

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4840586号
(P4840586)

(45) 発行日 平成23年12月21日 (2011. 12. 21)

(24) 登録日 平成23年10月14日 (2011. 10. 14)

(51) Int. Cl.	F I
G O 2 B 6/12 (2006. 01)	G O 2 B 6/12 N
G O 2 B 6/13 (2006. 01)	G O 2 B 6/12 M
C O 8 F 299/06 (2006. 01)	C O 8 F 299/06
C O 8 F 290/12 (2006. 01)	C O 8 F 290/12

請求項の数 6 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2006-250108 (P2006-250108)	(73) 特許権者	000004178
(22) 出願日	平成18年9月14日 (2006. 9. 14)		J S R株式会社
(65) 公開番号	特開2007-122023 (P2007-122023A)		東京都港区東新橋一丁目9番2号
(43) 公開日	平成19年5月17日 (2007. 5. 17)	(74) 代理人	100103539
審査請求日	平成21年1月22日 (2009. 1. 22)		弁理士 衡田 直行
(31) 優先権主張番号	特願2005-285699 (P2005-285699)	(72) 発明者	前田 幸男
(32) 優先日	平成17年9月29日 (2005. 9. 29)		東京都中央区築地五丁目6番10号 J S
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		R株式会社内
		(72) 発明者	江利山 祐一
			東京都中央区築地五丁目6番10号 J S
			R株式会社内
		審査官	吉田 英一

最終頁に続く

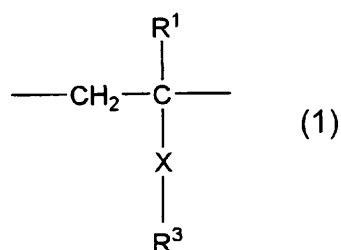
(54) 【発明の名称】 光導波路用感光性樹脂組成物、光導波路及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

(A) 下記一般式 (1) :

【化1】



10

(式中、R¹ は水素原子またはメチル基であり、R³ は (メタ) アクリロイル基であり、X は 2 価の有機基である。) で表される繰り返し単位を含む重合体、

(B) ポリエステルポリオール化合物と、ポリイソシアネート化合物と、水酸基含有 (メタ) アクリレート化合物と、

(C) 分子内に 1 個以上のエチレン性不飽和基を有し、0. 1 MPa における沸点が 130℃以上である、(A)、(B) 以外の化合物、並びに、

(D) 光ラジカル重合開始剤

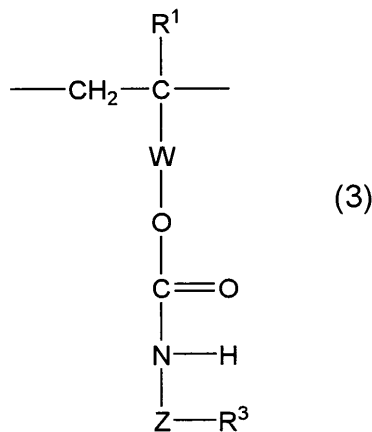
を含有することを特徴とする光導波路用感光性樹脂組成物。

20

【請求項 2】

前記一般式（１）が、下記一般式（３）で表される構造である請求項 1 に記載の感光性樹脂組成物。

【化 2】



10

（式中、 R^1 は水素原子またはメチル基であり、 R^3 は（メタ）アクリロイル基であり、 W 及び Z は各々独立して単結合または 2 価の有機基である。）

【請求項 3】

20

ゲルパーミエーションクロマトグラフィーで測定したポリスチレン換算の上記（B）成分の数平均分子量が 1,000～100,000 である請求項 1 又は 2 に記載の感光性樹脂組成物。

【請求項 4】

下部クラッド層と、コア部分と、上部クラッド層とを含む光導波路であって、少なくとも、前記下部クラッド層及び上部クラッド層が、請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の感光性樹脂組成物の硬化物からなることを特徴とする光導波路。

【請求項 5】

前記下部クラッド層、コア部分及び上部クラッド層が、請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の感光性樹脂組成物の硬化物からなり、かつ、前記コア部分の屈折率が、前記下部クラッド層と前記上部クラッド層のいずれの屈折率よりも 0.1% 以上大きい請求項 4 に記載の光導波路。

30

【請求項 6】

下部クラッド層と、コア部分と、上部クラッド層とを含む光導波路の製造方法であって、下部クラッド層を形成する工程と、コア部分を形成する工程と、上部クラッド層を形成する工程とを含み、かつ、少なくとも、下部クラッド層を形成する工程、及び、上部クラッド層を形成する工程が、請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の感光性樹脂組成物を照射して硬化させる工程を含むことを特徴とする光導波路の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、光導波路用感光性樹脂組成物、特に、形状の精度が高く、伝送特性が良好で、かつ屈曲抵抗性に優れた光導波路を形成するための感光性樹脂組成物に関する。

【背景技術】

【0002】

マルチメディア時代を迎え、光通信システムやコンピュータにおける情報処理の大容量化及び高速化の要求から、光の伝送媒体として光導波路が注目されている。従来の光導波路の代表例である石英系光導波路は、一般に、以下の工程（１）～（３）により製造されている。

（１）シリコン基板上に、火炎堆積法（FHD）や CVD 法等の手法によって、ガラス膜

50

からなる下部クラッド層を形成する。

(2) 下部クラッド層上に、これよりも屈折率の高い無機質の薄膜を形成し、この薄膜を反応性イオンエッチング法(RIE)によりパターンニングすることによってコア部分を形成する。

(3) 更に、火炎堆積法によって上部クラッド層を形成する。

【0003】

しかしながら、このような石英系光導波路の製造方法は、特殊な製造装置が必要であるとともに、製造時間が長くなる等の問題があった。

これらの問題を解決するため、光重合可能な成分を含有するシリコン系組成物の所定の箇所に、所定の量の光を照射して、当該箇所を硬化させた後、未露光部を現像することによってコア部分等を形成して、光導波路を製造する方法が提案されている(特許文献1)。

10

この方法は、従来の石英系光導波路の製造方法と比較して、短時間かつ低コストで光導波路を製造することができる点で有利である。しかし、この方法は、特殊なシリコン系オリゴマーを用いる必要があるなどの制約がある。

一方、(A)カルボキシシル基、重合性基及びそれ以外の有機基を有するビニル系重合体、(B)分子中に2個以上の重合性反応基を有する化合物、及び(C)放射線重合開始剤、を含有する光導波路形成用放射線硬化性組成物が提案されている(特許文献2)。この組成物によれば、形状の精度が高くかつ優れた伝送特性を有する光導波路を製造することができる。

20

【特許文献1】特開2000-180643号公報

【特許文献2】特開2003-195079号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明者が見出した知見によると、上述の(A)～(C)成分を含む光導波路形成用放射線硬化性組成物を用いて形成した光導波路は、形状の精度が高く、かつ優れた伝送特性を有するものの、フィルム状の硬化物の状態で屈曲させると、クラックや破断が発生するという問題がある。

そこで、本発明は、形状の精度が高く、伝送特性(導波路損失)が良好で、かつ屈曲抵抗性に優れた光導波路を形成することができる感光性樹脂組成物を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0005】

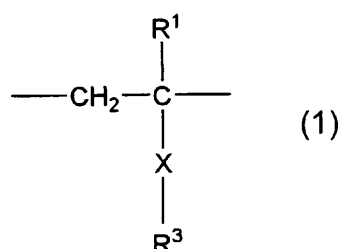
本発明者は、上記課題を解決するために鋭意検討した結果、特定の化学構造を有する複数種の成分を含む液状組成物を用いて光硬化させることによって、形状の精度が高く、伝送特性が良好で、かつ屈曲抵抗性に優れた光導波路を形成することができることを見出し、本発明を完成した。

すなわち、本発明は、以下の[1]～[6]を提供するものである。

[1] (A) 下記一般式(1)：

40

【化1】



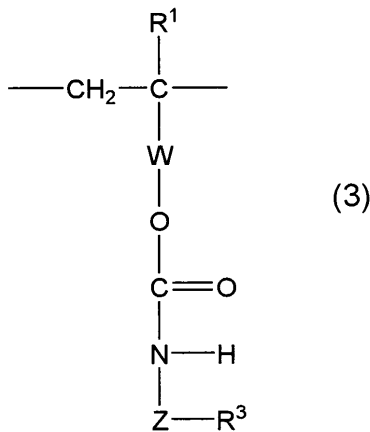
(式中、R¹は水素原子またはメチル基であり、R³は(メタ)アクリロイル基であり、

50

Xは2価の有機基である。)で表される繰り返し単位を含む重合体、(B)ポリエステルポリオール化合物と、ポリイソシアネート化合物と、水酸基含有(メタ)アクリレート化合物、(C)分子内に1個以上のエチレン性不飽和基を有し、0.1MPaにおける沸点が130℃以上である、(A)、(B)以外の化合物、および、(D)光ラジカル重合開始剤を含有することを特徴とする光導波路用感光性樹脂組成物。

[2] 上記一般式(1)が、下記一般式(3)で表される構造である上記[1]の感光性樹脂組成物。

【化2】



(式中、 R^1 は水素原子またはメチル基であり、 R^3 は(メタ)アクリロイル基であり、W及びZは各々独立して単結合または2価の有機基である。)

