては、前記第1の製造方法で

挙げたポリマー915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915に離脱性基を導入したもの等が挙げられる。

[0288] 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。

[0289] 離脱性基は、カチオン、アニオンまたはフリーラジカル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)作用により離脱するもの(酸基離脱性基)である。

[0290] 酸離脱性基としては、その分子構造中に、 $-O-$ 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つを有するものが好ましい。かかる酸離脱性基は、カチオン作用により比較的容易に離脱する。

[0291] 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。

[0292] なお、フリーラジカル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。

[0293] 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)ノルボルネンの繰り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。

[0294] 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。

[0295] 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。

[0296] 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。

[0297] [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。

[0298] [2B] 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。

[0299] 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 (フォトブリーチ)。

[0300] 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、未照射領域940の屈折率は、第1の屈折率が維持される。

[0301] 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。

[0302] 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。

[0303] [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。

[0304] 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。

[0305] 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。

[0306] 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。

[0307] 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、0.5～3時間程度であるのが好ましく、0.5～2時間程度であるのがより好ましい。

[0308] 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。

[0309] また、必要に応じて、1回または複数回の加熱処理(例えば、150～200℃×1～8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。

[0310] [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。

[6B] 前記工程[8A]と同様の工程を行う。

以上のようにして、本発明の光導波路構造体9が完成する。

[0311] このような光導波路構造体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。

[0312] 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。

[0313] 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構造体9では、光導波路90の高い光伝送性能が得られる。

[0314] また、このような構成により、コア部94とクラッド部95との間の高い密着性のみならず、コア層93とクラッド層91およびクラッド層92との間の高い密着性が得られ、光導波路構造体9に曲げ等の変形が生じた場合でも、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90の光伝送性能が維持される。

[0315] 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90(光導波路構造体9)では、耐久性に優れたものとなる。

- [0316] また、光導波路90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901、902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94と重なるように、導体層901、902を形成した場合でも、コア部94の変質・劣化を防止することができる。
- [0317] 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94を有する光導波路構造体9を得ることができる。
- [0318] 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93を形成することができる。
- [0319] <第3の製造方法>
次に、光導波路構造体9の第3の製造方法について説明する。
- [0320] 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。
- [0321] 第3の製造方法では、コア層形成用材料900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。
- [0322] 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900は、前述したような離脱性基を有するポリマー915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。
- [0323] このようなコア層形成用材料900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93において、コア部94とクラッド部95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。
- [0324] なお、前述したように、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、ポリマー915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925をクラッド部95とし、コア部94との屈折率差が極めて大き

いコア層93を得ることができる。

[0325] 以下では、このような組み合わせのポリマー915、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。

[0326] 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。

[0327] [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。

[0328] [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。

[0329] 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。

[0330] 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。

[0331] 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。

[0332] 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。

[0333] [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。

- [0334] 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。
- [0335] 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。
- [0336] 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。
- [0337] 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。
- [0338] 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。
- [0339] [4C] 前記工程[4A]と同様の工程を行う。
[5C] 前記工程[5A]と同様の工程を行う。
[6C] 前記工程[6A]と同様の工程を行う。
[7C] 前記工程[7A]と同様の工程を行う。
[8C] 前記工程[8A]と同様の工程を行う。
以上のようにして、本発明の光導波路構造体9が完成する。
- [0340] このような光導波路構造体9の好ましい例では、コア層93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、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。

[0341] 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構造体9では、光導波路90の高い光伝送性能が得られる。

[0342] また、このような構成により、コア部94とクラッド部95との間の高い密着性のみならず、コア層93とクラッド層91およびクラッド層92との間の高い密着性が得られ、光導波路構造体9に曲げ等の変形が生じた場合でも、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90の光伝送性能が維持される。

[0343] 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90(光導波路構造体9)では、耐久性に優れたものとなる。

[0344] また、光導波路90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901、902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94と重なるように、導体層901、902を形成した場合でも、コア部94の変質・劣化を防止することができる。

[0345] 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94を有する光導波路構造体9を得ることができる。

[0346] 特に、第3の製造方法によれば、コア部94とクラッド部95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。

[0347] <第4の製造方法>

次に、光導波路構造体9の第4の製造方法について説明する。

[0348] 図8～図13は、それぞれ、本発明の光導波路構造体の第4の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

[0349] 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。

- [0350] 第4の製造方法では、光導波路90の形成工程が異なり、それ以外は、前記第1～第3の製造方法と同様である。
- [0351] すなわち、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。
- [0352] 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。
- [0353] [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8参照)。
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。
- [0354] 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。
- [0355] [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9参照)。
- [0356] 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。
- [0357] 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90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。
- [0358] 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。
- [0359] 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。
- [0360] 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。

[0361] [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10参照)。

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。

[0362] 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。

[0363] [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の脱溶媒が可能である。

[0364] 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。

[0365] 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。

[0366] [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(活性エネルギー光線)930を照射する(図11参照)。

[0367] 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。

[0368] 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。

[0369] [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。

[0370] 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。

[0371] 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。

[0372] 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。

[0373] 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12参照)。

[0374] [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。

[0375] 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。

[0376] [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、本発明の光導波路90が得られる。

[0377] [9D] 次に、光導波路90の上面および下面に、それぞれ導体層901、902を形成する(図13参照)。

[0378] これは、前記工程[8A]と同様にして行うことができる。

以上のようにして、本発明の光導波路構造体9が完成する。

- [0379] 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。
- [0380] 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。
- [0381] 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。
- [0382] 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。
- [0383] 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。
- [0384] 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。
- [0385] また、第4の製造方法では、第1のワニスおよび第3のワニスには、末端にエポキシ構造を含む置換基を有するノルボルネン系ポリマーと、助触媒とを含むものを用いるのが好ましい。これにより、コア部94およびクラッド部95を形成する際に、エポキシ構造が開裂し、コア層93のポリマー915との反応(重合)を生じるようになる。その結果、クラッド層91、92のコア層93に対する密着性の向上を図ることができる。

- [0386] このようなノルボルネン系ポリマーとしては、例えば、ヘキシルノルボルネン(HxNB)とノルボルネンメチルグリシジルエーテル(AGENB)との共重合体等が挙げられる。
- [0387] 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。
- [0388] 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。
- [0389] 以上の説明したような光導波路構造体9は、活性放射線の照射という簡単な方法でコア部94のパターニングをすることができ、コア部(光回路)94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94が得られる。
- [0390] また、予め導体層901、902が形成されているため、素子への配線(電気回路の形成)が容易であるとともに、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であり、配線回路の構成の自由度(例えば、端子の設置箇所の選択の自由度)が広く、汎用性に富む。
- [0391] そして、光導波路構造体9は、配線(電気回路)およびコア部(光回路)94の双方を高い配設密度で形成することができるため、光および電気の混成回路において、効率の良い回路設計が可能となるとともに、さらなる回路の集積化が可能となる。
- [0392] このような光導波路構造体9は、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、汎用性に富むため、種々の電子部品、電子機器等に対し用いることができる。
- [0393] なお、前記第1～第4の製造方法では、いずれも、支持基板951、952、1000を除去するものとして説明したが、これらを導電性材料で構成し、除去することなく、そのまま導体層901、902として用いるようにしてもよい。
- [0394] また、必要に応じて、クラッド層91、92のうちのいずれか一方または双方を省略してもよい。
- [0395] また、コア層93の形成方法も、前述した方法に限定されるものでないことは、言うまでもない。

- [0396] また、光導波路90は、図示の構成に限定されず、例えば、2つのクラッド層の間に、複数層のコア層が積層して設けられるような構成であってもよく、クラッド層とコア層とを順に積層して構成したものであってもよく、2つのクラッド層の間に1つのコア層が設けられた積層体を、複数層積層して構成したもの等であってもよい。
- [0397] また、コア部94の途中には、その光路、すなわち、コア部94の長手方向に対しほぼ45° 傾斜する傾斜面(反射面)を形成してもよい。これにより、コア部94を伝播する光(伝送光)を、この傾斜面において、ほぼ90° 屈曲させることができる。
- [0398] そして、この傾斜面の方向を適宜設定することにより、伝送光の光路を、コア層90内(2次元方向)のみならず、光導波路90の厚さ方向も含めた3次元方向に変更することが可能となる。
- [0399] この傾斜面は、コア部94を、例えば切断、除去(欠損)等することにより形成することができる。なお、傾斜面には、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形成するようにしてもよい。
- [0400] 以上、本発明の光導波路および光導波路構造体を、図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を発揮し得る任意の構成と置換することができ、また、任意の構成が付加されていてもよい。

実施例

- [0401] 以下、本発明の具体的実施例について説明する。

なお、以下では、ヘキシルノルボルネン(CAS番号第22094-83-3番)を「HxNB」と、ジフェニルメチルノルボルネンメキシシラン(CAS番号第376634-34-3番)を「diPhNB」と、フェニルエチルノルボルネン(CAS番号第29415-09-6番)を「PENB」と、ブチルノルボルネン(CAS番号第22094-81-1番)を「BuNB」と、デシルノルボルネン(CAS番号第22094-85-5番)を「DeNB」と、ベンジルノルボルネン(CAS番号第265989-73-9番)を「BzNB」と、メチルグリシジルエーテルノルボルネン(CAS番号第3188-75-8番)を「AGENB」と、ノルボルネニルエチルトリメキシシラン(CAS番号第68245-19-2番)を「TMSENB」と、トリエトキシシリルノルボルネン(CAS番号第18401-43-9番)を「TESNB」と、トリメキシシリルノ

ルボルネン(CAS番号第7538-46-7番)を「TMSN_B」と、ジメチルビス(ノルボルネンメトキシ)シラン(CAS番号第376609-87-9番)を「SiX」と、1, 1, 3, 3-テトラメチル-1, 3-ビス[2-(5-ノルボルネン-2-イル)エチル]ジシロキサン(CAS番号第198570-39-7番)を「Si₂X」と、それぞれ略すことがある。

[0402] 1. ポリマーの合成およびポリマー溶液の調製

以下に示すようにして、各ポリマーP1～5を合成し、その溶液を調整した。

<<ポリマーP1:ブチルノルボルネン(BuNB)/メチルグリシジルエーテルノルボルネン(AGENB)コポリマーの合成およびポリマーP1溶液の調製>>

[0403] BuNB(10.52g, 0.07mol)、AGENB(5.41g, 0.03mol)、および、トルエン(58.0g)を、シーラムボトルで混合し、オイルバス中80℃に加熱して混合溶液を得た。

[0404] 次に、この溶液に、(η^6 -トルエン)Ni(CF₃)₂(0.69g, 0.0014mol)のトルエン溶液(5g)を加えた。

[0405] 添加後、得られた溶液を室温で4時間維持した。次に、トルエン溶液(87.0g)を反応溶液に加え、勢いよく攪拌した反応混合物に、メタノールを滴下すると共重合体が沈殿した。

[0406] 沈殿した共重合体をろ過して集め、60℃のオーブン中、真空雰囲気乾燥させた。乾燥後の重量は12.74gであった(収率:80%)。

[0407] 上記で得た共重合体の分子量を、THF溶媒でGPC法(ゲル浸透クロマトグラフィー法)により測定すると(ポリスチレン換算)、M_w=320,000およびM_n=130,000であった。

[0408] 共重合体の組成を、¹H-NMRにより測定すると、78/22=BuNB/AGENBコポリマーであった。

[0409] 共重合体の屈折率を、プリズムカップリング法で測定したところ、波長633nmで、TEモードで1.5162であり、TMモードで1.5157であった。

[0410] そして、乾燥させた共重合体をトルエンに溶解して30wt%のポリマーP1溶液とした。

[0411] <<ポリマーP2:ヘキシルノルボルネン(HxNB)/メチルグリシジルエーテルノルボ

ルネン (AGENB) コポリマーの合成およびポリマーP2溶液の調製>>

[0412] HxNB (12.48g, 0.07mol)、AGENB (5.41g, 0.03mol)、および、トルエン (58.0g) を、ドライボックス内のシーラムボトルに加え、この溶液を80℃のオイルバス中で攪拌した。

[0413] 次に、この溶液に、(η^6 -トルエン)Ni(C₆F₅)₂ (0.69g, 0.0014mol) のトルエン溶液 (5g) を加えた。

[0414] 添加後、得られた混合物を室温で4時間維持した。次に、トルエン溶液 (87.0g) を反応溶液に加え、勢いよく攪拌した反応混合物に、メタノールを滴下すると共重合体が沈殿した。

[0415] 沈殿した共重合体をろ過して集め、60℃のオーブンで、真空中で乾燥させた。乾燥後の重量は13.78gであった (収率: 77%)。

[0416] 上記で得た共重合体の分子量を、THF溶媒でGPC法により測定すると (ポリスチレン換算)、M_w = 150,000 および M_n = 76,000 であった。

[0417] 共重合体の組成を、¹H-NMRにより測定すると、79/21 = HxNB/AGENB コポリマーであった。

[0418] 共重合体の屈折率を、プリズムカップリング法で測定したところ、波長633nmで、TEモードで1.5159であり、TMモードで1.5153であった。

[0419] そして、乾燥させた共重合体をトルエンに溶解して30wt%のポリマーP2溶液とした。

[0420] <<ポリマーP3: デシルノルボルネン (DeNB) / メチルグリシジルエーテルノルボルネン (AGENB) コポリマーの合成およびポリマーP3溶液の調製>>

[0421] DeNB (16.4g, 0.07mol)、AGENB (5.41g, 0.03mol)、および、トルエン (58.0g) を、ドライボックス内のシーラムボトルに加え、この溶液を80℃のオイルバス中で攪拌した。

[0422] 次に、この溶液に、(η^6 -トルエン)Ni(C₆F₅)₂ (0.69g, 0.0014mol) のトルエン溶液 (5g) を加えた。

[0423] 添加後、得られた混合物を室温で4時間維持した。次に、トルエン溶液 (87.0g) を反応溶液に加え、勢いよく攪拌した反応混合物に、メタノールを滴下すると共重合

体が沈殿した。

[0424] 沈殿した共重合体をろ過して集め、60℃のオーブン中、真空雰囲気乾燥させた。乾燥後の重量は17.00gであった(収率:87%)。

[0425] 上記で得た共重合体の分子量を、THF溶媒でGPC法で測定すると(ポリスチレン換算)、 $M_w=45,000$ および $M_n=26,000$ であった。

[0426] 共重合体の組成を、 $^1\text{H-NMR}$ により測定すると、77/23=DeNB/AGENBコポリマーであった。

[0427] 共重合体の屈折率を、プリズムカップリング法で測定したところ、波長633nmで、TEモードで1.5153であり、TMモードで1.5151であった。

[0428] そして、乾燥させた共重合体をトルエンに溶解して30wt%のポリマーP3溶液とした。

[0429] <<ポリマーP4:ヘキシルノルボルネン(HxNB)/ジフェニルメチルノルボルネンメトキシシラン(diPhNB)コポリマーの合成およびポリマーP4溶液の調製>>

[0430] HxNB(8.94g, 0.050mol)、diPhNB(16.1g, 0.050mol)、1-ヘキセン(2.95g, 0.035mol)、および、トルエン(142g)を秤量し、250mLのシーラムボトルに入れて、オイルバスで80℃に加熱し混合溶液を得た。

[0431] 次いで、この溶液に、 $[\text{Pd}(\text{PCy}_3)_2(\text{O}_2\text{CCH}_3)(\text{NCCH}_3)]$ テトラキス(ペンタフルオロフェニル)ボレート(以下、「Pd1446」と略す。)($5.8 \times 10^{-3}\text{g}$, $4.0 \times 10^{-6}\text{mol}$)、および、N,N-ジメルアニリニウムテトラキス(ペンタフルオロフェニル)ボレート(以下、「DANFABA」と略す。)($3.2 \times 10^{-3}\text{g}$, $4.0 \times 10^{-6}\text{mol}$)を添加した。

[0432] なお、このとき、上記ノルボルネンモノマー/Pd1446/DANFABAの比率は、モル比で25000/1/1であった。

[0433] 混合物を80℃で7時間維持し、その後、20mLのアセトニトリルを加えてPd触媒の活性を消失させた。その後、反応混合物にメタノールを滴下すると共重合体が沈殿した。

[0434] 沈殿した共重合体をろ過して集め、60℃のオーブン中、真空雰囲気乾燥させた。乾燥後の重量は19.8gであった(収率:79%)。

[0435] 上記で得た共重合体の分子量を、THF溶媒でGPC法で測定すると(ポリスチレン

換算)、 $M_w=86,000$ および $M_n=21,000$ であった。

[0436] 共重合体の組成を、 $^1\text{H-NMR}$ により測定すると、 $46/54=\text{HxNB}/\text{diPhNB}$ コポリマーであった。

[0437] 共重合体の屈折率を、プリズムカップリング法で測定すると、波長633nmで、TEモードで1.5569であり、TMモードで1.5556であった。

[0438] そして、乾燥させた共重合体をトルエンに溶解して30wt%のポリマーP4溶液とした。

[0439] <<ポリマーP5:ブチルノルボルネン(BuNB)/フェニルエチルノルボルネン(PENB)コポリマーの合成およびポリマーP5溶液の調製>>

[0440] BuNB(4.78g, 0.032mol)、PENB(25.22g, 0.127mol)、1-ヘキセン(13.36g, 0.16mol)、および、トルエン(170.0g)を、500mLのシーラムボトルで混合し、オイルバスで80℃に加熱し混合溶液を得た。

[0441] 次いで、この溶液に、Pd1446(0.0092g , $6.36 \times 10^{-6}\text{mol}$)、および、DANFABA(0.020g , $2.54 \times 10^{-5}\text{mol}$)を、それぞれ濃縮ジクロロメタン溶液の形態で、加えた。

[0442] 添加後、得られた溶液を80℃で50分維持した。次いで、勢いよく攪拌された混合物に、メタノールを滴下すると共重合体が沈殿した。

[0443] 沈殿した共重合体をろ過して集め、60℃のオーブン中、真空雰囲気乾燥させた。乾燥後の重量は23.60gであった(収率:79%)。

[0444] 上記で得た共重合体の分子量を、THF溶媒でGPC法で測定すると(ポリスチレン換算)、 $M_w=73,000$ および $M_n=28,000$ であった。

[0445] 共重合体の組成を、 $^1\text{H-NMR}$ により測定すると、 $15/85=\text{BuNB}/\text{PENB}$ コポリマーであった。

[0446] 共重合体の屈折率を、プリズムカップリング法で測定すると、波長633nmで、TEモードで1.5684であり、TMモードで1.5657であった。

[0447] そして、乾燥させた共重合体をトルエンに溶解して30wt%のポリマーP5溶液とした。

以上合成した各ポリマーを、下記表1に要約する。

[0448] [表1]

表 1

ポリマー	組成比 重量平均分子量
P1	BuNB/AGENB (78/22) Mw=320,000
P2	HxNB/AGENB (79/21) Mw=150,000
P3	DeNB/AGENB (77/23) Mw=45,000
P4	HxNB/diPhNB (46/54) Mw=86,000
P5	BuNB/PENB (15/85) Mw=73,000

- ・ HxNB : ヘキシルノルボルネン
- ・ diPhNB : ジフェニルメチルノルボルネンメトキシシラン
- ・ PENB : フェニルエチルノルボルネン
- ・ BuNB : ブチルノルボルネン
- ・ DeNB : デシルノルボルネン
- ・ AGENB : メチルグリシジルエーテルノルボルネン

[0449] 2. ノルボルネンモノマーの合成

<<ビス(ノルボルネンメチル)アセタール(NM₂X)>>

[0450] ディーンスタークトラップに直接連結されたフラスコ中に、ノルボルネンメタノール(100g、0.81mol)、ホルムアルデヒド(〜37%) (32.6g、0.40mol)、および、触媒適量のp-トルエンスルホン酸(0.2g)を供給して混合物を得た。

[0451] そして、この混合物を、100℃で加熱した。反応が進行するにつれて、トラップ中の水の量が増加した。約3時間以内に、反応は完了し、真空蒸留によって純生成物を得た(72.8%〜70%収率)。

[0452] 3. ワニスの調製

以下に示すようにして、各ワニスV1〜4およびV51〜65を、それぞれ調製した。

[0453] <<ワニスV1の調製>>

HxNB(42.03g、0.24mol)、および、SiX(7.97g、0.026mol)を秤量しガラス瓶に入れた。

[0454] このモノマー溶液に、フェノール系酸化防止剤として、Ciba社製、IRGANOX 1076(0.5g)、および、有機リン系酸化防止剤として、Ciba社製、IRGAFOS 168(

0.125g)を加え、モノマー酸化防止剤溶液を得た。

- [0455] 上記のポリマーP4溶液(30.0g)に、モノマー酸化防止剤溶液(3.0g)、触媒前駆体として、 $\text{Pd}(\text{OAc})_2(\text{PCy}_3)_2$ ($4.93 \times 10^{-4}\text{g}$, $6.28 \times 10^{-7}\text{mol}$ 、メチレンクロライド0.1mL中)、および、光酸発生剤(助触媒)として、Rhodia社製、RHODORSIL PHOTOINITIATOR 2074 ($2.55 \times 10^{-3}\text{g}$, $2.51 \times 10^{-6}\text{mol}$ 、メチレンクロライド0.1mL中)を加えて、ワニスV1を得た。

このワニスV1を0.2 μm の細孔のフィルターでろ過して使用した。

- [0456] なお、以下では、「Ciba社製、IRGANOX 1076」を「IRGANOX 1076」と、「Ciba社製、IRGAFOS 168」を「IRGAFOS 168」と、「Rhodia社製、RHODORSIL PHOTOINITIATOR 2074」を「RHODORSIL 2074」と略す。

- [0457] <<ワニスV2の調製>>

HxNB(16.64g, 0.093mol)、および、SiX(33.36g, 0.110mol)を秤量しガラス瓶にいれた。

- [0458] このモノマー溶液に、フェノール系酸化防止剤として、IRGANOX 1076(0.5g)、および、有機リン系酸化防止剤として、IRGAFOS 168(0.125g)を加え、モノマー酸化防止剤溶液を得た。

- [0459] 上記のポリマーP5溶液(30.0g)に、モノマー酸化防止剤溶液(2.16g)、触媒前駆体として、 $\text{Pd}(\text{OAc})_2(\text{PCy}_3)_2$ ($1.47 \times 10^{-3}\text{g}$, $1.88 \times 10^{-6}\text{mol}$ 、メチレンクロライド0.1mL中)、および、光酸発生剤(助触媒)として、RHODORSIL 2074 ($7.67 \times 10^{-3}\text{g}$, $7.54 \times 10^{-6}\text{mol}$ 、メチレンクロライド0.1mL中)を加えて、ワニスV2を得た。

このワニスV2を0.2 μm の細孔のフィルターでろ過して使用した。

- [0460] <<ワニスV3の調製>>

上記のポリマーP4(5g)に、メシチレン(20g)、フェノール系酸化防止剤として、IRGANOX 1076(0.05g)、有機リン系酸化防止剤として、IRGAFOS 168(0.0125g)、および、光酸発生剤(離脱剤)として、RHODORSIL 2074 ($4.0 \times 10^{-3}\text{g}$ 、0.1mLのメチレンクロライド中)を加えて、ワニスV3を調製した。

このワニスV3を0.2 μm の細孔のフィルターでろ過して使用した。

[0461] <<ワニスV4の調製>>

2, 2'-ビス(トリフルオロメチル)-4, 4'-ジアミノビフェニル(6. 4g, 0. 02mol)、2, 2'-ビス(3, 4-ジカルボキシフェニル)ヘキサフルオロプロパン二無水物(4. 44g, 0. 01mol)、および、ピロメリット酸二無水物(2. 18g, 0. 01mol)を、ジメチルアセトアミド(86. 6g)に溶解させ、窒素雰囲気下、室温で2日間攪拌し反応させ、ポリイミド樹脂前駆体のワニスV4を得た。

このワニスV4を0. 2 μ mの細孔のフィルターでろ過して使用した。

[0462] <<ワニスV51の調製>>

上記のポリマーP2溶液(30. 0g)に、TMSNB(0. 45g)、フェノール系酸化防止剤として、IRGAOX 1076(0. 09g)、有機リン系酸化防止剤として、IRGAFOS 168(0. 023g)、および、光酸発生剤として、東洋インキ製造株式会社製、TAG-372R(0. 05g)を加え、マグネティックスターラーを用いた2時間の攪拌により溶解混合し、ワニスV51を得た。

このワニスV51を0. 2 μ mの細孔のフィルターでろ過して使用した。

[0463] なお、以下では、「東洋インキ製造株式会社製、TAG-372R」を「TAG-372R」と略す。

[0464] <<ワニスV52の調製>>

上記のポリマーP2溶液(30. 0g)に、TESNB(0. 9g)、フェノール系酸化防止剤として、IRGAOX 1076(0. 09g)、有機リン系酸化防止剤として、IRGAFOS 168(0. 023g)、および、光酸発生剤として、RHODORSIL 2074(0. 09g)を加え、マグネティックスターラーを用いた2時間の攪拌により溶解混合し、ワニスV52を得た。

このワニスV52を0. 2 μ mの細孔のフィルターでろ過して使用した。

[0465] <<ワニスV53の調製>>

上記のポリマーP2溶液(30. 0g)に、TMSNB(0. 3g)、フェノール系酸化防止剤として、IRGAOX 1076(0. 09g)、有機リン系酸化防止剤として、IRGAFOS 168(0. 023g)、および、光酸発生剤として、TAG-372R(0. 36g)を加えて、マグネティックスターラーを用いた2時間の攪拌により溶解混合し、ワニスV53を得た。

このワニスV53を0. 2 μ mの細孔のフィルターでろ過して使用した。

[0466] <<ワニスV54の調製>>

上記のポリマーP2溶液(30.0g)に、3-グリシドキシプロピルトリメトキシシラン(GPTMS)(0.2g)、フェノール系酸化防止剤として、IRGANOX 1076(0.09g)、有機リン系酸化防止剤として、IRGAFOS 168(0.023g)、および、光酸発生剤として、TAG-372R(0.02g)を加えて、マグネティックスターラーを用いた2時間の攪拌により溶解混合し、ワニスV54を得た。

このワニスV54を0.2 μ mの細孔のフィルターでろ過して使用した。

[0467] <<ワニスV55の調製>>

上記のポリマーP2溶液(30.0g)に、エポキシシリコーン(信越化学工業社製、「X-22-169AS:数平均分子量1000」)(0.45g)、フェノール系酸化防止剤として、IRGANOX 1076(0.09g)、有機リン系酸化防止剤として、IRGAFOS 168(0.023g)、および、光酸発生剤として、TAG-372R(0.18g)を加えて、マグネティックスターラーを用いた2時間の攪拌により溶解混合し、ワニスV55を得た。

このワニスV55を0.2 μ mの細孔のフィルターでろ過して使用した。

[0468] <<ワニスV56の調製>>

上記のポリマーP3溶液(16.7g)に、フェノール系酸化防止剤として、IRGANOX 1076(0.05g)、有機リン系酸化防止剤として、IRGAFOS 168(1.25×10^{-2} g)、および、光酸発生剤として、RHODORSIL 2074(0.1g)を加えて、マグネティックスターラーを用いた2時間の攪拌により溶解混合し、ワニスV56を得た。

このワニスV56を0.2 μ mの細孔のフィルターでろ過して使用した。

[0469] <<ワニスV57の調製>>

上記のポリマーP3溶液(16.7g)に、フェノール系酸化防止剤として、IRGANOX 1076(0.05g)、有機リン系酸化防止剤として、IRGAFOS 168(1.25×10^{-2} g)、および、光酸発生剤として、TAG-372R(0.1g)を加えて、マグネティックスターラーを用いた2時間の攪拌により溶解混合し、ワニスV57を得た。

このワニスV57を0.2 μ mの細孔のフィルターでろ過して使用した。

[0470] <<ワニスV58の調製>>

上記のポリマーP3溶液(16.7g)に、フェノール系酸化防止剤として、IRGANOX

1076 (0.05g)、および、有機リン系酸化防止剤として、IRGAFOS 168 (1.25×10^{-2} g)を加えて、マグネティックスターラーを用いた2時間の攪拌により溶解混合し、ワニスV58を得た。