[3] ゲルパーミエーションクロマトグラフィーで測定したポリスチレン換算の上記(B)成分の数平均分子量が1,000~100,000である上記[1]又は[2]の感光性樹脂組成物。

[4] 下部クラッド層と、コア部分と、上部クラッド層とを含む光導波路であって、少なくとも、前記下部クラッド層及び上部クラッド層が、上記[1]~[3]のいずれかの感光性樹脂組成物の硬化物からなることを特徴とする光導波路。

[5] 前記下部クラッド層、コア部分及び上部クラッド層が、上記[1]~[3]のいずれかに記載の感光性樹脂組成物の硬化物からなり、かつ、前記コア部分の屈折率が、前記下部クラッド層と前記上部クラッド層のいずれの屈折率よりも0.1%以上大きい上記[4]の光導波路。

[6] 下部クラッド層と、コア部分と、上部クラッド層とを含む光導波路の製造方法であって、下部クラッド層を形成する工程と、コア部分を形成する工程と、上部クラッド層を形成する工程とを含み、かつ、少なくとも、下部クラッド層を形成する工程、及び、上部クラッド層を形成する工程が、上記[1]~[3]のいずれかの感光性樹脂組成物を光照射して硬化させる工程を含むことを特徴とする光導波路の製造方法。

【発明の効果】

【0006】

本発明の光導波路用感光性樹脂組成物によれば、形状の精度が高く、伝送特性(導波路損失)が良好で、かつ屈曲抵抗性に優れた光導波路を形成することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

本発明の光導波路用感光性樹脂組成物を構成する(A)~(D)成分及びその他の任意成分について、以下に詳しく説明する。

[(A)成分]

(A)成分は、下記一般式(1)で表される繰り返し単位を含む重合体(例えば、ランダム共重合体)である。(A)成分は、通常、下記一般式(2)で表される繰り返し単位も

10

20

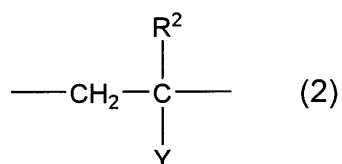
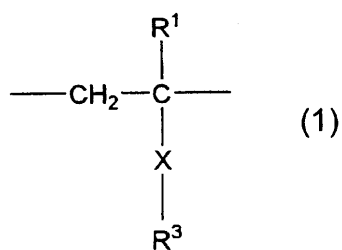
30

40

50

含む。

【化 3】

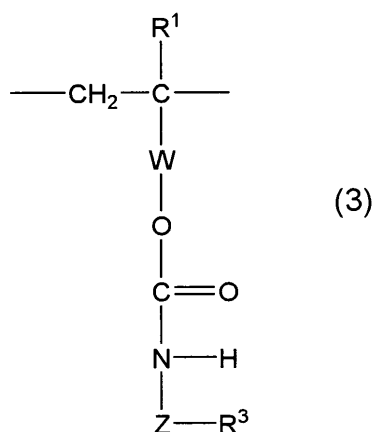


(式中、 R^1 及び R^2 は各々独立して水素原子またはメチル基であり、 R^3 は(メタ)アクリロイル基であり、Xは2価の有機基であり、Yは重合性を有しない有機基である。)

【0008】

一般式(1)で表される繰り返し単位の好適な例としては、下記の一般式(3)で表される繰り返し単位が挙げられる。

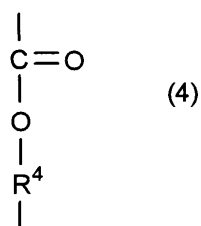
【化 4】



(式中、 R^1 は水素原子またはメチル基であり、 R^3 は(メタ)アクリロイル基であり、W及びZは各々独立して単結合または2価の有機基である。)

ここで、一般式(3)中のW(2価の有機基)の例としては、下記一般式(4)で表される構造や、フェニレン基等が挙げられる。

【化 5】



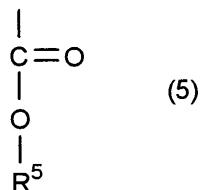
(式中、 R^4 はメチレンまたは炭素数2～8のアルキレン基である。)

一般式(3)中のZ(2価の有機基)の例としては、 $\text{---(CH}_2\text{)}_n\text{---O---}$ (式中、nは1～8の整数である。)等が挙げられる。

【0009】

一般式(2)中のYの例としては、下記一般式(5)で表される構造、フェニル基、環状アミド基、ピリジル基等が挙げられる。

【化6】



(式中、 R^5 は炭素数1～20の直鎖状、分岐状または環状の炭素鎖を有する基である。)

【0010】

(A)成分のポリスチレン換算の重量平均分子量は、好ましくは5,000～100,000、より好ましくは8,000～70,000、特に好ましくは10,000～50,000である。該値が5,000未満では、組成物の粘度が小さくなり、所望の膜厚が得られなくなる等の欠点があり、該値が100,000を超えると、組成物の粘度が大きくなり、塗工性が悪くなる等の欠点がある。

(A)成分の製造方法としては、例えば、(a)水酸基を有するラジカル重合性化合物、及び(b)成分(一般式(2)に対応するラジカル重合性化合物)を、溶媒中でラジカル重合した後、得られた共重合体の側鎖の水酸基に対して、(c)(メタ)アクリロイルオキシ基を有するイソシアネートを付加させる方法が挙げられる。

この方法で用いられる化合物(a)～(c)について説明する。

【0011】

化合物(a)(水酸基を有するラジカル重合性化合物)は、該化合物中の水酸基と化合物(c)中のイソシアネート基($-\text{N}=\text{C}=\text{O}$)とを反応させて、ウレタン結合($-\text{NH}-\text{COO}-$)及び化合物(c)に由来する(メタ)アクリロイルオキシ基を含む側鎖部分を有する構成単位を、成分(A)中に導入するために用いられる。

化合物(a)の例としては、2-ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、2-ヒドロキシプロピル(メタ)アクリレート、4-ヒドロキシブチル(メタ)アクリレート、ヒドロキシメチル(メタ)アクリレート、4-ヒドロキシシクロヘキシル(メタ)アクリレート等が挙げられる。

化合物(a)は、1種を単独でもしくは2種以上を組み合わせ用いられる。

(A)成分中の化合物(a)の含有率は、好ましくは3～80質量%、より好ましくは7～60質量%、特に好ましくは10～40質量%である。

該含有率が3質量%未満であると、硬化が不十分となりやすい。該含有率が80質量%を超えると、屈折率の調整が困難となる場合がある。

【0012】

化合物(b)(一般式(2)の構造に対応する化合物)は、主として、(A)成分の機械的特性や屈折率を適度にコントロールするために用いられる。

化合物(b)の例としては、メチル(メタ)アクリレート、エチル(メタ)アクリレート、イソプロピル(メタ)アクリレート、n-ブチル(メタ)アクリレート、sec-ブチル(メタ)アクリレート、t-ブチル(メタ)アクリレート等の(メタ)アクリル酸アルキルエステル類；ジシクロペンタニル(メタ)アクリレート、シクロヘキシル(メタ)アクリレート等の(メタ)アクリル酸と環状炭化水素化合物とのエステル類；フェニル(メタ)アクリレート、ベンジル(メタ)アクリレート、o-フェニルフェノールグリシジルエーテル(メタ)アクリレート、p-クミルフェノキシエチレングリコールアクリレート等の(メタ)アクリル酸アリールエステル類；トリブロモフェノールエトキシ(メタ)アクリレート、2,2,2-トリフルオロエチル(メタ)アクリレート、2,2,3,3-テトラフルオロプロピル(メタ)アクリレート、1H,1H,5H-オクタフルオロペ

10

20

30

40

50

ンチル（メタ）アクリレート、パーフルオロオクチルエチル（メタ）アクリレート等のハロゲン化（メタ）アクリル酸エステル類；スチレン、 α -メチルスチレン、 m -メチルスチレン、 p -メチルスチレン、ビニルトルエン、 p -メトキシスチレン等の芳香族ビニル類；1, 3-ブタジエン、イソプレン、1, 4-ジメチルブタジエン等の共役ジオレフィン類；アクリロニトリル、メタクリロニトリル等のニトリル基含有重合性化合物；アクリルアミド、メタクリルアミド等のアミド結合含有重合性化合物；酢酸ビニル等の脂肪酸ビニル類等が挙げられる。

中でも、ジシクロペンタニル（メタ）アクリレート、メチル（メタ）アクリレート、 n -ブチル（メタ）アクリレート、スチレン、 α -メチルスチレン等が好ましく用いられる。

10

化合物（b）は、1種を単独でもしくは2種以上を組み合わせ用いられる。

（A）成分中の化合物（b）の含有率は、好ましくは15～92質量%、より好ましくは25～84質量%、特に好ましくは35～78質量%である。

該含有率が15質量%未満であると、屈折率の調整が困難となる場合がある。該含有率が92質量%を超えると、硬化が不十分となりやすい。

【0013】

化合物（c）（（メタ）アクリロイルオキシ基を有するイソシアネート）の例としては、2-メタクリロキシエチルイソシアネート、N-メタクリロイルイソシアネート、メタクリロキシメチルイソシアネート、2-アクリロキシエチルイソシアネート、N-アクリロイルイソシアネート、アクリロキシメチルイソシアネート等が挙げられる。