このワニスV58を0.2 μ mの細孔のフィルターでろ過して使用した。

[0471] <<ワニスV59の調製>>

2, 2'-ビス(トリフルオロメチル)-4, 4'-ジアミノビフェニル5gと、2, 2'-ビス(3, 4-ジカルボキシフェニル)ヘキサフルオロプロパン10gとを、ジメチルアセトアミド85gに溶解して、ワニスV59を得た。

このワニスV59を0.2 μ mの細孔のフィルターでろ過して使用した。

[0472] <<ワニスV60の調製>>

TMSENB(0.32g, 1.50mmol)、および、SiX(0.16g, 0.525mmol)を秤量しガラス瓶にいれた。

[0473] このモノマー溶液に、フェノール系酸化防止剤として、IRGANOX 1076(0.5g)、および、有機リン系酸化防止剤として、IRGAFOS 168(0.125g)を加え、モノマー酸化防止剤溶液を得た。

[0474] 上記のポリマーP3溶液(6.7g)に、モノマー酸化防止剤溶液(全量)、および、触媒前駆体として、[2-methallyl Pd(PCy₃)₂]テトラキス(ペンタフルオロフェニル)ボレート(Pd1401) (9.37×10^{-4} g, 6.69×10^{-7} mol、メチレンクロライド0.1mL中)を加えてワニスV60を得た。

このワニスV60を0.2 μ mの細孔のフィルターでろ過して使用した。

[0475] そして、ガラス基板上にこのワニスV60を、ドクターブレードで塗布厚み70 μ mに塗布し、これをホットプレートに置いて50℃で15分間加熱し、フィルムを形成した。

[0476] このフィルムを用いて、ガラス転移温度と貯蔵弾性率の測定を行った。ガラス転移温度の測定結果を表3に示す。また、DMA測定結果による200℃での貯蔵弾性率は、73MPaであった。

[0477] なお、フィルムのガラス転移温度(T_g)の測定は、TMA(セイコーインスツルメント社製 TMA/SS120C)を用いて引張りモード(昇温速度5℃/分)で行った(以下、同様である。)

[0478] また、フィルムの貯蔵弾性率の測定は、動的粘弾性測定装置(セイコーインスツルメント社製 EXSTAR6000)を用いて行った(以下、同様である。)

[0479] <<ワニスV61の調製>>

HxNB(0.16g, 0.897mmol)、および、SiX(0.32g, 1.05mmol)を秤量しガラス瓶にいれた。

[0480] このモノマー溶液に、フェノール系酸化防止剤として、IRGANOX 1076(0.5g)、および、有機リン系酸化防止剤として、IRGAFOS 168(0.125g)を加え、モノマー酸化防止剤溶液を得た。

[0481] 上記のポリマーP2溶液(6.7g)に、モノマー酸化防止剤溶液(全量)、および、触媒前駆体として、Pd1446(6.0×10^{-4} g, 4.15×10^{-7} mol、メチレンクロライド0.1mL中)を加えてワニスV61を得た。

このワニスV61を0.2 μ mの細孔のフィルターでろ過して使用した。

[0482] そして、ガラス基板上にこのワニスV61を、ドクターブレードで塗布厚み70 μ mに塗布し、これをホットプレートに置いて80℃で20分間、150℃で1時間加熱し、フィルムを形成した。

[0483] このフィルムを用いて、ガラス転移温度と貯蔵弾性率の測定を行った。ガラス転移温度の測定結果を表3に示す。また、DMA測定結果による250℃での貯蔵弾性率は、80MPaであった。

[0484] <<ワニスV62の調製>>

SiX(4.8g, 0.0158mol)を秤量しガラス瓶にいれた。

[0485] このモノマー溶液に、フェノール系酸化防止剤として、IRGANOX 1076(5g)、および、有機リン系酸化防止剤として、IRGAFOS 168(1.25g)を加え、モノマー酸化防止剤溶液を得た。

[0486] 上記のポリマーP1溶液(30.0g)に、モノマー酸化防止剤溶液(全量)、および、触媒前駆体として、[Pd(PCy3)2H(NCCH3)]テトラキス(ペンタフルオロフェニル)ボレート(Pd1147)(3.62×10^{-3} g, 3.15×10^{-6} mol、メチレンクロライド0.1mL中)を加えてワニスV62を得た。

このワニスV62を0.2 μ mの細孔のフィルターでろ過して使用した。

[0487] そして、ガラス基板上にこのワニスV62を、ドクターブレードで塗布厚み70 μ mに塗布し、これをホットプレートに置いて80℃で20分間、150℃で1時間加熱し、フィルムを形成した。

[0488] このフィルムを用いて、ガラス転移温度と貯蔵弾性率の測定を行った。ガラス転移温度の測定結果を表3に示す。また、DMA測定結果による250℃での貯蔵弾性率は、67MPaであった。

[0489] <<ワニスV63の調製>>

TESNB(1. 0g, 0. 039mol)を秤量しガラス瓶にいれた。

[0490] このモノマー溶液に、フェノール系酸化防止剤として、IRGANOX 1076(5g)、および、有機リン系酸化防止剤として、IRGAFOS 168(1. 25g)を加え、モノマー酸化防止剤溶液を得た。

[0491] 上記のポリマーP2溶液(30. 0g)に、モノマー酸化防止剤溶液(全量)、および、触媒前駆体として、 $[\text{Pd}(\text{P}(\text{iPr})_3)_2(\text{OCOCH}_3)(\text{NCCH}_3)]$ テトラキス(ペンタフルオロフェニル)ボレート(Pd1206)($4. 07 \times 10^{-4}$ g, $3. 90 \times 10^{-7}$ mol、メチレンクロライド0. 1mL中)を加えてワニスV63を得た。

このワニスV63を0. 2 μ mの細孔のフィルターでろ過して使用した。

[0492] そして、ガラス基板上にこのワニスV63を、ドクターブレードで塗布厚み70 μ mに塗布し、これをホットプレートに置いて80℃で20分間、150℃で1時間加熱し、フィルムを形成した。

[0493] このフィルムを用いて、ガラス転移温度と貯蔵弾性率の測定を行った。ガラス転移温度の測定結果を表3に示す。また、DMA測定結果による250℃での貯蔵弾性率は、70MPaであった。

[0494] <<ワニスV64の調製>>

Si X_2 (2. 16g, 4. 67mmol)を秤量しガラス瓶にいれた。

[0495] このモノマー溶液に、フェノール系酸化防止剤として、IRGANOX 1076(0. 5g)、および、有機リン系酸化防止剤として、IRGAFOS 168(0. 125g)を加え、モノマー酸化防止剤溶液を得た。

[0496] 上記のポリマーP3溶液(30. 0g)に、モノマー酸化防止剤溶液(全量)、および、触

媒前駆体として、Pd1446 (3.22×10^{-3} g, 2.23×10^{-6} mol、メチレンクロライド0.1 mL中)を加えてワニスV64を得た。

このワニスV64を0.2 μ mの細孔のフィルターでろ過して使用した。

[0497] そして、ガラス基板上にこのワニスV64を、ドクターブレードで塗布厚み70 μ mに塗布し、これをホットプレートに置いて80℃で20分間、150℃で1時間加熱し、フィルムを形成した。

[0498] このフィルムを用いて、ガラス転移温度と貯蔵弾性率の測定を行った。ガラス転移温度の測定結果を表3に示す。また、DMA測定結果による200℃での貯蔵弾性率は、82MPaであった。

[0499] <<ワニスV65の調製>>

ビス(ノルボルネンメチル)アセタール(NM₂X) (3.00g, 0.104mol)を秤量しガラス瓶にいれた。

[0500] このモノマー溶液に、フェノール系酸化防止剤として、IRGANOX 1076(0.5g)、および、有機リン系酸化防止剤として、IRGAFOS 168(0.125g)を加え、モノマー酸化防止剤溶液を得た。

[0501] 上記のポリマーP3溶液(30.0g)に、モノマー酸化防止剤溶液(全量)、および、触媒前駆体として、Pd1446 (3.33×10^{-3} g, 2.30×10^{-6} mol、メチレンクロライド0.1 mL中)を加えてワニスV65を得た。

このワニスV65を0.2 μ mの細孔のフィルターでろ過して使用した。

[0502] そして、ガラス基板上にこのワニスV65を、ドクターブレードで塗布厚み70 μ mに塗布し、これをホットプレートに置いて80℃で20分間、150℃で1時間加熱し、フィルムを形成した。

[0503] このフィルムを用いて、ガラス転移温度と貯蔵弾性率の測定を行った。ガラス転移温度の測定結果を表3に示す。また、DMA測定結果による250℃での貯蔵弾性率は、120MPaであった。

以上調製した各ワニスの組成を、下記表2、表3に要約する。

[0504] [表2]

表 2

ワニス	ポリマー (Wt.)	架橋剤 (Wt.)	光酸発生剤 (R or T*) (Wt.)	ガラス 転移温度 (°C)
V51	P1 (9g)	TMSNB (0.45g)	T (0.05g)	測定不能
V52	P2 (9g)	TESNB (0.9g)	R (0.09g)	測定不能
V53	P2 (9g)	TMSNB (0.3g)	T (0.36g)	測定不能
V54	P2 (9g)	γ -GPS (0.2g)	T (0.02g)	測定不能
V55	P2 (9g)	シリコンエポキシ樹脂 (0.45g)	T (0.18g)	測定不能
V56	P3 (5g)	添加無し	R (0.1g)	測定不能
V57	P3 (5g)	添加無し	T (0.1g)	測定不能
V58	P3 (5g)	添加無し	添加無し	97

* : R は、Rhodorsil 2074 を使用したことを示し、

T は、TAG-372R を使用したことを示す。

・ TMSNB : ノルボルネニルエチルトリメトキシシラン

・ TESNB : トリエトキシシリルノルボルネン

・ TMSNB : トリメトキシシリルノルボルネン

・ γ -GPS : 3-グリシドキシプロピルトリメトキシシラン

[0505] [表3]

表 3

ワニス	ポリマー (Wt.)	モノマー			触媒前駆体 Wt. (mol)	ガラス 転移温度 (°C)	弾性率 (MPa)
		Mon 1 (mol %)	Mon 2 (mol %)	Wt.			
V60	P3 (2g)	TMSNB (74)	SiX (26)	0.48g	Pd1401 $9.37 \times 10^{-4} \text{g}$ ($6.69 \times 10^{-7} \text{mol}$)	180	73
V61	P2 (2g)	HxNB (46)	SiX (54)	0.48g	Pd1446 $6.0 \times 10^{-4} \text{g}$ ($4.15 \times 10^{-7} \text{mol}$)	210	80
V62	P1 (9g)	SiX (100)	添加無し	4.8g	Pd1147 $3.62 \times 10^{-3} \text{g}$ ($3.15 \times 10^{-6} \text{mol}$)	250	67
V63	P2 (9g)	TESNB (100)	添加無し	1.0g	Pd1206 $4.70 \times 10^{-4} \text{g}$ ($3.90 \times 10^{-7} \text{mol}$)	204	70
V64	P3 (9g)	Si ₂ X (100)	添加無し	2.16g	Pd1446 $3.22 \times 10^{-4} \text{g}$ ($2.23 \times 10^{-6} \text{mol}$)	230	82
V65	P3 (9g)	NM ₂ X (100)	添加無し	3.00g	Pd1446 $3.33 \times 10^{-4} \text{g}$ ($2.30 \times 10^{-6} \text{mol}$)	260	120

- ・ HxNB : ヘキシルノルボルネン
- ・ TMSNB : ノルボルネニルエチルトリメトキシシラン
- ・ TESNB : トリエトキシシリルノルボルネン
- ・ SiX : ジメチルビス (ノルボルネンメトキシ) シラン
- ・ Si₂X : 1, 1, 3, 3-テトラメチル-1, 3-ビス [2- (5-ノルボルネン-2-イル) エチル] ジシロキサン
- ・ NM₂X : ビス (ノルボルネンメチル) アセタール

[0506] 4. 光導波路構造体の作製および評価

4-1. 光導波路構造体の作製

[0507] 以下に示すようにして、実施例1~14および比較例の光導波路構造体を、それぞれ10個ずつ作製した。

[0508] (実施例1)

まず、クラッド層形成用材料としてワニスV51を、4インチ厚みのガラス基板上に注ぎ、ドクターブレードで実質的に一定厚さに広げた。

[0509] 次に、これをホットプレートに置いて50°Cで15分間加熱し、これにフォトマスクなしで超高圧水銀ランプを用いてUV光を照射した(照射量: $3000 \text{mJ}/\text{cm}^2$ 、波長:365 nm)。

[0510] 続いて、クリーンオーブンをうい100°Cで15分間、さらに160°Cで1時間硬化させて下部クラッド層を形成した。

[0511] 次に、コア層形成用材料としてワニスV1を、硬化させた下部クラッド層の表面に注

ぎ、ドクターブレードで実質的に一定厚さに広げた。

[0512] 次に、これをホットプレートに置いて45℃で10分間加熱し、溶剤を蒸発させ、実質的に乾燥した固体フィルムを形成した。

[0513] このフィルムにフォトマスクを通してUV光を照射(照射量:3000mJ/cm²、波長:365nm)した後、45℃のホットプレートで30分間加熱したところ、直線状のコア部のパターンが出現した。

[0514] 得られたサンプルをクリーンオープン中で、85℃で30分間、さらに150℃で60分間加熱してパターンニングされたワニスV1の硬化層(コア層)を得た。

[0515] 次に、クラッド層形成用材料としてワニスV51を用い下部クラッド層と同様の方法にて、コア層上に上部クラッド層を形成し、ガラス基板上に、幅0.5cm、長さ10cmの直線状の光導波路を得た。

[0516] なお、得られた光導波路において、コア層の平均厚さは、50μm(コア部の幅:50μm)、クラッド層(上部および下部)の平均厚さは、50μmであった。

[0517] 次に、この光導波路を基板から剥離し、その両面に、それぞれ、ロールラミネート法により、平均厚さ45μmの銅層(導体層)を接合して、光導波路構造体を作製した。

[0518] (実施例2)