20

（A）成分中の化合物（c）の含有率は、好ましくは5～80質量%、より好ましくは9～60質量%、特に好ましくは12～45質量%である。

該含有率が5質量%未満であると、硬化が不十分となりやすい。該含有率が80質量%を超えると、屈折率の調整が困難となる場合がある。

【0014】

（A）成分には、一般式（1）、（2）で表される構成単位以外の構成単位を含めることもできる。このような構成単位を導入するための化合物（以下、化合物（d）という。）の例としては、マレイン酸ジエチル、フマル酸ジエチル、イタコン酸ジエチル等のジカルボン酸ジエステル類；塩化ビニル、塩化ビニリデン等の塩素含有重合性化合物等が挙げられる。（A）成分中の化合物（d）の含有率は、好ましくは0～20質量%、より好ましくは0～10質量%である。

30

【0015】

（A）成分の製造過程において、化合物（c）の付加反応の際に、熱重合禁止剤、保存安定剤、硬化触媒等の各種添加剤を添加することができる。

熱重合禁止剤は、熱による重合反応を抑えるために配合される。熱重合禁止剤の例としては、ピロガロール、ベンゾキノン、ヒドロキノン、メチレンブルー、*tert*-ブチルカテコール、モノベンジルエーテル、メトキシフェノール、アミルキノン、アミロキシヒドロキノン、 n -ブチルフェノール、フェノール、ヒドロキノンモノプロピルエーテル等が挙げられる。

保存安定剤の例としては、2, 6-ジ-*tert*-ブチル-*p*-クレゾール、ベンゾキノン、*p*-トルキノン、*p*-キシロキノン、フェニル- α -ナフチルアミン等が挙げられる。

40

硬化触媒の例としては、ジラウリル酸ジブチル錫、ジラウリル酸ジオクチル錫、ジオレイン酸ジブチル錫、二酢酸ジブチル錫、テトラメトキシチタン、テトラエトキシチタン等が挙げられる。

これらの各種添加剤の合計の配合量は、化合物（a）～（c）の合計量100質量部に対して通常、10質量部以下、好ましくは5質量部以下である。

【0016】

（A）成分の製造における、化合物（a）、及び、必要に応じて使用される化合物（b）及び化合物（d）のラジカル重合に使用できる溶媒としては、例えばメタノール、エタノール、エチレングリコール、ジエチレングリコール、プロピレングリコール等のアルコ

50

ール類；テトラヒドロフラン、ジオキサン等の環状エーテル類；エチレングリコールモノメチルエーテル、エチレングリコールモノエチルエーテル、エチレングリコールジメチルエーテル、エチレングリコールジエチルエーテル、ジエチレングリコールモノメチルエーテル、ジエチレングリコールモノエチルエーテル、ジエチレングリコールジメチルエーテル、ジエチレングリコールジエチルエーテル、ジエチレングリコールエチルメチルエーテル、プロピレングリコールモノメチルエーテル、プロピレングリコールモノエチルエーテル等の多価アルコールのアルキルエーテル類；エチレングリコールエチルエーテルアセテート、ジエチレングリコールエチルエーテルアセテート、プロピレングリコールエチルエーテルアセテート、プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート等の多価アルコールのアルキルエーテルアセテート類；トルエン、キシレン等の芳香族炭化水素類；アセトン、メチルエチルケトン、メチルイソブチルケトン、シクロヘキサノン、4-ヒドロキシ-4-メチル-2-ペンタノン、ジアセトンアルコール等のケトン類；酢酸エチル、酢酸ブチル、乳酸エチル、2-ヒドロキシプロピオン酸エチル、2-ヒドロキシ-2-メチルプロピオン酸エチル、2-ヒドロキシ-2-メチルプロピオン酸エチル、エトキシ酢酸エチル、ヒドロキシ酢酸エチル、2-ヒドロキシ-3-メチルブタン酸メチル、3-メトキシプロピオン酸メチル、3-メトキシプロピオン酸エチル、3-エトキシプロピオン酸エチル、3-エトキシプロピオン酸メチル等のエステル類が挙げられる。

10

中でも、環状エーテル類、多価アルコールのアルキルエーテル類、多価アルコールのアルキルエーテルアセテート類、ケトン類、エステル類等が好ましい。

一方、(A)成分の製造における、化合物(c)の付加反応時に使用される溶媒として、分子内に水酸基を有するものを使用すると、化合物(c)が溶媒と反応してしまうため、好ましくない。したがって、化合物(c)の付加反応に用いる溶媒は、好ましくは、水酸基を有しないものである。水酸基を有しない溶媒の例としては、前記のラジカル重合に使用される溶媒のうち、水酸基を有しないものが挙げられる。

20

【0017】

また、(A)成分の製造に用いられるラジカル重合用の触媒としては、通常のラジカル重合開始剤が使用できる。ラジカル重合開始剤の例としては、2, 2'-アゾビスイソブチロニトリル、2, 2'-アゾビス(2, 4-ジメチルバレロニトリル)、2, 2'-アゾビス(4-メトキシ-2, 4-ジメチルバレロニトリル)等のアゾ化合物；ベンゾイルペルオキシド、ラウロイルペルオキシド、t-ブチルペルオキシピバレート、1, 1'-ビス(t-ブチルペルオキシ)シクロヘキサンの有機過酸化物；及び過酸化水素等を挙げることができる。ラジカル重合開始剤として過酸化物を使用する場合、還元剤を組み合わせることでレドックス型の開始剤としてもよい。

30

【0018】

[(B)成分]

(B)成分は、ポリエステルポリオール化合物と、ポリイソシアネート化合物と、水酸基含有(メタ)アクリレートの反応物であるウレタン(メタ)アクリレート化合物である。

(B)成分の製造方法として、例えば、以下の製法1～4が挙げられる。

40

製法1：ポリオール化合物、ポリイソシアネート化合物及び水酸基含有(メタ)アクリレートを一括して仕込んで反応させる方法。

製法2：ポリオール化合物及びポリイソシアネート化合物を反応させ、次いで水酸基含有(メタ)アクリレートを反応させる方法。

製法3：ポリイソシアネート化合物及び水酸基含有(メタ)アクリレートを反応させ、次いでポリオール化合物を反応させる方法。

製法4：ポリイソシアネート化合物及び水酸基含有(メタ)アクリレートを反応させ、次いでポリオール化合物を反応させ、最後にまた水酸基含有(メタ)アクリレートを反応させる方法。

製法1～4の中でも、製法2～4が、分子量分布を制御する上で好ましい。

50

【0019】

(1) ポリオール化合物

本発明の(B)成分の原料の一つであるポリオール化合物は、分子内に2個以上の水酸基を有する化合物である。このような化合物としては、芳香族ポリエーテルポリオール、脂肪族ポリエーテルポリオール、脂環族ポリエーテルポリオール、ポリエステルポリオール、ポリカーボネートポリオール、ポリカプロラクトンポリオール等が挙げられる。

中でも、基板と光導波路との更なる接着性の向上を図るためには、アルキレンオキシ構造を含むポリエーテルポリオール化合物を用いることが好ましい。

芳香族ポリエーテルポリオールとしては、ビスフェノールAのエチレンオキサイド付加ジオール、ビスフェノールAのプロピレンオキサイド付加ジオール、ビスフェノールAのブチレンオキサイド付加ジオール、ビスフェノールFのエチレンオキサイド付加ジオール、ビスフェノールFのプロピレンオキサイド付加ジオール、ビスフェノールFのプロピレンオキサイド付加ジオール、ハイドロキノンのアルキレンオキサイド付加ジオール、ナフトキノンのアルキレンオキサイド付加ジオール等が挙げられる。市販品としては、例えば、ユニオール、DA700、DA1000(以上、日本油脂社製)等が挙げられる。

脂肪族ポリエーテルポリオールとしては、エチレンオキサイド、プロピレンオキサイド、ブチレンオキサイド、テトラヒドロフラン、2-メチルテトラヒドロフラン、3-メチルテトラヒドロフラン、置換テトラヒドロフラン、オキセタン、置換オキセタン、テトラヒドロピラン及びオキセパンから選ばれる少なくとも1種の化合物を開環(共)重合することにより得られるもの等を挙げることができる。具体例としては、ポリエチレングリコール、1,2-ポリプロピレングリコール、1,3-ポリプロピレングリコール、ポリテトラメチレングリコール、1,2-ポリブチレングリコール、ポリイソブチレングリコール、プロピレンオキシドとテトラヒドロフランの共重合体ポリオール、エチレンオキサイドとテトラヒドロフランの共重合体ポリオール、エチレンオキサイドとプロピレンオキシドの共重合体ポリオール、テトラヒドロフランと3-メチルテトラヒドロフランの共重合体ポリオール、エチレンオキサイドと1,2-ブチレンオキサイドの共重合体ポリオール等が挙げられる。

【0020】

脂環族ポリエーテルポリオールとしては、例えば、水添ビスフェノールAのエチレンオキサイド付加ジオール、水添ビスフェノールAのプロピレンオキサイド付加ジオール、水添ビスフェノールAのブチレンオキサイド付加ジオール、水添ビスフェノールFのエチレンオキサイド付加ジオール、水添ビスフェノールFのプロピレンオキサイド付加ジオール、水添ビスフェノールFのブチレンオキサイド付加ジオール、ジシクロペンタジエンのジメチロール化合物、トリシクロデカンジメタノール等が挙げられる。