まず、クラッド層形成用材料としてワニスV52をシリコンウエハ基板上に注ぎ、ドクターブレードで実質的に一定厚さに広げた。

[0519] 次に、これをホットプレートに置いて50℃で15分間加熱し、これにフォトマスクなしで超高圧水銀ランプを用いてUV光を照射した(照射量:1500mJ/cm²、波長:365nm)。

[0520] その後、さらにクリーンオープンを用い、150℃で1時間加熱し、下部クラッド層を作成した。

[0521] 次に、下部クラッド層の上に、コア層形成用材料としてポリイミド前駆体のワニスV4をバーコーターで塗布し、オープンを用い、窒素雰囲気下にて、320℃で1時間加熱し、コア層とした。

[0522] 次に、前記コア層上に、膜厚0.3μmのアルミニウム層を蒸着し、マスク層を形成した。さらに、前記アルミニウム層上に、ポジ型フォトリソレジスト(ジアゾナフトキノノボラ

ック樹脂系、東京応化製、商品名OFPR-800)を、スピンコート法により塗布した後、約95℃でプリベークを行った。

[0523] 次に、直線光導波路パターン形成用のフォトマスク(Ti)を配置し、超高圧水銀ランプを用いて、紫外線を照射した後、ポジ型レジスト用現像液(TMAH:テトラメチルアンモニウムヒドロキシド水溶液、東京応化製、商品名NMD-3)を用いて現像した。

[0524] その後、135℃でポストベークを行った。次に、アルミニウム層のウェットエッチングを行い、レジストパターンをアルミニウム層に転写した。

[0525] 更に、パターニングされたアルミニウム層をマスクとして、コア層をドライエッチングにより加工した。

[0526] 次に、アルミニウム層をエッチング液で除去することで、直線状のコア部を形成した。

なお、コア部は、幅:50 μm 、高さ(平均厚さ):50 μm とした。

[0527] 次に、得られたコア部の上から、クラッド層形成用材料としてワニスV52を注ぎ、下部クラッド層と同様の方法で、上部クラッド層を作成し、シリコンウェハ基板上に幅0.5cm、長さ10cmの直線状の光導波路を得た。

[0528] なお、得られた光導波路において、クラッド層(上部および下部)の平均厚さは、50 μm であった。

[0529] 次に、この光導波路を基板から剥離し、その両面に、それぞれ、ロールラミネート法により、平均厚さ45 μm の銅層(導体層)を接合して、光導波路構造体を作製した。

[0530] (実施例3)

まず、離型処理したガラス基板上に、クラッド層形成用材料としてワニスV53を注ぎ、ドクターブレードで実質的に一定厚さに広げた。

[0531] 次に、これをホットプレートに置いて50℃で15分間加熱し、これにフォトマスクなしで超高圧水銀ランプを用いてUV光を照射した(照射量:2500mJ/cm²、波長:365nm)。

[0532] その後、さらにクリーンオープンを用い、150℃で1時間加熱し、下部クラッド層を作成した。

[0533] その上に、コア層形成用材料として、前記クラッド層形成用材料よりも屈折率の高い

UV硬化型エポキシ樹脂(NTT-AT製E3135)をスピコートした後、フォトマスクを用いたフォトリソグラフィーにより、直接、直線状のコア部をパターンニングした。

なお、コア部は、幅:35 μm 、高さ(平均厚さ):35 μm とした。

[0534] その後、クラッド層形成用材料として下部クラッド層を形成したものと同一ワニスV53を用いて、下部クラッド層と同様の方法にて上部クラッド層を形成し、ガラス基板上に幅0.5cm、長さ10cmの直線状の光導波路を得た。

[0535] なお、得られた光導波路において、クラッド層(上部および下部)の平均厚さは、35 μm であった。

[0536] 次に、この光導波路を基板から剥離し、その両面に、それぞれ、ロールラミネート法により、平均厚さ45 μm の銅層(導体層)を接合して、光導波路構造体を作製した。

[0537] (実施例4)

まず、平均厚さ18 μm の銅箔の疎化面に、クラッド層形成用材料としてワニスV54を注ぎ、ドクターブレードで実質的に一定厚さに広げた。

[0538] 次に、これをホットプレートに置いて50℃で15分間加熱乾燥した後、これにフォトマスクなしで超高圧水銀ランプを用いてUV光を照射(照射量:3000mJ/cm²、波長:365nm)して銅箔付き下部クラッド層を形成した。また、同様の材料、方法により銅箔付き上部クラッド層も準備した。

[0539] 一方、コア層形成用材料として、ろ過したワニスV2を、石英ガラス基板の上に注ぎ、ドクターブレードで実質的に一定の厚さに広げた。

[0540] 次に、これをホットプレートに置いて45℃で10分間加熱し、溶剤を蒸発させ、実質的に乾燥した固体フィルムを形成した。

[0541] このフィルムにフォトマスクを通してUV光を照射(照射量:3000mJ/cm²、波長:365nm)した後、45℃のホットプレートで30分間加熱したところ、直線状のコア部のパターンが出現した。

[0542] 得られたサンプルをクリーンオープン中で85℃で30分間、さらに150℃で60分間加熱してパターンニングされたワニスV2の硬化層(フィルム)を得た。

[0543] このフィルムを水中で石英ガラス基板から剥離し、十分な水で洗浄し、45℃で1時間、オープンで乾燥させて、単体のコア層を得た。

- [0544] このコア層を前記の上下のクラッド層の間に挟み、電熱プレスを用い、10MPaの圧力を掛けながらで150℃で1時間加熱して、両面に銅層(導体層)を有する幅0.5cm、長さ10cmの直線状の光導波路構造体を得た。
- [0545] なお、得られた光導波路において、コア層の平均厚さは、35 μm (コア部の幅: 35 μm) であり、クラッド層(上部および下部)の平均厚さは、35 μm であった。
- [0546] (実施例5)
- まず、離型処理したPETフィルム基板の上に、クラッド層形成用材料としてワニスV55を注ぎ、ドクターブレードで実質的に一定厚さに広げた。
- [0547] 次に、これをホットプレートに置いて50℃で15分間加熱乾燥した後、これにフォトマスクなしで超高圧水銀ランプを用いてUV光を照射(照射量: 2000mJ/cm²、波長: 365nm)した後、PETフィルムから剥離して単体の下部クラッド層を形成した。また、同様の材料、方法により単体の上部クラッド層も準備した。
- [0548] 一方、コア層形成用材料として、ろ過したワニスV3を、石英ガラス基板の上に注ぎ、ドクターブレードで実質的に一定の厚さに広げた。
- [0549] 次に、これをホットプレートに置いて45℃で10分間加熱し、溶剤を蒸発させ、実質的に乾燥した固体フィルムを形成した。
- [0550] このフィルムにフォトマスクを通してUV光を照射(照射量: 3000mJ/cm²、波長: 365nm)した後、85℃のクリーンオーブンで30分間加熱したところ、直線状のコア部のパターンが出現した。
- [0551] さらに160℃で2時間加熱してパターニングされたワニスV3の硬化層(フィルム)を得た。
- [0552] このフィルムを水中で石英ガラス基板から剥離し、十分な水で洗浄し、45℃で1時間、オーブンで乾燥させて、単体のコア層を得た。
- [0553] このコア層を、前記の上下のクラッド層の間に挟み、電熱プレスを用い、6MPaの圧力を掛けながらで150℃で1時間加熱して、幅0.5cm、長さ10cmの直線状の光導波路を得た。
- [0554] なお、得られた光導波路において、コア層の平均厚さは、50 μm (コア部の幅: 50 μm)、クラッド層(上部および下部)の平均厚さは、50 μm であった。

[0555] 次に、この光導波路の両面に、それぞれ、ロールラミネート法により、平均厚さ $45\mu\text{m}$ の銅層(導体層)を接合して、光導波路構造体を作製した。

[0556] (実施例6)

クラッド層形成用材料として、ワニスV56を使用した以外は、前記実施例5と同様にして、光導波路構造体を得た。

[0557] (実施例7)

クラッド層形成用材料として、ワニスV57を、コア層形成用材料として、ワニスV2を使用した以外は、前記実施例1と同様にして、光導波路構造体を得た。

[0558] (実施例8)

まず、離型処理したPETフィルム基板の上に、クラッド層形成用材料としてワニスV58を注ぎ、ドクターブレードで実質的に一定厚さに広げた。

[0559] 次に、これをホットプレートに置いて 50°C で15分間加熱乾燥した後、PETフィルムから剥離して単体の下部クラッド層を形成した。また、同様の材料、方法により単体の上部クラッド層も準備した。

[0560] 一方、コア層形成用材料として、ろ過したワニスV3を、石英ガラス基板の上に注ぎ、ドクターブレードで実質的に一定の厚さに広げた。

[0561] 次に、これをホットプレートに置いて 45°C で10分間加熱し、溶剤を蒸発させ、実質的に乾燥した固体フィルムを形成した。

[0562] このフィルムにフォトマスクを通してUV光を照射(照射量: $3000\text{mJ}/\text{cm}^2$ 、波長: 365nm)した後、 85°C のクリーンオープンで30分間加熱したところ、直線状のコア部のパターンが出現した。

[0563] さらに 160°C で2時間加熱してパターンニングされたワニスV3の硬化層(フィルム)を得た。

[0564] このフィルムを水中で石英ガラス基板から剥離し、十分な水で洗浄し、 45°C で1時間、オープンで乾燥させて、単体のコア層を得た。

[0565] このコア層を、前記の上下のクラッド層の間に挟み、電熱プレスを用い、 3MPa の圧力を掛けながら 150°C で1時間加熱して、幅 0.5cm 、長さ 10cm の直線状の光導波路を得た。

[0566] なお、得られた光導波路において、コア層の平均厚さは、 $50\ \mu\text{m}$ (コア部の幅: $50\ \mu\text{m}$)、クラッド層 (上部および下部) の平均厚さは、 $50\ \mu\text{m}$ であった。

[0567] 次に、この光導波路の両面に、それぞれ、ロールラミネート法により、平均厚さ $45\ \mu\text{m}$ の銅層 (導体層) を接合して、光導波路構造体を作製した。

[0568] (実施例9)

クラッド層形成用材料として、ワニスV60を使用した以外は、前記実施例4と同様にして、光導波路構造体を得た。

[0569] (実施例10)

クラッド層形成用材料として、ワニスV61を使用した以外は、前記実施例4と同様にして、光導波路構造体を得た。

[0570] (実施例11)

まず、クラッド層形成用材料としてワニスV62を、4インチ厚みのガラス基板上に注ぎ、ドクターブレードで実質的に一定厚さに広げた。

[0571] 次に、これをホットプレートに置いて 50°C で15分間加熱し、 80°C で20分間、その後 150°C で1時間硬化させ、下部クラッド層を形成した。

[0572] 次に、コア層形成用材料としてワニスV3を、硬化させた下部クラッド層の表面に注ぎ、ドクターブレードで実質的に一定厚さに広げた。

[0573] その後、このコーティングされたガラス基板をホットプレートを用いて、 45°C で10分間加熱し、実質的に乾燥した固体フィルムを形成した。

[0574] 次に、ワニスV3から形成した固体フィルムに、フォトマスクを通してUV光 (波長: 365nm) を照射し (照射量: $3000\text{mJ}/\text{cm}^2$)、室温で30分間熟成させ、次に 85°C で30分間加熱し、さらに 150°C で60分間加熱し、コア層を得た。

[0575] なお、コア部のパターンは、 85°C で30分間加熱した時点で目視で確認することができた。

[0576] 次に、クラッド層形成用材料として、ワニスV61をワニスV3から形成された硬化層の表面に注ぎ、スピンコーターで実質的に一定厚さに広げた。

[0577] このコーティングされたガラス基板をホットプレートに置いて 50°C で15分間加熱し、続いて、 80°C で20分間、その後 150°C で1時間硬化させ、上部クラッド層を形成し、

ガラス基板上に、幅0.5cm、長さ10cmの直線状の光導波路を得た。

[0578] なお、得られた光導波路において、コア層の平均厚さは、 $35\mu\text{m}$ (コア部の幅: $35\mu\text{m}$)、クラッド層 (上部および下部) の平均厚さは、 $35\mu\text{m}$ であった。

[0579] 次に、この光導波路を基板から剥離し、その両面に、それぞれ、ロールラミネート法により、平均厚さ $45\mu\text{m}$ の銅層 (導体層) を接合して、光導波路構造体を作製した。

[0580] (実施例12)

クラッド層形成用材料として、ワニスV63を使用した以外は、前記実施例11と同様にして、光導波路構造体を得た。

[0581] (実施例13)

クラッド層形成用材料として、ワニスV64を、コア層形成用材料として、ワニスV1使用し、コア層を形成する際に、UV光照射後、 $85^{\circ}\text{C} \times 30$ 分の加熱に先立って、 $45^{\circ}\text{C} \times 30$ 分の加熱を行った以外は、前記実施例11と同様にして、光導波路構造体を得た。

[0582] (実施例14)

クラッド層形成用材料として、ワニスV65を使用した以外は、前記実施例4と同様にして、光導波路構造体を得た。

[0583] (比較例)

まず、クラッド層形成用材料としてワニスV59を、シリコンウエハ上にスピコーターにより実質的に均一な厚みに塗布した後、窒素オープン中にて、 350°C で1時間加熱を行うことにより、下部クラッド層を形成した。

[0584] 次に、コア層形成用材料としてワニスV1を、下部クラッド層の表面に注ぎ、ドクターブレードで実質的に一定厚さに広げた。

[0585] 次に、これをホットプレートに置いて 45°C で10分間加熱し、溶剤を蒸発させ、実質的に乾燥した固体フィルムを形成した。

[0586] このフィルムにフォトマスクを通してUV光を照射 (照射量: $3000\text{mJ}/\text{cm}^2$ 、波長: 365nm) した後、 45°C のホットプレートで30分間加熱したところ、直線状のコア部のパターンが出現した。

[0587] 得られたサンプルをクリーンオープン中で、 85°C で30分間、さらに 150°C で60分

間加熱してパターンニングされたワニスV1の硬化層(コア層)を得た。

[0588] 次に、クラッド層形成用材料として、下部クラッド層の用いたものと同じワニスを用い、下部クラッド層と同様の方法にて、コア層上に上部クラッド層を形成し、ガラス基板上に、幅0.5cm、長さ10cmの直線状の光導波路を得た。

[0589] なお、得られた光導波路において、コア層の平均厚さは、 $50\mu\text{m}$ (コア部の幅: $50\mu\text{m}$)、クラッド層(上部および下部)の平均厚さは、 $50\mu\text{m}$ であった。

[0590] 次に、この光導波路を基板から剥離し、その両面に、それぞれ、ロールラミネート法により、平均厚さ $45\mu\text{m}$ の銅層(導体層)を接合して、光導波路構造体を作製した。

[0591] 4-2. 評価

4-2-1. 光伝播損失の測定

[0592] 各実施例および比較例の光導波路構造体に対して、それぞれ、光伝播損失を「カットバック法」を使用して測定した。

[0593] これは、レーザダイオードから発生させた光を、光ファイバーを通して、コア部の一端から入力し、他端からの出力を測定し、コア部の長さを数段階の長さにカットして、各長さについて光出力を測定することにより行った。

各長さのコア部での総光損失は、下記式で表される。

[0594]
$$\text{総光損失 (dB)} = -10\log(P_n/P_o)$$

式中、 P_n は、 P_1 、 P_2 、 $\dots$ 、 P_n の各長さのコア部の他端での測定された出力であり、 P_o は、光ファイバーをコア部の一端に結合する前の光ファイバーの端部における光源の測定出力である。

[0595] 次に、総光損失は、図14(チャート1)のようにプロットされる。このデータの回帰直線は、下記式によって表わされる。

[0596]
$$y = mx + b$$

式中、 m は、光伝播損失を示し、 b は、結合損失(coupling loss)を示す。

[0597] なお、実施例2では、波長1300nmの光を用い、その他では、波長850nmの光を用いた。

[0598] 4-2-2. 密着性試験

各実施例および比較例の光導波路構造体に対して、それぞれ、コア層とクラッド層

との密着性試験を行った。

[0599] これは、コア層からクラッド層を90° 上方に引き剥がすピール試験により行った。

光伝播損失の測定および密着性試験の結果を、それぞれ、下記表4に示す。

[0600] [表4]

表 4

	ワニス		光伝搬損失測定 (dB/cm)	密着性試験 (gf/cm)
	コア層	クラッド層		
実施例 1	V1	V51	0.05	900
実施例 2	V4	V52	0.30*	750
実施例 3	エポキシ	V53	0.12	1100
実施例 4	V2	V54	0.10	800
実施例 5	V3	V55	0.09	830
実施例 6	V3	V56	0.09	680
実施例 7	V2	V57	0.08	650
実施例 8	V3	V58	0.15	720
実施例 9	V2	V60	0.09	860
実施例 10	V2	V61	0.10	750
実施例 11	V3	V62	0.08	710
実施例 12	V3	V63	0.10	690
実施例 13	V1	V64	0.09	650
実施例 14	V2	V65	0.08	780
比較例	V1	V59	0.63	3

光伝搬損失測定は、*印がついたものは1300nmの波長の光を用いて、それ以外のものは850nmの波長の光を用いて行った。

[0601] なお、表中の各数値は、それぞれ、5個の平均値を示す。

表4からも明らかなように、各実施例の光導波路構造体は、いずれも、光伝播損失が小さく、光伝送性能が高いものであり、また、コア層とクラッド層との密着力が高いものであった。

[0602] これに対して、比較例の光導波路構造体は、光伝播損失が大きく、かつ、コア層とクラッド層との密着力が低く、特性に劣るものであった。これは、コア層とクラッド層との界面における密着が悪く、一部において剥離が生じていることが原因となり、光伝搬損失も大きくなったものと考えられる。

[0603] また、各実施例および比較例の光導波路構造体を、高湿度環境(60℃、90%RH、2000時間)に曝した後、前記と同様にして光伝播損失の測定を行った。その結果

、各実施例の光導波路構造体は、いずれも、高湿度環境に曝す前とほぼ変化が認められなかった。これに対して、比較例の光導波路構造体では、顕著な光伝播損失の増大が認められた。

[0604] さらに、各実施例および比較例で作製した光導波路構造体(高湿度環境に曝す前のもの)の導体層を、それぞれ、パターンニングして配線を形成し、所定の箇所に、発光素子および受光素子を実装して、複合装置を作製した。

[0605] そして、これらの複合装置を動作させたところ、各実施例の光導波路構造体を用いた複合装置は、いずれも、比較例の光導波路構造体を用いた複合装置に対して、より高速での動作が可能ことが確認された。

産業上の利用可能性

[0606] 本発明の光導波路は、クラッド層が、ノルボルネン系ポリマーを主材料として構成されているため、光導波路を回路基板に実装するに際して、はんだ処理等の熱処理が施された場合でも、クラッド層が軟化してしまうのが防止される。また、光導波路が高湿度環境に放置された場合でも、クラッド層の吸水による寸法変化が生じ難く、使用環境によらず、光の伝播を安定に行うことができる。さらに、クラッド層にかかる材料コストを低く抑えることができる。

[0607] また、ノルボルネン系ポリマーが、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ものであることにより、クラッド層において、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に用いるポリマーとを架橋させることもできる。その結果、クラッド層自体の強度を向上させることや、クラッド層とコア層との密着性を向上させることができる。

[0608] そして、重合性基としてエポキシ基を有する場合、前記効果をより向上させることができる。

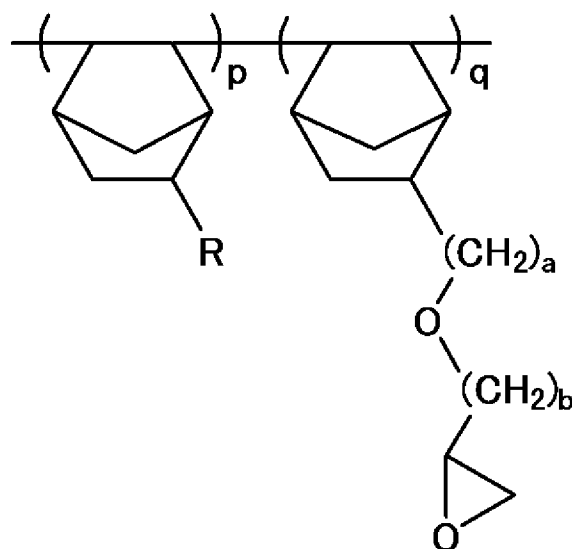
[0609] また、光導波路の少なくとも一方の面側に、導体層を形成した本発明の導波路構造体は、この導体層を使用して、電子部品を電氣的に接続することができ、電子部品と光導波路とが混在する回路基板を容易に得ることができる。

従って、本発明の光導波路および導波路構造体は、産業上の利用可能性を有する。

請求の範囲

- [1] コア部と、該コア部より屈折率が低いクラッド部とを備えるコア層と、
 該コア層の少なくとも一方の面に接触して設けられ、前記コア部より屈折率の低いクラッド層とを有する光導波路であって、
 前記クラッド層は、ノルボルネン系ポリマーを主材料として構成されていることを特徴とする光導波路。
- [2] 前記ノルボルネン系ポリマーは、付加重合体である請求項1に記載の光導波路。
- [3] 前記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である請求項1に記載の光導波路。
- [4] 前記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を含むものである請求項1に記載の光導波路。
- [5] 前記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請求項4に記載の光導波路。
- [6] 前記ノルボルネン系ポリマーは、下記化1で表されるものを主とするものである請求項1に記載の光導波路。

[化1]



[式中、R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、p/qが20以下である。]

- [7] 前記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

している請求項6に記載の光導波路。

[8] 前記クラッド層の平均厚さは、前記コア層の平均厚さの0.1～1.5倍である請求項1に記載の光導波路。

[9] 前記コア層は、ポリマーと、該ポリマーと相溶し、かつ、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第1の物質と、前記モノマーの反応を開始させ得る第2の物質であって、活性化した前記第1の物質の作用により、活性化温度が変化する第2の物質とを含む層を形成し、

その後、前記層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、前記活性放射線が照射された照射領域において、前記第1の物質を活性化させるとともに、前記第2の物質の活性化温度を変化させ、

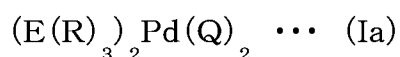
次いで、前記層に対して加熱処理を施すことにより、前記第2の物質または活性化温度が変化した前記第2の物質のいずれか活性化温度の低い方を活性化させ、前記照射領域または前記活性放射線の未照射領域のいずれかにおいて前記モノマーを反応させて、前記照射領域と前記未照射領域との間に屈折率差を生じさせることにより、前記照射領域および前記未照射領域のいずれか一方を前記コア部とし、他方を前記クラッド部として得られたものである請求項1に記載の光導波路。

[10] 前記コア層は、前記層の前記照射領域または前記未照射領域のいずれか一方の領域において前記モノマーの反応が進むにつれて、他方の領域から未反応の前記モノマーが集まることにより得られたものである請求項9に記載の光導波路。

[11] 前記第1の物質は、前記活性放射線の照射に伴って、カチオンと弱配位アニオンとを生じる化合物を含むものであり、前記第2の物質は、前記弱配位アニオンの作用により活性化温度が変化するものである請求項9に記載の光導波路。

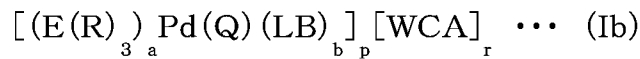
[12] 前記第2の物質は、活性化した前記第1の物質の作用により活性化温度が低下し、前記加熱処理の温度よりも高い温度での加熱により、前記活性放射線の照射を伴うことなく活性化するものである請求項9に記載の光導波路。

[13] 前記第2の物質は、下記式Iaで表される化合物を含む請求項12に記載の光導波路。



[式中、 $E(R)_3$ 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。]

- [14] 前記第2の物質は、下記式Ibで表される化合物を含む請求項12に記載の光導波路。



[式中、 $E(R)_3$ 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し、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。]

- [15] pおよびrは、それぞれ、1または2の整数から選択される請求項14に記載の光導波路。
- [16] 前記コア層は、前記加熱処理の後、前記層を前記加熱処理の温度よりも高い第2の温度で加熱処理することにより得られたものである請求項9に記載の光導波路。
- [17] 前記コア層は、前記第2の温度での加熱処理の後、前記層を前記第2の温度よりも高い第3の温度で加熱処理することにより得られたものである請求項16に記載の光導波路。
- [18] 前記第3の温度は、前記第2の温度より20℃以上高い請求項17に記載の光導波路。
- [19] 前記モノマーは、架橋性モノマーを含む請求項9に記載の光導波路。
- [20] 前記モノマーは、ノルボルネン系モノマーを主とするものである請求項9に記載の光導波路。
- [21] 前記モノマーは、ノルボルネン系モノマーを主とするものであり、前記架橋性モノマーとして、ジメチルビス(ノルボルネンメトキシ)シランを含むものである請求項19に記載

の光導波路。

- [22] 前記ポリマーは、活性化した前記第1の物質の作用により、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を有し、前記層に対して前記活性放射線を選択的に照射した際に、前記照射領域において、前記ポリマーの前記離脱性基が離脱する請求項9に記載の光導波路。
- [23] 前記第1の物質は、前記活性放射線の照射に伴って、カチオンと弱配位アニオンとを生じる化合物を含むものであり、前記離脱性基は、前記カチオンの作用により離脱する酸離脱性基である請求項22に記載の光導波路。
- [24] 前記酸離脱性基は、 $-O-$ 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23に記載の光導波路。
- [25] 前記離脱性基は、その離脱により前記ポリマーの屈折率に低下を生じさせるものである請求項22に記載の光導波路。
- [26] 前記離脱性基は、 $-Si-$ 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である請求項25に記載の光導波路。
- [27] 前記活性放射線は、200～450nmの範囲にピーク波長を有するものである請求項9に記載の光導波路。
- [28] 前記活性放射線の照射量は、 $0.1 \sim 9 \text{ J/cm}^2$ である請求項9に記載の光導波路。
- [29] 前記活性放射線は、マスクを介して前記層に照射される請求項9に記載の光導波路。
- [30] 前記層は、さらに、酸化防止剤を含む請求項9に記載の光導波路。
- [31] 前記層は、さらに、増感剤を含む請求項9に記載の光導波路。
- [32] 前記ポリマーは、ノルボルネン系ポリマーを主とするものである請求項9に記載の光導波路。
- [33] 前記ノルボルネン系ポリマーは、付加重合体である請求項32に記載の光導波路。
- [34] 前記コア層は、活性放射線の照射により活性化する物質と、主鎖と該主鎖から分岐し、活性化した前記物質の作用により、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を含む層を形成し、
その後、前記層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、前記活性

放射線が照射された照射領域において、前記物質を活性化させ、前記ポリマーの前記離脱性基を離脱させて、当該照射領域と前記活性放射線の非照射領域との間に屈折率差を生じさせることにより、前記照射領域および前記非照射領域のいずれか一方を前記コア部とし、他方を前記クラッド部として得られたものである請求項1に記載の光導波路。

- [35] 前記コア層は、前記活性放射線の照射の後、前記層に対して加熱処理を施すことにより得られたものである請求項34に記載の光導波路。
- [36] 前記物質は、前記活性放射線の照射に伴って、カチオンと弱配位アニオンとを生じる化合物を含むものであり、前記離脱性基は、前記カチオンの作用により離脱する酸離脱性基である請求項34に記載の光導波路。
- [37] 前記酸離脱性基は、 $-O-$ 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請求項36に記載の光導波路。
- [38] 前記離脱性基は、その離脱により前記ポリマーの屈折率に低下を生じさせるものである請求項34に記載の光導波路。
- [39] 前記離脱性基は、 $-Si-$ 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である請求項38に記載の光導波路。
- [40] 前記活性放射線は、200～450nmの範囲にピーク波長を有するものである請求項34に記載の光導波路。
- [41] 前記活性放射線の照射量は、 $0.1 \sim 9 J/cm^2$ である請求項34に記載の光導波路。
- [42] 前記活性放射線は、マスクを介して前記層に照射される請求項34に記載の光導波路。
- [43] 前記層は、さらに、酸化防止剤を含む請求項34に記載の光導波路。
- [44] 前記層は、さらに、増感剤を含む請求項34に記載の光導波路。
- [45] 前記ポリマーは、ノルボルネン系ポリマーを主とするものである請求項34に記載の光導波路。
- [46] 前記ノルボルネン系ポリマーは、付加重合体である請求項45に記載の光導波路。
- [47] 前記コア部は、第1のノルボルネン系材料を主材料として構成され、前記クラッド部は、前記第1のノルボルネン系材料より低い屈折率を有する第2のノルボルネン系材料