脂肪族ポリエーテルポリオール及び脂環族ポリエーテルポリオールの市販品としては、例えばユニセーフDC1100、ユニセーフDC1800、ユニセーフDCB1100、ユニセーフDCB1800(以上、日本油脂社製)；PPTG4000、PPTG2000、PPTG1000、PTG2000、PTG3000、PTG650、PTGL2000、PTGL1000(以上、保土谷化学社製)；EXENOL4020、EXENOL3020、EXENOL2020、EXENOL1020(以上、旭硝子社製)；PBG3000、PBG2000、PBG1000、Z3001(以上、第一工業製薬社製)；ACCLAIM2200、3201、4200、6300、8200(以上、住化バイエルウレタン社製)；NPML-2002、3002、4002、8002(以上、旭硝子社製)等が挙げられる。

【0021】

ポリエステルポリオールとしては、例えばエチレングリコール、ポリエチレングリコール、プロピレングリコール、ポリプロピレングリコール、テトラメチレングリコール、ポリテトラメチレングリコール、1,6-ヘキサンジオール、ネオペンチルグリコール、1,4-シクロヘキサンジメタノール、3-メチル-1,5-ペンタンジオール、1,9-ノナンジオール、2-メチル-1,8-オクタンジオール等の、多価アルコールとフタル

10

20

30

40

50

酸、イソフタル酸、テレフタル酸、マレイン酸、フマル酸、アジピン酸、セバシン酸等の多塩基酸とを反応して得られるポリエステルポリオール等を挙げることができる。市販品としてはクラポール P-2010、PMIPA、PKA-A、PKA-A2、PNA-2000 等（以上、クラレ社製）が入手できる。

ポリカーボネートポリオールとしては、例えば 1, 6-ヘキサンポリカーボネート等が挙げられる。市販品としては DN-980、981、982、983（以上、日本ポリウレタン社製）、PLACCCEL-CD205、CD-983、CD220（以上、ダイセル化学工業社製）、PC-8000（米国 PPG 社製）等が入手できる。

【0022】

ポリカプロラクトンポリオールとしては、 ϵ -カプロラクトンと、エチレングリコール、ポリエチレングリコール、プロピレングリコール、ポリプロピレングリコール、テトラメチレングリコール、ポリテトラメチレングリコール、1, 2-ポリブチレングリコール、1, 6-ヘキサンジオール、ネオペンチルグリコール、1, 4-シクロヘキサジメタノール、1, 4-ブタンジオール等のジオールとを反応させて得られるポリカプロラクトンジオール等が挙げられる。市販品としては、PLACCCCEL205、205AL、212、212AL、220、220AL（以上、ダイセル化学工業社製）等が入手できる。

その他の本発明で使用するポリオール化合物としては、エチレングリコール、プロピレングリコール、1, 4-ブタンジオール、1, 5-ペンタンジオール、1, 6-ヘキサンジオール、ネオペンチルグリコール、1, 4-シクロヘキサジメタノール、ポリ β -メチル- δ -バレロラクトン、ヒドロキシ末端ポリブタジエン、ヒドロキシ末端水添ポリブタジエン、ひまし油変性ポリオール、ポリジメチルシロキサン末端ジオール化合物、ポリジメチルシロキサンカルビトール変性ポリオール等が挙げられる。

前記のポリオール化合物のうち、ポリプロピレングリコール、エチレンオキサイド/プロピレンオキサイド共重合ジオール、エチレンオキサイド/1, 2-ブチレンオキサイド共重合ジオール、プロピレンオキサイド/テトラヒドロフラン共重合ジオールが好ましく、エチレンオキサイド/1, 2-ブチレンオキサイド共重合ジオールがより好ましい。

【0023】

ポリオール化合物の数平均分子量は、好ましくは 400~10,000 であり、さらに好ましくは 1,000~8,000 であり、最も好ましくは 1,500~5,000 である。該数平均分子量が 400 未満であると、硬化物の常温及び低温におけるヤング率が上昇して、十分な屈曲抵抗性が得られ難くなる。一方、数平均分子量が 10,000 を超えると、組成物の粘度が上昇して、基材に組成物を被覆する際の塗工性が悪化することがある。

【0024】

(2) ポリイソシアネート化合物

本発明の (B) 成分の原料の一つであるポリイソシアネート化合物は、分子内に 2 個以上のイソシアネート基を有する化合物である。このような化合物としては、例えば 2, 4-トリレンジイソシアネート、2, 6-トリレンジイソシアネート、1, 3-キシリレンジイソシアネート、1, 4-キシリレンジイソシアネート、1, 5-ナフタレンジイソシアネート、m-フェニレンジイソシアネート、p-フェニレンジイソシアネート、3, 3'-ジメチル-4, 4'-ジフェニルメタンジイソシアネート、4, 4'-ジフェニルメタンジイソシアネート、3, 3'-ジメチルフェニレンジイソシアネート、4, 4'-ビフェニレンジイソシアネート、1, 6-ヘキサンジイソシアネート、イソホロンジイソシアネート、メチレンビス(4-シクロヘキシルイソシアネート)、2, 2, 4-トリメチルヘキサメチレンジイソシアネート、1, 4-ヘキサメチレンジイソシアネート、ビス(2-イソシアネートエチル)フマレート、6-イソプロピル-1, 3-フェニルジイソシアネート、4-ジフェニルプロパンジイソシアネート、リジンジイソシアネート、水添ジフェニルメタンジイソシアネート、水添キシリレンジイソシアネート、テトラメチルキシリレンジイソシアネート等のジイソシアネート化合物等が挙げられる。

中でも、水添キシリレンジイソシアネート、イソホロンジイソシアネート、2, 2, 4-トリメチルヘキサメチレンジイソシアネート等が好ましい。これらポリイソシアネート化合物は単独で用いても2種以上を併用してもよい。

【0025】

(3) 水酸基含有(メタ)アクリレート

本発明の(B)成分の原料の一つである水酸基含有(メタ)アクリレートは、分子内に水酸基と(メタ)アクリロイル基を有する化合物である。この様な化合物としては、例えば2-ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、2-ヒドロキシプロピル(メタ)アクリレート、2-ヒドロキシブチル(メタ)アクリレート、2-ヒドロキシ-3-フェニルオキシプロピル(メタ)アクリレート、4-ヒドロキシブチル(メタ)アクリレート、2-ヒドロキシアルキル(メタ)アクリロイルホスフェート、4-ヒドロキシシクロヘキシル(メタ)アクリレート、6-ヒドロキシヘキシル(メタ)アクリレート、ネオペンチルグリコールモノ(メタ)アクリレート、トリメチロールプロパンジ(メタ)アクリレート、トリメチロールエタンジ(メタ)アクリレート、ペンタエリスリトールトリ(メタ)アクリレート、ジペンタエリスリトールペンタ(メタ)アクリレート等が挙げられる。さらに、アルキルグリシジルエーテル、アリルグリシジルエーテル、グリシジル(メタ)アクリレート等の、グリシジル基含有化合物と(メタ)アクリル酸との付加反応により得られる化合物が挙げられる。

中でも、2-ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、2-ヒドロキシプロピル(メタ)アクリレート等が好ましい。

本発明の(B)成分を構成する各原料の配合割合は、例えば、水酸基含有(メタ)アクリレート1モルに対して、ポリオール化合物0.5~2モル、ポリイソシアネート化合物1~2.5モルである。

【0026】

(B)成分の数平均分子量(ゲルパーミエーションクロマトグラフィーで測定したポリスチレン換算値)は、好ましくは1,000~100,000、より好ましくは3,000~60,000、特に好ましくは5,000~30,000である。数平均分子量が1,000未満であると、フィルム状の硬化物について十分な屈曲抵抗性を得ることが困難となる。また、数平均分子量が100,000を超えると、組成物の粘度が高くなり過ぎ、塗工性が悪化することがある。

(B)成分の配合量は、(A)成分100質量部に対して、好ましくは10~100質量部、より好ましくは20~80質量部、特に好ましくは35~70質量部である。該量が10質量部未満であると、フィルム状の硬化物について十分な屈曲抵抗性が得られないことがあり、該量が100質量部を超えると、(A)成分との相溶性が悪くなり、硬化物の表面に膜荒れを生じたり、十分な透明性が得られないことがある。

【0027】

[(C)成分]

(C)成分は、分子内に1個以上のエチレン性不飽和基を有し、0.1MPaにおける沸点が130℃以上である、(A)、(B)以外の化合物である。

ここで、エチレン性不飽和基としては、例えば、(メタ)アクリロイル基、ビニル基等が挙げられる。

(C)成分の分子量は、好ましくは2,000未満、より好ましくは1,000未満である。

分子内に2個以上のエチレン性不飽和基を有する(C)成分の好ましい例としては、分子内に2個以上の(メタ)アクリロイル基及び/又はビニル基を有し、分子量1,000未満の化合物が挙げられる。

この場合、分子内のエチレン性不飽和基は、その全てがアクリロイル基、メタクリロイル基、ビニル基のいずれか1種のみでもよいし、あるいは、アクリロイル基とメタクリロイル基、アクリロイル基とビニル基、メタクリロイル基とビニル基のいずれかの2種の組み合わせでもよいし、あるいは、アクリロイル基とメタクリロイル基とビニル基の3種の

組み合わせでもよい。

分子内に2個の(メタ)アクリロイル基を有する(メタ)アクリレートの例としては、エチレングリコールジ(メタ)アクリレート、テトラエチレングリコールジ(メタ)アクリレート、ポリエチレングリコールジ(メタ)アクリレート、1,4-ブタンジオールジ(メタ)アクリレート、1,6-ヘキサジオールジ(メタ)アクリレート、ネオペンチルグリコールジ(メタ)アクリレート、トリス(2-ヒドロキシエチル)イソシアヌレートジ(メタ)アクリレート、ビス(ヒドロキシメチル)トリシクロデカンジ(メタ)アクリレート、ビスフェノールAのエチレンオキサイドまたはプロピレンオキサイドの付加体であるジオールのジ(メタ)アクリレート、水添ビスフェノールAのエチレンオキサイドまたはプロピレンオキサイドの付加体であるジオールのジ(メタ)アクリレート、ビスフェノールAのジグリシジルエーテルに(メタ)アクリレートを付加させたエポキシ(メタ)アクリレート、ポリオキシアルキレン化ビスフェノールAのジアクリレート、9,9-ビス[4-(2-アクリロイルオキシエトキシ)フェニル]フルオレン等が挙げられる。

10

分子内に3個以上の(メタ)アクリロイル基を有する(メタ)アクリレートの例としては、3個以上の水酸基を有する多価アルコールに3モル以上の(メタ)アクリル酸がエステル結合した化合物、例えばトリメチロールプロパントリ(メタ)アクリレート、ペンタエリスリトールトリ(メタ)アクリレート、トリメチロールプロパントリオキシエチル(メタ)アクリレート、トリス(2-ヒドロキシエチル)イソシアヌレートトリ(メタ)アクリレート、ジペンタエリスリトールヘキサ(メタ)アクリレート等が挙げられる。

また、主鎖にポリエーテル、ポリエステルを有するポリエーテルアクリルオリゴマー、ポリエステルアクリルオリゴマー、あるいはポリエポキシアクリルオリゴマーも使用することができる。

20

【0028】

分子内に1個の(メタ)アクリロイル基を有し、0.1MPaにおける沸点が130℃以上の(メタ)アクリレートの例としては、ジメチルアミノエチル(メタ)アクリレート、アクリロイルモルフォリン、ジメチルアクリルアミド、ジエチルアクリルアミド、ジイソプロピルアクリルアミド、ジアセトンアクリルアミド、イソブトキシメチル(メタ)アクリルアミド、N-ビニルピロリドン、N-ビニルカプロラクタム、イソボルニル(メタ)アクリレート、ジシクロペンタニルアクリレート、ジシクロペンタニル(メタ)アクリレート、ジシクロペンタニルオキシエチル(メタ)アクリレート、3-ヒドロキシ-1-アダマンチル(メタ)アクリレート、メチル(メタ)アクリレート、エチル(メタ)アクリレート、n-ブチル(メタ)アクリレート、イソブチル(メタ)アクリレート、シクロヘキシル(メタ)アクリレート、イソアミル(メタ)アクリレート、イソオクチル(メタ)アクリレート、ラウリル(メタ)アクリレート、ステアリル(メタ)アクリレート、ベンジル(メタ)アクリレート、ジシクロペンタジエニル(メタ)アクリレート、トリシクロデカニル(メタ)アクリレート、2-アクリロイルシクロヘキシルコハク酸、テトラヒドロフルフリル(メタ)アクリレート、2-ヒドロキシ-3-フェノキシプロピル(メタ)アクリレート、ブトキシエチル(メタ)アクリレート、アルキルアルコール(炭素数1~8)のエチレンオキサイドの付加体であるアルコールの(メタ)アクリレート、フェノールのエチレンオキサイドの付加体であるアルコールの(メタ)アクリレート、p-クミルフェノールのエチレンオキサイドの付加体であるアルコールの(メタ)アクリレート、ノニルフェノールのエチレンオキサイドの付加体であるアルコールの(メタ)アクリレート、o-フェニルフェノールグリシジルエーテル(メタ)アクリレート、2-ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、2-ヒドロキシプロピル(メタ)アクリレート、2-ヒドロキシブチル(メタ)アクリレート、2-メトキシエチル(メタ)アクリレート、2-エトキシエチル(メタ)アクリレート、4-ヒドロキシブチル(メタ)アクリレート、2-フェノキシエチル(メタ)アクリレート、エチルカルビトール(メタ)アクリレート、2-エチルヘキシル(メタ)アクリレート、3-ヒドロキシシクロヘキシルアクリレート、トリプロモフェノールエトキシ(メタ)アクリレート、2,2,2-トリフルオロエチル(メタ)アクリレート、2,2,3,3-テトラフルオロプロピル(メタ)アクリレート

30

40

50

、1H、1H、5H-オクタフルオロペンチル（メタ）アクリレート、パーフルオロオクチルエチル（メタ）アクリレート等が挙げられる。

【0029】

これらの市販品としては、ユピマーUV SA1002、SA2007（以上、三菱化学社製）、ビスコート#150、#155、#160、#190、#192、#195、#230、#215、#260、#295、#300、#335HP、#360、#400、#540、#700、3F、3FM、4F、8F、8FM、2-MTA、2-ETA、V-MTG、3PA、GPT、HEA、HPA、4-HBA、AIB、IOAA、LA、STA、（以上、大阪有機化学工業社製）、ライトエステルM、E、NB、IB、EH、ID、L、L-7、TD、L-8、S、130MA、041MA、CH、THF、BZ、PO、IB-X、HO、HOP、HOA、HOP-A、HOB、DM、DE、HO-MS、EG、2EG、1.4BG、1.6HX、1.9ND、1.10DC、TMP、G-101P、G-201P、BP-2EM、BP-4EM、BP-6EM、MTG、BO、BC、3EG、4EG、9EG、14EG、NP、FM-108、G-201P、ライトアクリレートIO-A、HOB-A、TMP-3EO-A、FA-108、IAA、L-A、S-A、BO-A、EC-A、MTG-A、130A、DPM-A、PO-A、P-200A、NP-4EA、NP-8EA、THF-A、IB-XA、HOA、HOP-A、M-600A、HOA-MS、3EG-A、4EG-A、9EG-A、14EG-A、NP-A、MPD-A、1.6HX-A、BEPG-A、1.9ND-A、MOD-A、DCP-A、BP-4EA、BP-4PA、BP-10EA、TMP-A、TMP-6EO-3A、PE-3A、PE-4A、DPE-6A、BA-104、BA-134（以上、共栄社化学社製）、KAYARAD MANDA、HX-220、HX-620、R-551、R-712、R-604、R-684、PET-30、GPO-303、TMPTA、DPHA、D-310、D-330、DPCA-20、-30、-60、-120（以上、日本化薬社製）、アロニックスM208、M210、M215、M220、M240、M305、M309、M310、M315、M325、M400、M1200、M6100、M6200、M6250、M7100、M8030、M8060、M8100、M8530、M8560、M9050（以上、東亜合成社製）、NKエステル#401P、NKエステルA-BPEF、NKエステルA-CMP-1E（以上、新中村化学工業社製）、ニューフロンティアBR-31（以上、第一工業製薬社製）、リポキシVR-77、VR-60、VR-90（以上、昭和高分子社製）、Ebecryl81、83、600、629、645、745、754、767、701、755、705、770、800、805、810、830、450、1830、1870（以上、ダイセルUCB社製）、ビームセット575、551B、502H、102（以上、荒川化学社製）、アダマンテートHA、HM（以上、出光興産社製）等が挙げられる。

（C）成分は、1種を単独で、あるいは2種以上を組み合わせ用いられる。

（C）成分の配合量は、（A）成分100質量部に対して、好ましくは5～100質量部、より好ましくは10～70質量部、特に好ましくは20～50質量部である。該量が5質量部未満であると、光導波路を形成する際、目的とする導波路の形状の精度が劣ることがあり、該量が100質量部を超えると、（A）成分との相溶性が悪くなり、硬化物の表面に膜荒れを生じることがある。

【0030】

〔（D）成分〕

（D）成分は、エチレン性不飽和基を重合しうる活性種（ラジカル種）を光の照射によって発生することのできる光ラジカル重合開始剤である。

ここで光とは、例えば赤外線、可視光線、紫外線、及びX線、電子線、α線、β線、γ線のような電離放射線を意味する。

光ラジカル重合開始剤としては、例えば、アセトフェノン、アセトフェノンベンジルケタール、1-ヒドロキシシクロヘキシルフェニルケトン、2,2-ジメトキシー-2-フェ

10

20

30

40

50

ニルアセトフェノン、キサントン、フルオレノン、ベンズアルデヒド、フルオレン、アントラキノ、トリフェニルアミン、カルバゾール、3-メチルアセトフェノン、4-クロロベンゾフェノン、4, 4'-ジメトキシベンゾフェノン、4, 4'-ジアミノベンゾフェノン、ミヒラーケトン、ベンゾインプロピルエーテル、ベンゾインエチルエーテル、ベンジルジメチルケタール、1-(4-イソプロピルフェニル)-2-ヒドロキシ-2-メチルプロパン-1-オン、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン、チオキサントン、ジエチルチオキサントン、2-イソプロピルチオキサントン、2-クロロチオキサントン、2-メチル-1-[4-(メチルチオ)フェニル]-2-モルホリノプロパン-1-オン、2, 4, 6-トリメチルベンゾイルジフェニルフォスフィンオキサイド、ビス(2, 6-ジメトキシベンゾイル)-2, 4, 4-トリメチルペンチルフォスフィンオキシド等が挙げられる。