を主材料として構成されている請求項1に記載の光導波路。

- [48] 前記第1のノルボルネン系材料と前記第2のノルボルネン系材料とは、いずれも、同一のノルボルネン系ポリマーを含有し、かつ、前記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いる請求項47に記載の光導波路。
- [49] 前記反応物は、前記ノルボルネン系モノマーの重合体、前記ノルボルネン系ポリマー同士を架橋する架橋構造、および、前記ノルボルネン系ポリマーから分岐する分岐構造のうちの少なくとも1つである請求項48に記載の光導波路。
- [50] 前記ノルボルネン系ポリマーは、アラルキルノルボルネンの繰返し単位を含むものである請求項48に記載の光導波路。
- [51] 前記ノルボルネン系ポリマーは、ベンジルノルボルネンの繰返し単位を含むものである請求項48に記載の光導波路。
- [52] 前記ノルボルネン系ポリマーは、フェニルエチルノルボルネンの繰返し単位を含むものである請求項48に記載の光導波路。
- [53] 前記ノルボルネン系ポリマーは、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を有し、
前記コア部と前記クラッド部とは、前記主鎖に結合した状態の前記離脱性基の数が異なること、および、前記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いる請求項48に記載の光導波路。
- [54] 前記ノルボルネン系ポリマーは、ジフェニルメチルノルボルネンメトキシシランの繰返し単位を含むものである請求項53に記載の光導波路。
- [55] 前記ノルボルネン系ポリマーは、アルキルノルボルネンの繰返し単位を含むものである請求項48に記載の光導波路。
- [56] 前記ノルボルネン系ポリマーは、ヘキシルノルボルネンの繰返し単位を含むものである請求項48に記載の光導波路。
- [57] 前記ノルボルネン系ポリマーは、付加重合体である請求項48に記載の光導波路。
- [58] 前記コア層は、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ノルボルネン系ポリマーを主材料として構成され、

前記第1のノルボルネン系材料と第2のノルボルネン系材料とは、前記主鎖に結合した状態の前記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請求項47に記載の光導波路。

- [59] 前記ノルボルネン系ポリマーは、ジフェニルメチルノルボルネンメキシシランの繰り返し単位を含むものである請求項58に記載の光導波路。
- [60] 前記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である請求項58に記載の光導波路。
- [61] 前記ノルボルネン系ポリマーは、ヘキシルノルボルネンの繰り返し単位を含むものである請求項58に記載の光導波路。
- [62] 前記ノルボルネン系ポリマーは、付加重合体である請求項58に記載の光導波路。
- [63] 請求項1に記載の光導波路と、該光導波路の少なくとも一方の面側に設けられた導体層とを有することを特徴とする光導波路構造体。
- [64] 前記導体層の平均厚さは、前記光導波路の平均厚さの10～90%である請求項63に記載の光導波路構造体。
- [65] 前記導体層は、乾式メッキ法、湿式メッキ法および導電性シート材の接合のうちの少なくとも1つの方法により形成されたものである請求項63に記載の光導波路構造体。

[図1]

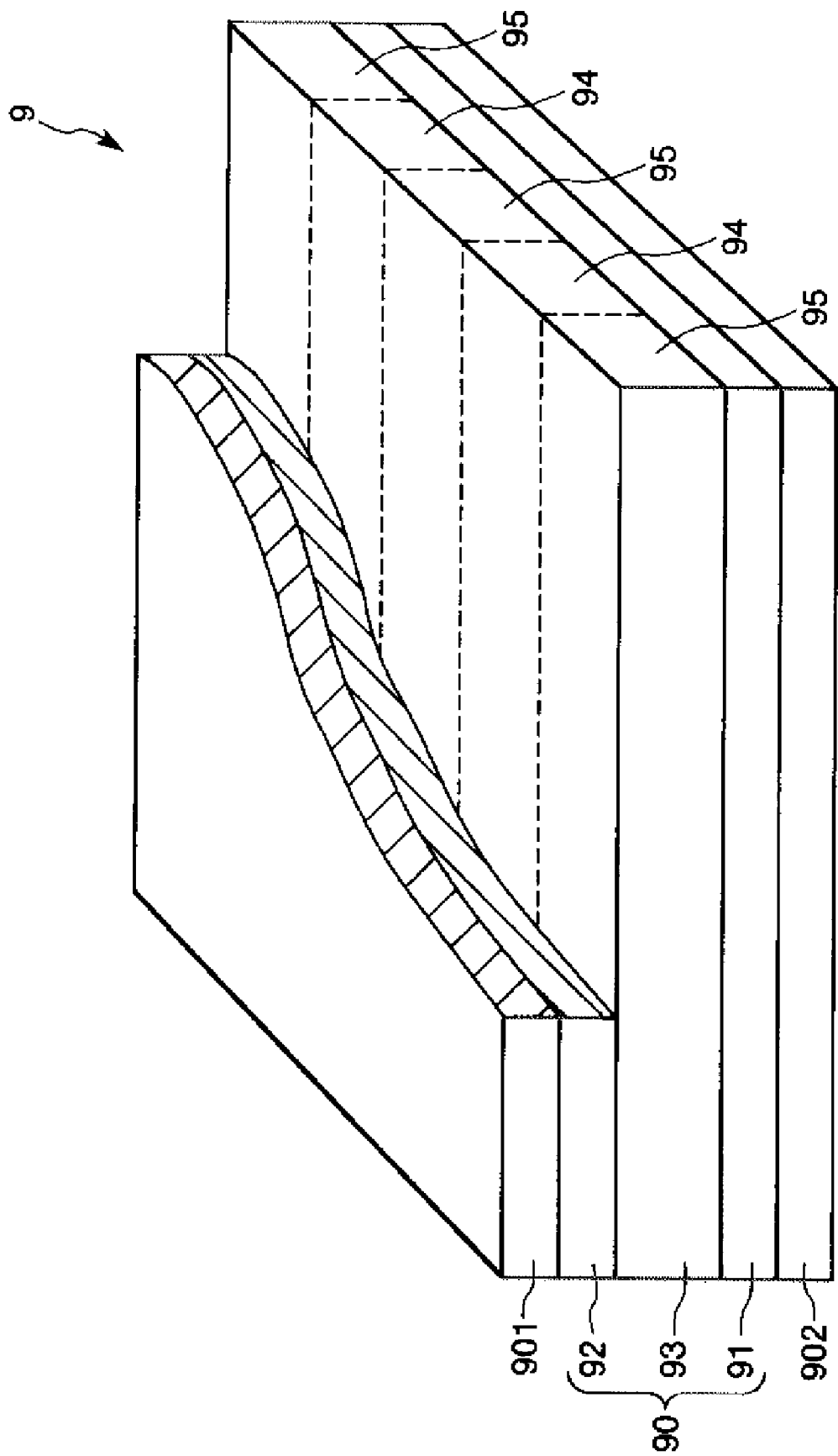
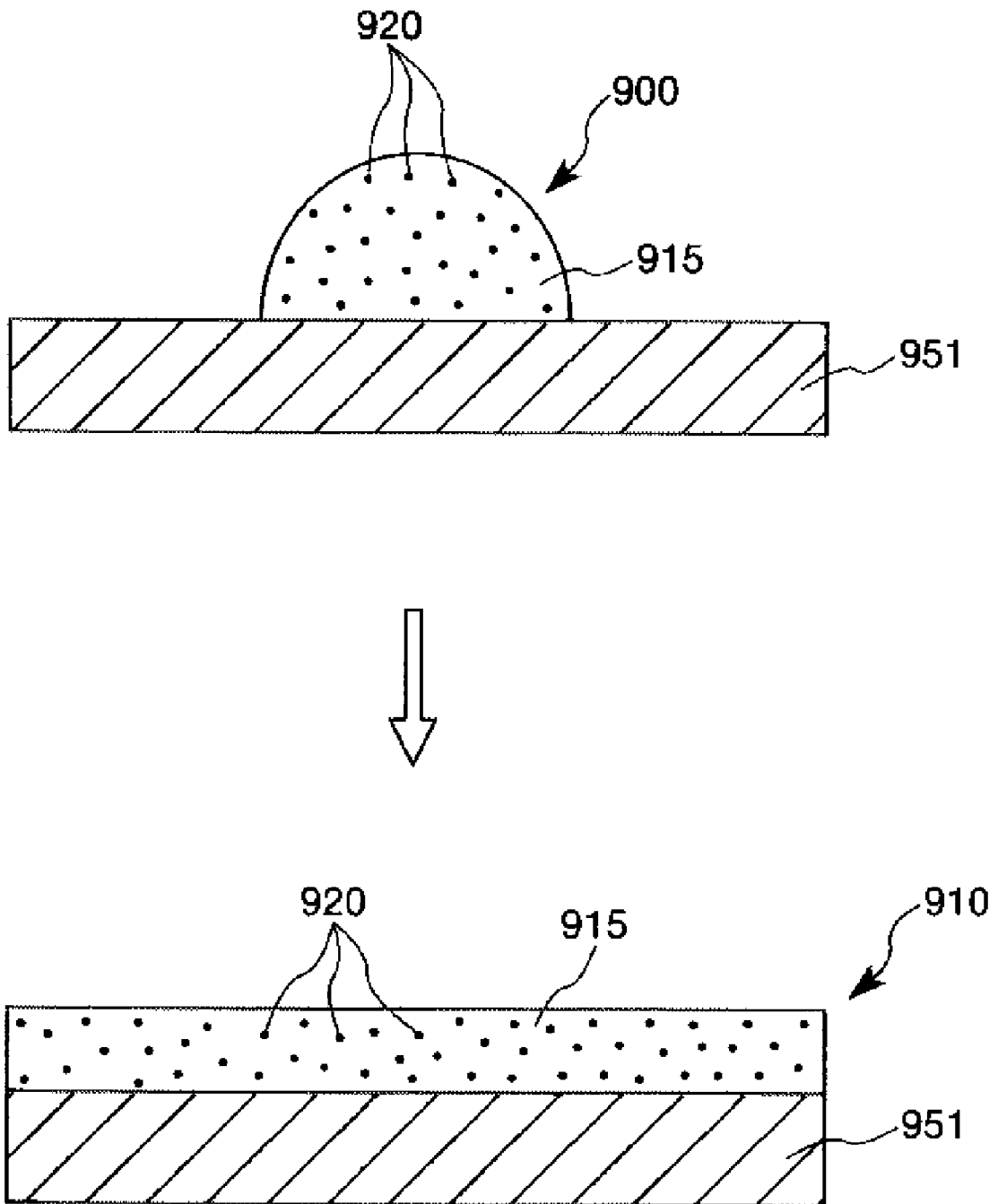
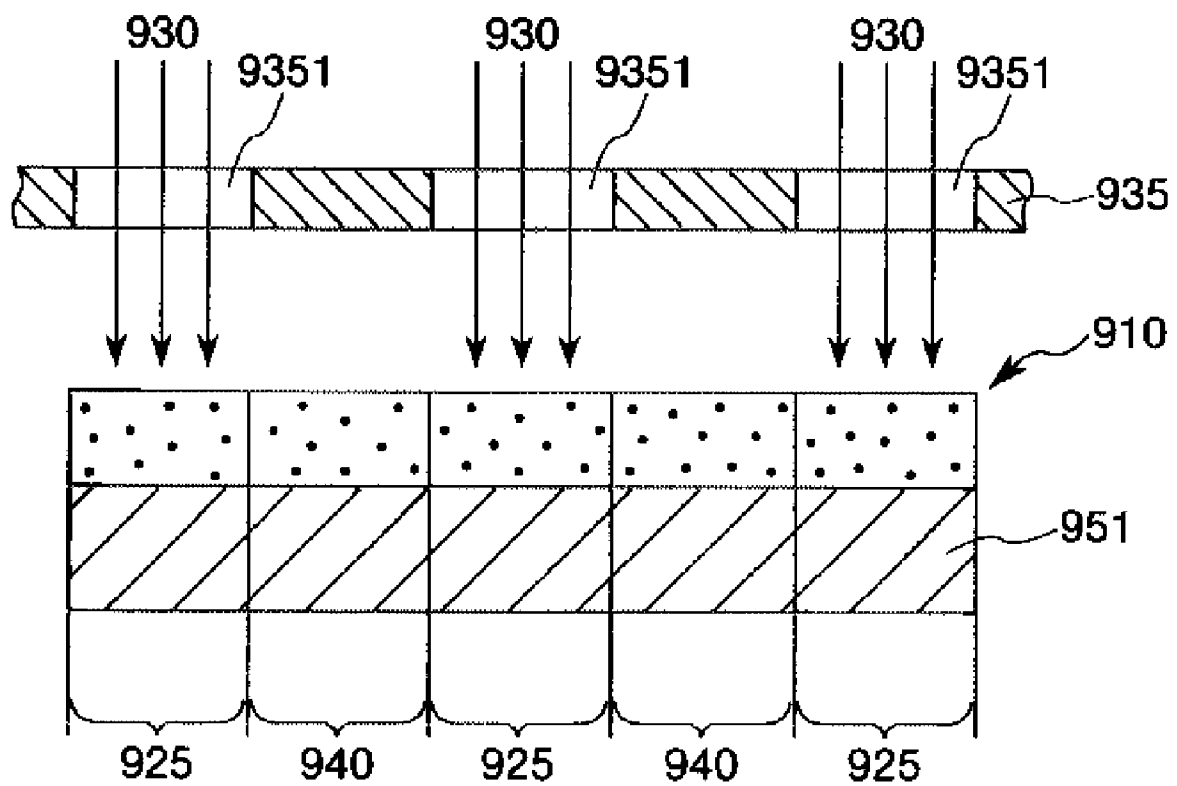