10

光ラジカル重合開始剤の市販品としては、例えば、Irgacure 184、369、651、500、819、907、784、2959、CGI 1700、CGI 1750、CGI 11850、CG 24-61、Darocur 1116、1173（以上、チバ・スペシャルティ・ケミカルズ社製）、Lucirin TPO、TPO-L（以上、BAS F社製）、ユベクリル P 36（UCB社製）等が挙げられる。

光ラジカル重合開始剤は、1種を単独で、あるいは2種以上を組み合わせ用いられる。

【0031】

本発明の感光性樹脂組成物中の（D）成分の含有率は、好ましくは0.1～10質量%、より好ましくは0.2～5質量%である。該含有率が0.1質量%未満では、硬化が十分に進行せず、光導波路の伝送特性に問題が生じることがある。一方、該含有率が10質量%を超えると、光重合開始剤が長期の伝送特性に悪影響を及ぼす可能性がある。

20

本発明においては、上述の光重合開始剤と共に光増感剤を配合することができる。光増感剤を併用すれば、光等のエネルギー線をより効果的に吸収することができる。

光増感剤としては、例えば、チオキサントン、ジエチルチオキサントン及びチオキサントンの誘導体；アントラキノ、ブロムアントラキノ及びアントラキノの誘導体；アントラセン、ブロムアントラセン及びアントラセン誘導体；ペリレン及びペリレンの誘導体；キサントン、チオキサントン及びチオキサントンの誘導体；クマリン及びケトクマリン等を挙げることができる。光増感剤の種類は、光重合開始剤の種類に応じて選択すればよい。

30

【0032】

本発明の感光性樹脂組成物は、さらに（E）成分として、有機溶媒を含有することが好ましい。有機溶媒を配合することにより、感光性樹脂組成物の保存安定性が向上するとともに、適当な粘度を付与して、均一な厚さを有する光導波路を形成することができる。

有機溶媒の種類は、本発明の目的、効果を損なわない範囲で適宜選択することができるが、大気圧下での沸点が50～200℃の範囲内の値を有し、かつ、各構成成分を均一に溶解させるものが好ましい。具体的には、（A）成分を調製する際に使用する有機溶剤を用いることができる。

有機溶媒の好ましい例としては、アルコール類、エーテル類、エステル類、及びケトン類が挙げられる。有機溶媒の好ましい化合物名としては、プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート、プロピレングリコールモノメチルエーテル、乳酸エチル、ジエチレングリコールジメチルエーテル、メチルイソブチルケトン、メチルアミルケトン、シクロヘキサノン、トルエン、キシレン、及びメタノールからなる群より選択される少なくとも1つの溶剤が挙げられる。

40

有機溶媒の配合量は、前記の（A）～（D）成分の合計量100質量部に対し、好ましくは10～500質量部、より好ましくは20～300質量部、特に好ましくは30～180質量部である。該量が10質量部未満では、感光性樹脂組成物の粘度調整が困難となることがある。該量が500質量部を超えると、十分な厚さを有する光導波路等を形成することが困難なことがある。

50

【0033】

本発明の樹脂組成物には、前記の（A）～（E）以外に必要な応じて、本発明の樹脂組成物の特性を損なわない範囲で、例えば、分子中に1個の重合性反応基を有する化合物や、高分子樹脂（例えば、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、ポリアミド樹脂、ポリアミドイミド樹脂、ポリウレタン樹脂、ポリブタジエン樹脂、ポリクロロブレン樹脂、ポリエーテル樹脂、ポリエステル樹脂、スチレンーブタジエンブロック共重合体、石油樹脂、キシレン樹脂、ケトン樹脂、セルロース樹脂、フッ素系ポリマー、シリコン系ポリマー）等を配合することができる。

さらにまた、必要なに応じて各種添加剤として、例えば酸化防止剤、紫外線吸収剤、光安定剤、シランカップリング剤、塗面改良剤、熱重合禁止剤、レベリング剤、界面活性剤、着色剤、保存安定剤、可塑剤、滑剤、フィラー、無機粒子、老化防止剤、濡れ性改良剤、帯電防止剤等を配合することができる。

ここで酸化防止剤としては、例えばIrganox 1010、1035、1076、1222（以上、チバ・スペシャルティ・ケミカルズ社製）、Antigene P、3C、FR、スミライザー（住友化学工業社製）等が挙げられる。紫外線吸収剤としては、例えばTinuvin P、234、320、326、327、328、329、213（以上、チバ・スペシャルティ・ケミカルズ社製）、Seesorb 102、103、110、501、202、712、704（以上、シプロ化成社製）等が挙げられる。光安定剤としては、例えばTinuvin 292、144、622LD（以上、チバ・スペシャルティ・ケミカルズ社製）、サノールLS770（三共社製）、Sumisorb TM-061（住友化学工業社製）等が挙げられる。シランカップリング剤としては、例えばγ-アミノプロピルトリエトキシシラン、γ-メルカプトプロピルトリメトキシシラン、γ-メタアクリロキシプロピルトリメトキシシラン等が挙げられ、市販品として、SH6062、SZ6030（以上、東レ・ダウコーニング・シリコン社製）、KBE903、603、403（以上、信越化学工業社製）等が挙げられる。塗面改良剤としては、例えばジメチルシロキサンポリエーテル等のシリコン添加剤が挙げられ、市販品としてはDC-57、DC-190（以上、ダウコーニング社製）、SH-28PA、SH-29PA、SH-30PA、SH-190（以上、東レ・ダウコーニング・シリコン社製）、KF351、KF352、KF353、KF354（以上、信越化学工業社製）、L-700、L-7002、L-7500、FK-024-90（以上、日本ユニカー社製）等が挙げられる。

本発明の感光性樹脂組成物を調製するには、常法にしたがって前記の各成分を混合攪拌すればよい。

【0034】

以下、図面を適宜参照しながら、本発明の感光性樹脂組成物を用いて形成した光導波路の一例を説明する。図1は、本発明の光導波路の一例を模式的に示す断面図、図2は、本発明の光導波路の製造方法の一例を示すフロー図である。

[1. 光導波路の構造]

図1中、光導波路24は、フィルム状の光導波路（導波路フィルム）の一部を示すものであり、使用時には基板10上に固着されるべき下部クラッド層12と、この下部クラッド層12の上面に形成された、特定の幅を有するコア部分20と、コア部分20及び下部クラッド層12の上に積層して形成された上部クラッド層22とから構成されている。なお、コア部分20は、光導波路24の外形を形成する下部クラッド層12及び上部クラッド層22の中に埋設されている。

下部クラッド層、コア部分、及び上部クラッド層の厚さは、特に限定されないが、例えば、下部クラッド層の厚さが1～200μm、コア部分の厚さが3～200μm、上部クラッド層の厚さが1～200μmとなるように定められる。コア部分の幅は、特に限定されないが、例えば、1～200μmである。

コア部分の屈折率は、下部クラッド層及び上部クラッド層のいずれの屈折率よりも大きいものであることが必要である。例えば、波長400～1,600nmの光に対して、コ

10

20

30

40

50

ア部分の屈折率が1.420～1.650、下部クラッド層及び上部クラッド層の屈折率が1.400～1.648であり、かつ、コア部分の屈折率が、2つのクラッド層のいずれの屈折率よりも少なくとも0.1%大きな値であることが好ましい。

【0035】

[2. 光導波路の製造方法]

本発明の光導波路24の製造方法は、基板10上に下部クラッド層12を形成する工程と、コア部分20を形成する工程と、上部クラッド層22を形成する工程を含む。これらの3つの工程のうち、少なくとも一つの工程は、上述の感光性樹脂組成物を光照射して硬化物を形成する工程である。

なお、光導波路を構成する下部クラッド層12、コア部分20及び上部クラッド層22の各部を形成するための感光性樹脂組成物は、各々、便宜上、下層用組成物、コア用組成物及び上層用組成物と称する。

(1) 感光性樹脂組成物の調製

下層用組成物、コア用組成物及び上層用組成物の各々の成分組成は、下部クラッド層12、コア部分20及び上部クラッド層22の各部の屈折率の関係が、光導波路に要求される条件を満足するように定められる。具体的には、屈折率の差が適宜の大きさとなるような2種または3種の感光性樹脂組成物を調製し、このうち、最も高い屈折率の硬化膜を与える感光性樹脂組成物をコア用組成物とし、他の感光性樹脂組成物を下層用組成物及び上層用組成物として用いる。

なお、下層用組成物と上層用組成物は、同一の感光性樹脂組成物であることが、経済上及び製造管理上、好ましい。

感光性樹脂組成物の粘度は、好ましくは1～10,000cps(25℃)、より好ましくは5～8,000cps(25℃)、特に好ましくは10～5,000cps(25℃)である。粘度がこの範囲外であると、感光性樹脂組成物の取り扱いが困難になったり、均一な塗膜を形成することが困難なことがある。なお、粘度は、有機溶媒等の配合量を変えることによって、適宜調整することができる。

【0036】

(2) 基板の準備

平坦な表面を有する基板を用意する。この基板の種類としては、特に限定されないが、例えば、シリコン基板やガラス基板等を用いることができる。

(3) 下部クラッド層の形成工程

基板の表面に、下部クラッド層12を形成する工程である。具体的には、図2中の(b)に示すように、基板10の表面に下層用組成物を塗布し、乾燥またはプリベークして下層用薄膜を形成する。この下層用薄膜に光を照射して硬化させ、硬化体である下部クラッド層12を形成する。なお、下部クラッド層12の形成工程においては、薄膜の全面に光を照射し、その全体を硬化することが好ましい。

ここで、下層用組成物の塗布方法としては、スピコート法、ディッピング法、スプレー法、バーコート法、ロールコート法、カーテンコート法、グラビア印刷法、シルクスクリーン法、インクジェット法等のいずれかの方法を用いることができる。このうち、均一な厚さの下層用薄膜が得られることから、スピコート法を採用することが好ましい。

また、下層用組成物のレオロジー特性を塗布方法に応じた適切なものとするために、下層用組成物には、各種レベリング剤、チクソ付与剤、フィラー、有機溶媒、界面活性剤等を必要に応じて配合することが好ましい。

また、下層用組成物からなる下層用薄膜は、塗布後、有機溶剤等を除去する目的で50～200℃の温度でプリベークすることが好ましい。

なお、下部クラッド層の形成工程における塗布方法や、レオロジー特性の改良等は、後述のコア部分の形成工程や、上部クラッド層の形成工程においても同様である。

【0037】

下部クラッド層を形成する際の光の照射量は、特に限定されるものではないが、波長200～450nm、照度1～500mW/cm²の光を、照射量が10～5,000mJ

10

20

30

40

50

／ cm^2 となるように照射して露光することが好ましい。

照射する光の種類としては、可視光、紫外線、赤外線、X線、 α 線、 β 線、 γ 線等を用いることができるが、特に紫外線が好ましい。光の照射装置としては、例えば、高圧水銀ランプ、低圧水銀ランプ、メタルハライドランプ、エキシマランプ等を用いることが好ましい。

また、露光後に、さらに加熱処理（ポストバーク）を行うことが好ましい。この加熱条件は、感光性樹脂組成物の成分組成等により異なるが、通常、 $30 \sim 400^\circ\text{C}$ 、好ましくは $50 \sim 300^\circ\text{C}$ 、より好ましくは $100 \sim 200^\circ\text{C}$ で、例えば5分間～72時間の加熱時間とすればよい。加熱処理（ポストバーク）を行なうことによって、塗膜全面を十分に硬化させることができる。

10

なお、下部クラッド層の形成工程における光の照射量、種類、及び光（紫外線）の照射装置等は、後述するコア部分の形成工程や、上部クラッド層の形成工程においても同様である。

【0038】

（4）コア部分の形成工程

次に、下部クラッド層12上に、図2中の（c）に示すように、コア用組成物を塗布し、乾燥またはプリバークしてコア用薄膜14を形成する。

その後、図2中の（d）に示すように、コア用薄膜14の上面に対して、所定のパターンに従って、例えば所定のラインパターンを有するフォトマスク18を介して光16の照射（露光）を行う。これにより、コア用薄膜14のうち、光が照射された箇所のみが硬化するので、それ以外の未硬化の部分を現像処理して除去することにより、図2中の（e）に示すように、下部クラッド層12上に、パターンニングされた硬化膜からなるコア部分20を形成することができる。

20

【0039】

本工程における現像処理の詳細は、次のとおりである。

現像処理は、所定のパターンに従ってパターン露光し、選択的に硬化させた薄膜に対して、硬化部分と未硬化部分との溶解性の差異を利用して、現像液を用いて未硬化部分のみの除去を行なうものである。つまり、パターン露光後、未硬化部分を除去し、かつ、硬化部分を残存させて、結果的にコア部分を形成させるものである。

現像処理に用いる現像液としては、有機溶媒を用いることができる。有機溶媒の例としては、アセトン、メタノール、エタノール、イソプロピルアルコール、乳酸エチル、プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート、メチルアミルケトン、メチルエチルケトン、シクロヘキサノン、プロピレングリコールモノメチルエーテル等が挙げられる。

30

現像時間は、通常 $30 \sim 600$ 秒間である。現像方法としては、液盛り法、ディッピング法、シャワー現像法等の公知の方法を採用することができる。現像後、そのまま風乾することによって、有機溶媒が除去されて、パターン状の薄膜が形成される。

パターン状の薄膜（パターンニング部）の形成後、このパターンニング部を加熱処理（ポストバーク）する。この加熱条件は、感光性樹脂組成物の成分組成等により異なるが、通常、 $30 \sim 400^\circ\text{C}$ 、好ましくは $50 \sim 300^\circ\text{C}$ 、より好ましくは $100 \sim 200^\circ\text{C}$ の加熱温度で、例えば5分間～10時間の加熱時間とすればよい。加熱処理（ポストバーク）を行なうことによって、塗膜全面を十分に硬化させることができる。

40

【0040】

本工程において、所定のパターンに従って光の照射を行う方法としては、光の透過部と非透過部とからなるフォトマスク18を用いる方法に限られず、例えば、以下に示すa～cの方法のいずれかを採用してもよい。

a. 液晶表示装置と同様の原理を利用して、所定のパターンに従って光透過領域と光不透過領域とからなるマスク像を電気光学的に形成する手段を利用する方法。

b. 多数の光ファイバーを束ねてなる導光部材を用い、この導光部材における所定のパターンに対応する光ファイバーを介して光を照射する方法。

c. レーザー光、あるいはレンズ、ミラー等の集光性光学系により得られる収束性の光を

50

、走査させながら感光性樹脂組成物に照射する方法。

【0041】

(5) 上部クラッド層の形成工程

コア部分20及び下部クラッド層12の表面に、上層用組成物を塗布し、乾燥またはプリベークして上層用薄膜を形成する。この上層用薄膜に対し、光を照射して硬化させると、図2中の(f)に示すように上部クラッド層22が形成される。

次に、上部クラッド層22を加熱処理（ポストベーク）する。

この加熱条件は、感光性樹脂組成物の成分組成等により異なるが、通常、30～400℃、好ましくは50～300℃、より好ましくは100～200℃で、例えば5分間～72時間の加熱時間とすればよい。加熱処理（ポストベーク）を行なうことによって、塗膜全面を十分に硬化させることができる。

(6) 硬化物のフィルム化工程

上記(1)～(4)の工程で作製した硬化物を基板10から剥離させると、フィルム状の光導波路（導波路フィルム）が得られる。

剥離方法としては、例えば、シリコン基板上に作製した光導波路を温水やフッ酸に浸漬させる方法が挙げられる。得られた導波路フィルムは、従来の石英系光導波路と同様の用途のみならず、折り畳み型の携帯電話やノートパソコンのヒンジ部等の可動部を経由した素子間の光伝送通信に好適に使用できる。

【実施例】

【0042】

以下、本発明を実施例により具体的に説明する。

[1. 材料の用意]

(A)～(E)成分として、以下の材料を用意した。

(1) (A)成分

調製例1

ドライアイス／メタノール還流器の付いたフラスコを窒素置換した後、重合開始剤として2, 2'-アゾビスイソブチロニトリル3g、有機溶剤としてプロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート115gを仕込み、重合開始剤が溶解するまで攪拌した。引き続いて、ヒドロキシエチルメタクリレート20g、ジシクロペンタニルアクリレート30g、スチレン25g、及びn-ブチルアクリレート25gを仕込んだ後、緩やかに攪拌を始めた。その後、溶液の温度を80℃に上昇させ、この温度で6時間重合を行った。その後、得られた溶液にジラウリル酸ジ-n-ブチル錫0.13g、2, 6-ジ-tert-ブチル-p-クレゾール0.05gを仕込み、攪拌しながら2-メタクリロキシエチルイソシアネート23.7gを温度が60℃以下に保たれるように滴下した。滴下終了後、60℃で5時間反応させ、側鎖にメタクリル基を有するポリマー溶液を得た。その後、反応生成物を多量のヘキサンに滴下して反応生成物を凝固させた。さらに、この凝固物と同質量のテトラヒドロフランに再溶解し、多量のヘキサンで再度凝固させた。この再溶解－凝固操作を計3回行った後、得られた凝固物を40℃で48時間真空乾燥して、目的とする共重合体A-1を得た。A-1のポリスチレン換算の分子量はGPC分析より、 $M_n = 4,800$ 、 $M_w = 25,500$ であった。

【0043】

調製例2

ドライアイス／メタノール還流器の付いたフラスコを窒素置換した後、重合開始剤として2, 2'-アゾビスイソブチロニトリル3g、有機溶剤として乳酸エチル150gを仕込み、重合開始剤が溶解するまで攪拌した。引き続いて、メタクリル酸20g、ジシクロペンタニルアクリレート30g、スチレン25g、及びn-ブチルアクリレート25gを仕込んだ後、緩やかに攪拌を始めた。その後、溶液の温度を80℃に上昇させ、この温度で6時間重合を行った。その後、得られた溶液に3, 4-エポキシシクロヘキシルメチルアクリレート10.5g、テトラブチルアンモニウムブロマイド0.8g、p-メトキシフェノール0.1gを添加し、80℃で7時間攪拌することで、側鎖にアクリル基を有す