FIG. 1

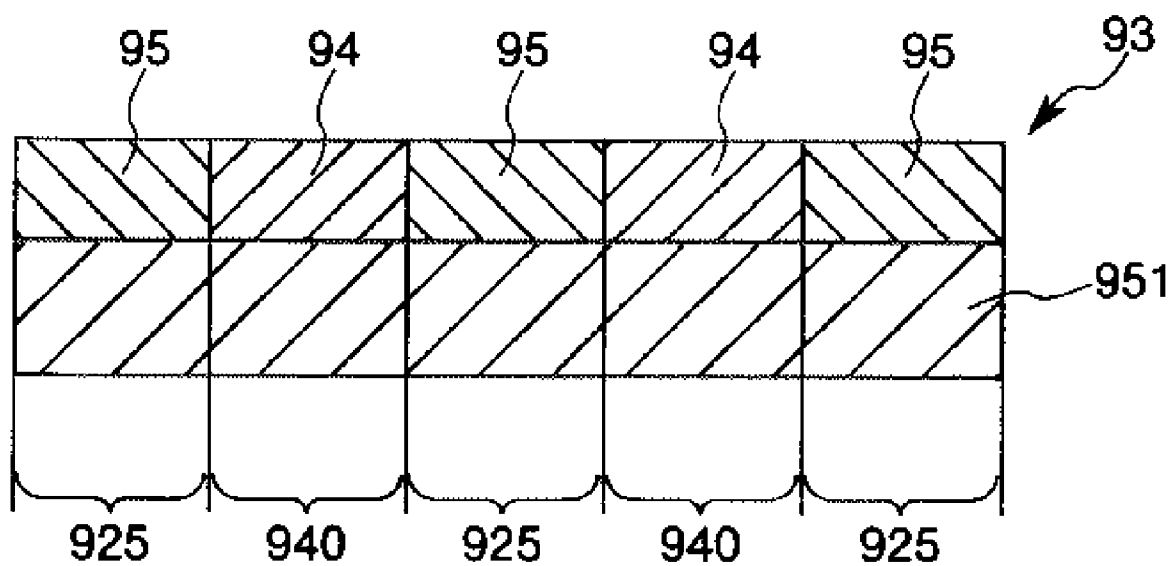
[図2]

**FIG. 2**

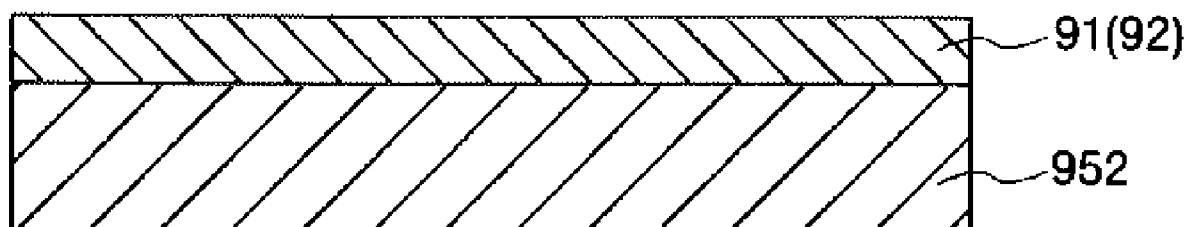
[図3]

**FIG. 3**

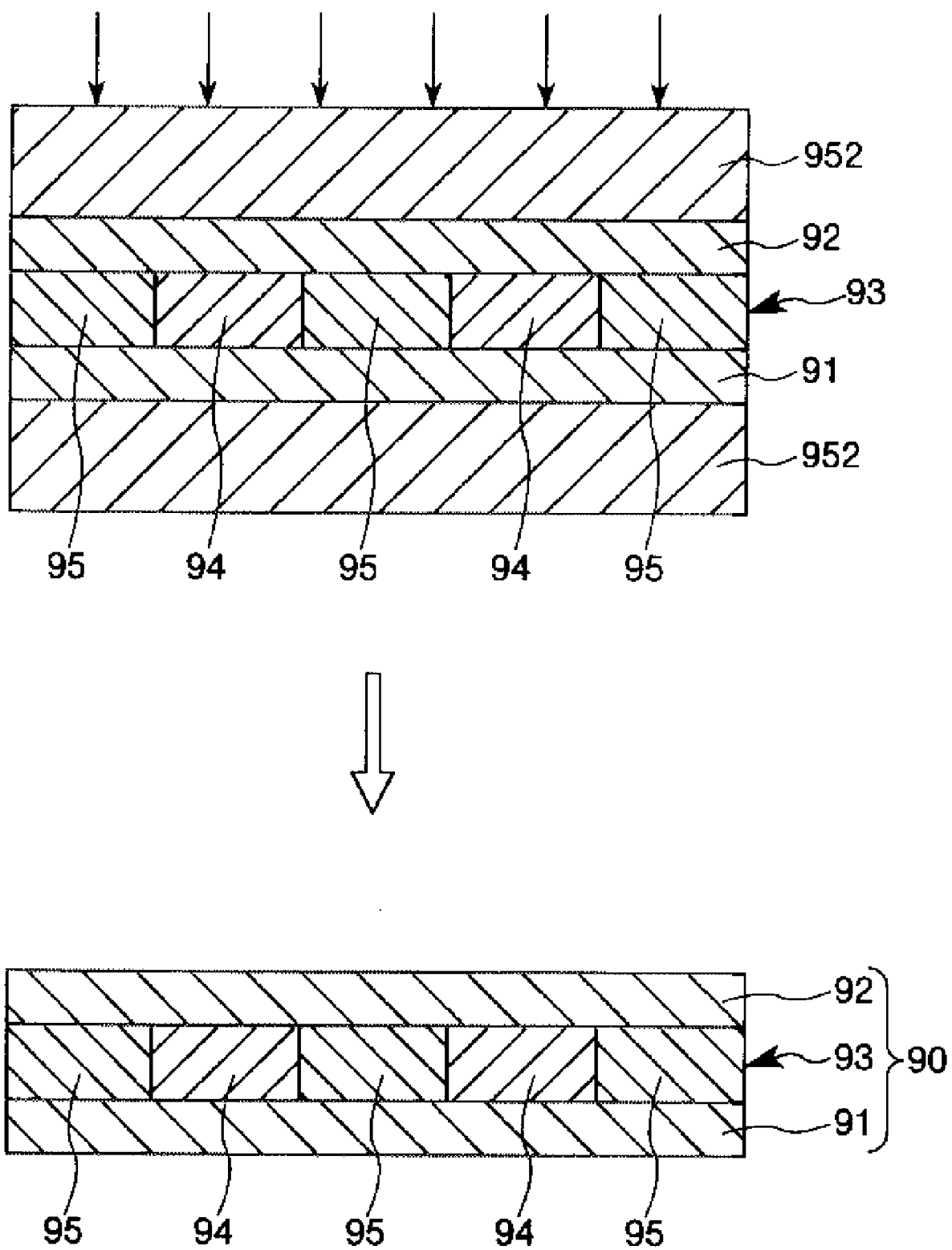
[図4]

**FIG. 4**

[図5]

**FIG. 5**

[図6]

**FIG. 6**

[図7]

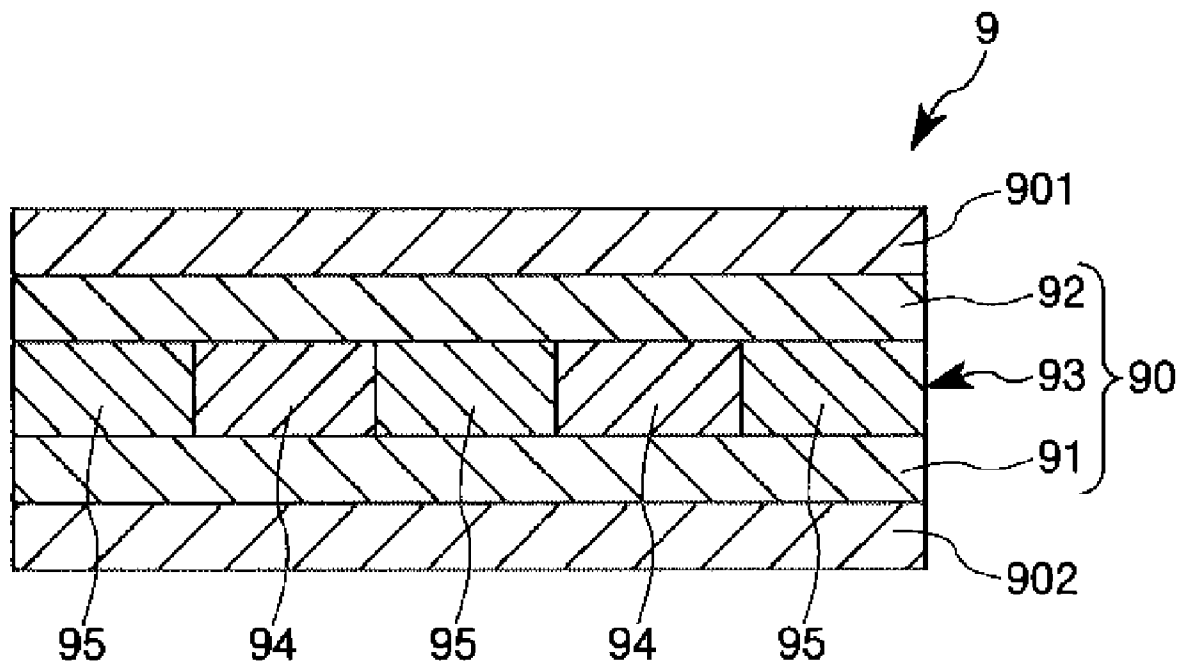


FIG. 7

[図8]

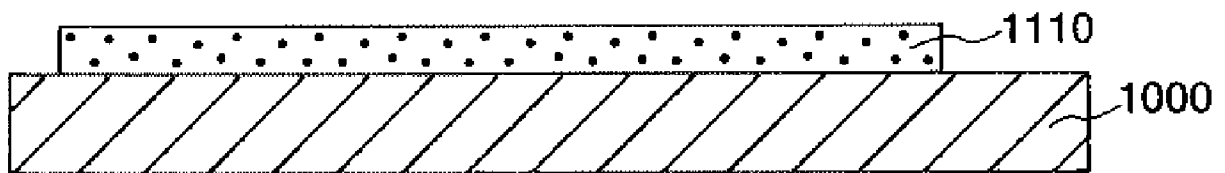


FIG. 8

[図9]

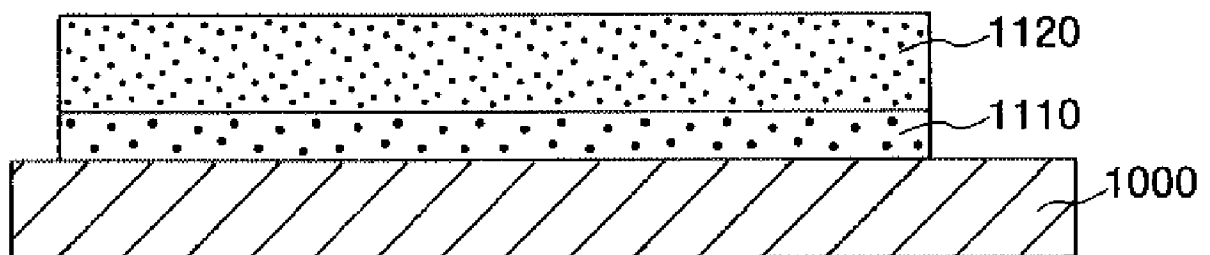
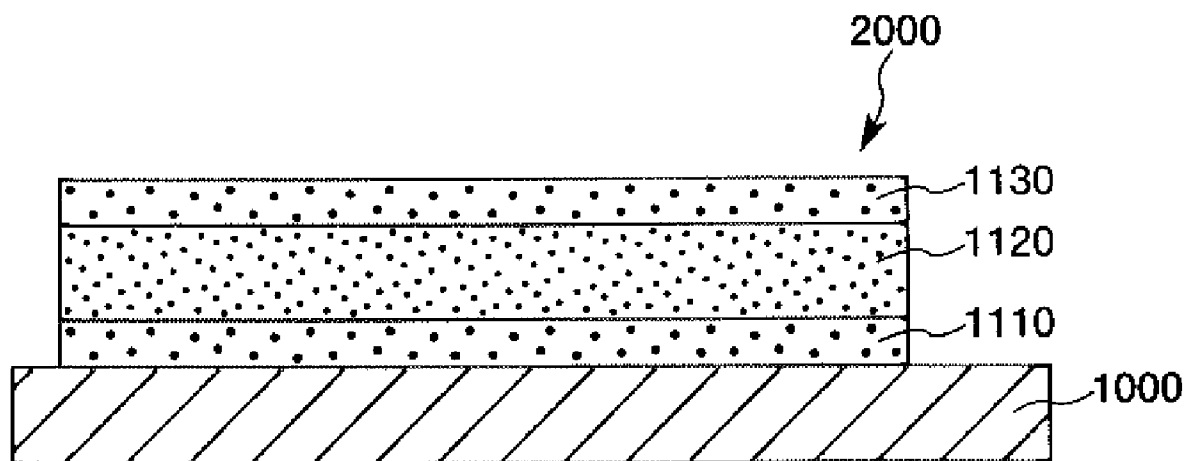
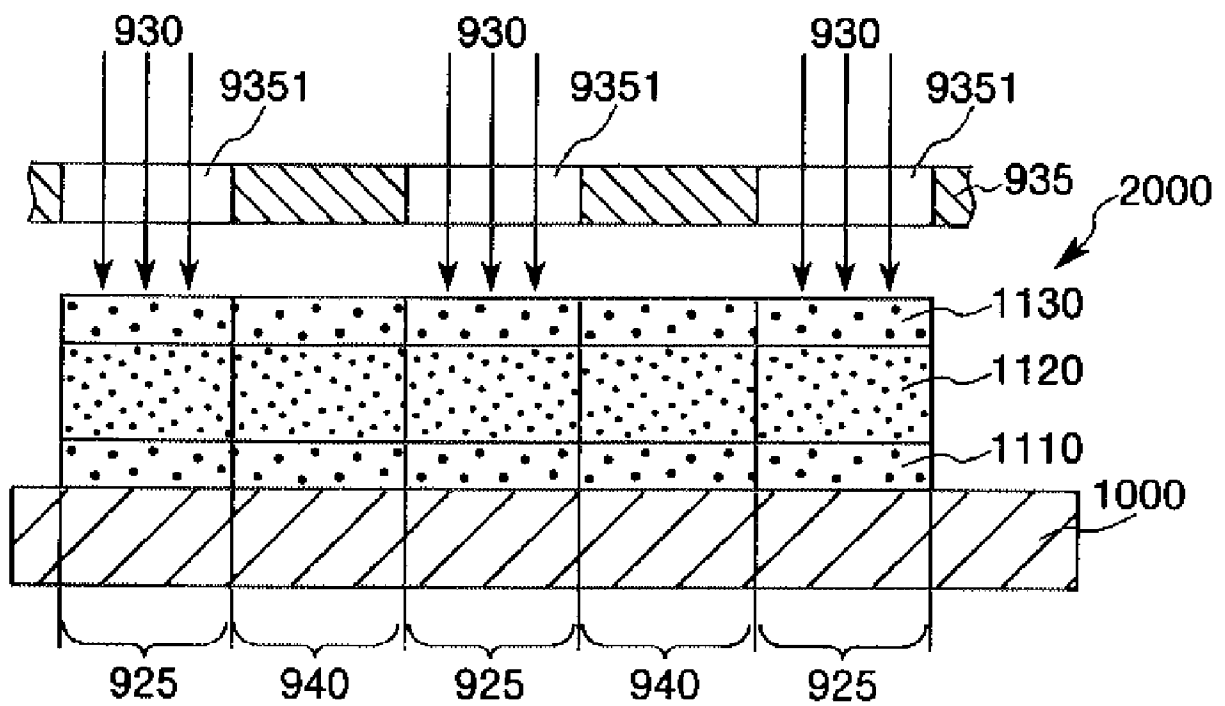


FIG. 9

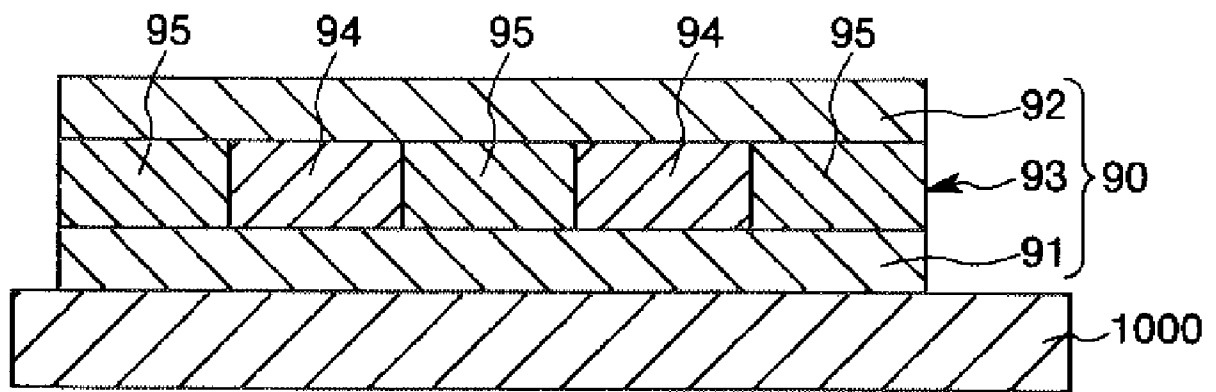
[図10]

**FIG. 10**

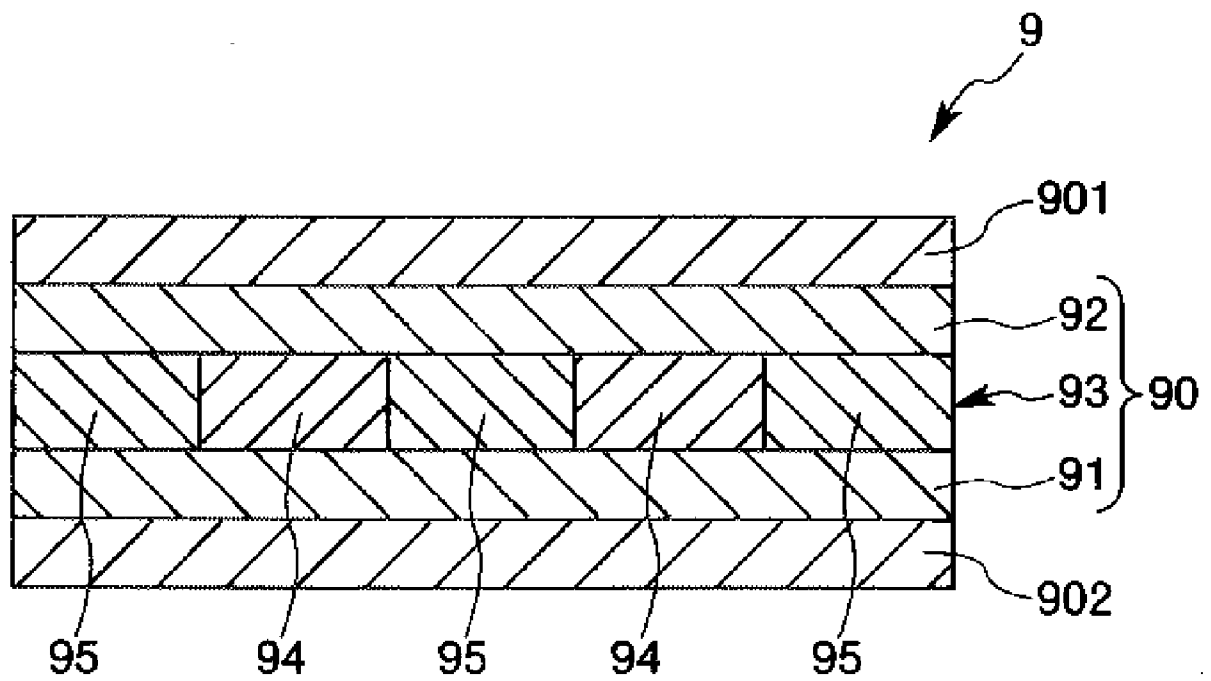
[図11]

**FIG. 11**

[図12]

**FIG. 12**

[図13]

**FIG. 13**

[図14]

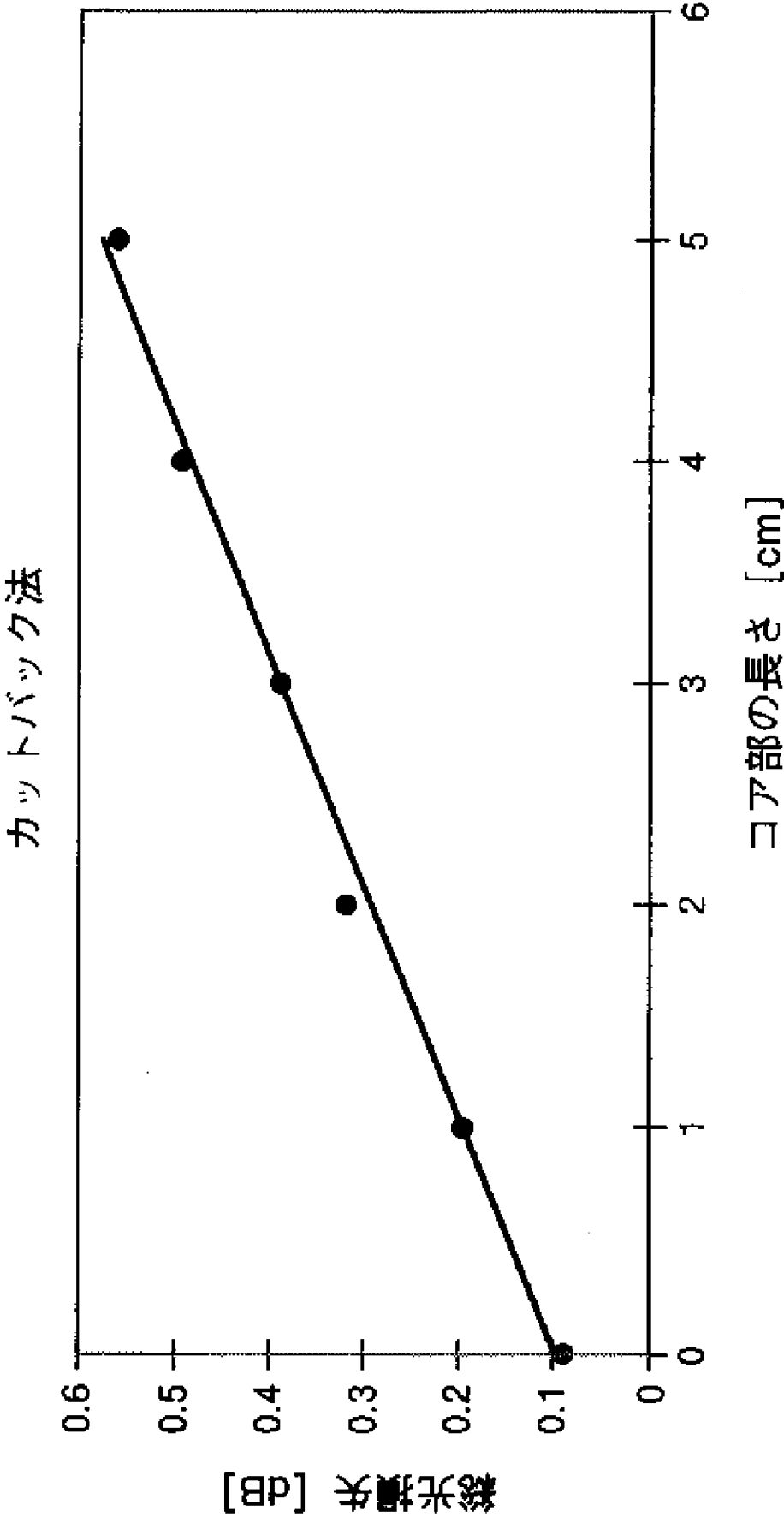


FIG. 14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/322895

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B6/12(2006.01)i, C08F232/08(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B6/12, C08F232/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CAPLUS (STN), REGISTRY (STN), JST7580 (JDream2), JSTPlus (JDream2)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2005-164650 A (Sumitomo Bakelite Co., Ltd.), 23 June, 2005 (23.06.05), Par. Nos. [0012], [0048] to [0051], [0056], [0057] (Family: none)	1-3, 8 4-7
Y	JP 2004-277726 A (Sumitomo Bakelite Co., Ltd.), 07 October, 2004 (07.10.04), Par. Nos. [0040], [0042], [0044], [0051] (Family: none)	4-7



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
18 January, 2007 (18.01.07)

Date of mailing of the international search report
30 January, 2007 (30.01.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/322895

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Makoto FUJIWARA, Yoji SHIRATO, Hirofumi OWARI, Kei WATANABE, Mutsuhiro MATSUYAMA, Keizo TAKAHAMA, Tetsuya MORI, Kenji MIYAO, Koji NAGAKI, Takafumi FUKUSHIMA, Toru TANAKA, Hitsumasa KOYANAGI, "Norbornene Jushiko Doharo o Mochiita Hikari Denki Fukugo Kiban no Kaihatsu", 2006 Nen (Heisei 18 Nen) Shuki Dai 67 Kai Extended abstracts; the Japan Society of Applied Physics, separate Vol.3, 29 August, 2006 (29.08.06)	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/322895

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The invention of claims 1-3 and 8 is described in JP 2005-164650 A and is not contributory over the prior art. Accordingly, this invention is excluded and the inventions of claims are classified by mutually common technical features. The inventions of claims are classified into five inventions consisting of the invention of claims 4-7, invention of claims 9-33, invention of claims 34-46, invention of claims 47-62 and invention of claims 63-65.

As among the above classified inventions there is no technical relationship involving one or more of the same or corresponding special technical features, it does not appear that they are linked with each other so as to form a single general inventive concept.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: 1 - 8

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee..
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G02B6/12(2006.01)i, C08F232/08(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G02B6/12, C08F232/08			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 0 7 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 0 7 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 0 7 年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語） CAplus(STN), REGISTRY(STN), JST7580(JDream2), JSTPlus(JDream2)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
X Y	JP 2005-164650 A（住友ベークライト株式会社）2005.06.23, 段落【0012】、【0048】－【0051】、【0056】、【0057】（ファミリーなし）	1-3, 8 4-7	
Y	JP 2004-277726 A（住友ベークライト株式会社）2004.10.07, 段落【0040】、【0042】、【0044】、【0051】（ファミリーなし）	4-7	
A	藤原誠、白土洋次、尾張洋史、渡辺啓、松山睦宏、高浜啓造、森哲	1	
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 1 8 . 0 1 . 2 0 0 7		国際調査報告の発送日 3 0 . 0 1 . 2 0 0 7	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 吉田 英一 電話番号 03-3581-1101 内線 3253	2 X 9124

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2) (a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、 _____
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、 _____
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であって P C T 規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1－3、8に係る発明は、JP 2005-164650 Aに記載されたものであり、先行技術に対する貢献を有しないから、当該発明を除き、各請求の範囲に係る発明を、互いに共通する技術的特徴により区分すると、請求の範囲4－7に係る発明と、請求の範囲9－33に係る発明と、請求の範囲34－46に係る発明と、請求の範囲47－62に係る発明と、請求の範囲63－65に係る発明との5つに区分される。

そして、上記の如く区分される各発明は、一又は二以上の同一又は対応する特別な技術的特徴を含む技術的な関係にないから、単一の一般的発明概念を形成するように連関しているものとは認められない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

請求の範囲1－8

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付を伴う異議申立てがなかった。

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
	也、宮尾憲治、長木浩司、福島誉史、田中徹、小柳光正、ノルボルネン樹脂光導波路を用いた光電気複合基板の開発，2006年（平成18年）秋季第67回応用物理学会学術講演会講演予稿集，第3分冊，2006.08.29	