るポリマー溶液を得た。その後、反応生成物を多量のヘキサンに滴下して反応生成物を凝固させた。さらに、この凝固物と同質量のテトラヒドロフランに再溶解し、多量のヘキサンで再度凝固させた。この再溶解－凝固操作を計3回行った後、得られた凝固物を40℃で48時間真空乾燥して、目的とする共重合体A-2を得た。A-2のポリスチレン換算の分子量はGPC分析より、 $M_n = 5,500$ 、 $M_w = 18,000$ であった。

【0044】

調製例3

ドライアイス／メタノール還流器の付いたフラスコを窒素置換した後、重合開始剤として2,2'-アゾビス(2,4-ジメチルバレロニトリル)1.5g、有機溶剤としてプロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート115gを仕込み、重合開始剤が溶解するまで攪拌した。引き続いて、ヒドロキシエチルメタクリレート20g、ジシクロペンタニルアクリレート25g、メチルメタクリレート40g、及びn-ブチルアクリレート15gを仕込んだ後、緩やかに攪拌を始めた。その後、溶液の温度を70℃に上昇させ、この温度で6時間重合を行った。その後、得られた溶液にジラウリル酸ジ-n-ブチル錫0.12g、2,6-ジ-tert-ブチル-p-クレゾール0.05gを仕込み、攪拌しながら2-メタクリロキシエチルイソシアネート23.7gを温度が60℃以下に保たれるように滴下した。滴下終了後、60℃で5時間反応させ、側鎖にメタクリル基を有するポリマー溶液を得た。その後、反応生成物を多量のヘキサンに滴下して反応生成物を凝固させた。さらに、この凝固物と同質量のテトラヒドロフランに再溶解し、多量のヘキサンで再度凝固させた。この再溶解－凝固操作を計3回行った後、得られた凝固物を40℃で48時間真空乾燥して、目的とする共重合体A-3を得た。A-3のポリスチレン換算の分子量はGPC分析より、 $M_n = 6,400$ 、 $M_w = 20,800$ であった。

【0045】

調製例4

ドライアイス／メタノール還流器の付いたフラスコを窒素置換した後、重合開始剤として2,2'-アゾビス(2,4-ジメチルバレロニトリル)1g、有機溶剤として乳酸エチル150gを仕込み、重合開始剤が溶解するまで攪拌した。引き続いて、メタクリル酸20g、ジシクロペンタニルアクリレート25g、メチルメタクリレート35g、及びn-ブチルアクリレート20gを仕込んだ後、緩やかに攪拌を始めた。その後、溶液の温度を70℃に上昇させ、この温度で6時間重合を行った。その後、得られた溶液に3,4-エポキシシクロヘキシルメチルアクリレート31.4g、テトラブチルアンモニウムブロマイド2.2g、p-メトキシフェノール0.1gを添加し、80℃で7時間攪拌することで、側鎖にアクリル基を有するポリマー溶液を得た。その後、反応生成物を多量のヘキサンに滴下して反応生成物を凝固させた。さらに、この凝固物と同質量のテトラヒドロフランに再溶解し、多量のヘキサンで再度凝固させた。この再溶解－凝固操作を計3回行った後、得られた凝固物を40℃で48時間真空乾燥して、目的とする共重合体A-4を得た。A-4のポリスチレン換算の分子量はGPC分析より、 $M_n = 11,000$ 、 $M_w = 35,500$ であった。

共重合体A-1～A-4の製造に用いた前記の原料名及び配合量を、表1に示す。

【0046】

10

20

30

40

【表 1】

	単位: g	A-1	A-2	A-3	A-4
モノマー	ヒドロキシエチルメタクリレート	20		20	
	メタクリル酸		20		20
	ジシクロペンタニルアクリレート	30	30	25	25
	スチレン	25	25		
	n-ブチルアクリレート	25	25	15	20
	メチルメタクリレート			40	35
反応性付与成分	2-メタクリロキシエチルイソシアネート	23.7		23.7	
	3, 4-エポキシシクロヘキシルメチルアクリレート		10.5		31.4

【0047】

(2) (B) 成分

攪拌機を備えた反応容器に、イソホロンジイソシアネート13.6質量部、数平均分子量が2,000のポリプロピレングリコール81.7質量部、2,6-ジ-tert-ブチル-p-クレゾール0.01質量部を仕込み、5～10℃に冷却した。攪拌しながらジラウリル酸ジ-n-ブチル錫0.05質量部を加え、温度が30℃以下に保たれるように調整しながら2時間攪拌した後、50℃まで昇温しさらに2時間攪拌した。続いて、2-ヒドロキシエチルアクリレート4.7質量部（以上の合計量100質量部）を滴下し、滴下終了後、50～70℃で1時間反応させた。残留イソシアネートが0.1質量%以下になった時を反応終了とし、化合物B-1を得た。B-1のポリスチレン換算の分子量はGPC分析より、 $M_n=7,000$ 、 $M_w=13,000$ であった。

(3) (C) 成分

トリメチロールプロパントリアクリレート（0.1MPaにおける沸点：315℃、

10

20

30

40

50

大阪有機化学工業社製)

トリブロモフェノールエトキシアクリレート (融点: 約 50 °C、第一工業製薬社製、
ニューフロンティア BR-31)

テトラフルオロプロピルアクリレート (沸点: 106 °C / 21 kPa、大阪有機化学
工業社製、ビスコート 4F)

(4) (D) 成分

光ラジカル重合開始剤 (商品名「Irgacure 369」、チバ・スペシャルティ
・ケミカルズ社製)

(5) (E) 成分

乳酸エチル

10

プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート

【0048】

[2. 感光性樹脂組成物の調製]

表 2 に示す配合割合で、上述の (A) 成分 (共重合体 A-1 ~ A-4)、及び (B) ~
(E) 成分を均一に混合して、感光性樹脂組成物 J-1 ~ J-8 を得た。

【0049】

【表 2】

単位：質量部		J-1	J-2	J-3	J-4	J-5	J-6	J-7	J-8
		コア部分用			クラッド層用				
成分A	A-1	100	100	100	—	—	—	—	—
	A-2	—	—	—	100	—	—	—	—
	A-3	—	—	—	—	100	100	100	—
	A-4	—	—	—	—	—	—	—	100
成分B	B-1	43	43	—	43	43	43	—	43
成分C	トリメチロールプロパントリア クリレート	43	—	20	71	43	—	30	70
	ニューフロンティアBR-31	—	43	—	—	—	—	—	—
	ビスコート4F	—	—	—	—	—	43	—	—
	Irgacure369	3	3	3	3	3	3	3	3
成分E	乳酸エチル	—	—	—	200	—	—	—	190
	プロピレングリコールモノメチ ルエーテルアセテート	90	90	90	—	95	105	95	—
合計		279	279	213	417	284	294	228	406

【0050】

[3. 光導波路の形成]

[実施例1]

(a) 下部クラッド層の形成

感光性樹脂組成物 J-5 をシリコン基板の表面上に、スピコートで塗布し、ホットプレートを用いて 100℃、10 分間の条件でプリベークした。次いで、感光性樹脂組成物 J-5 からなる塗膜に、波長 365 nm、照度 10 mW/cm² の紫外線を 100 秒間照

10

20

30

40

50

射して、光硬化させた。そして、この硬化膜を 150°C 、1時間の条件でポストバークをすることにより、厚さ $50\text{ }\mu\text{m}$ の下部クラッド層とした。

(b) コア部分の形成

次に、感光性樹脂組成物J-1を下部クラッド層の上にスピンコートで塗膜を形成し、 100°C 、10分間の条件でプリバークした。その後、感光性樹脂組成物J-1からなる厚さ $50\text{ }\mu\text{m}$ の塗膜に、幅 $50\text{ }\mu\text{m}$ のライン状パターンを有するフォトマスクを介して、波長 365 nm 、照度 $10\text{ mW}/\text{cm}^2$ の紫外線を100秒間照射して、塗膜を硬化させた。次いで、硬化させた塗膜を有する基板をアセトンからなる現像液中に浸漬して、塗膜の未露光部を溶解させた。その後、 150°C 、1時間の条件でポストバークを行い、幅 $50\text{ }\mu\text{m}$ のライン状パターンを有するコア部分を形成した。

10

(c) 上部クラッド層の形成

次いで、コア部分を有する下部クラッド層の上面に、感光性樹脂組成物J-5をスピンコートで塗布し、ホットプレートを用いて 100°C 、10分の条件でプリバークした。その後、感光性樹脂組成物J-5からなる塗膜に、波長 365 nm 、照度 $10\text{ mW}/\text{cm}^2$ の紫外線を100秒間照射することにより、厚さ $50\text{ }\mu\text{m}$ の上部クラッド層を形成した。

【0051】

[実施例2～4、比較例1～2]

感光性樹脂組成物を表1のように変えた以外は実施例1と同様にして光導波路を形成した。

【0052】

20

[4. 光導波路の評価]

光導波路(実施例1～4、比較例1～2)を次のようにして評価した。

(1) 光導波路の形状の精度

設計上のコア形状(高さ $50\text{ }\mu\text{m}$ ×ライン幅 $50\text{ }\mu\text{m}$)に対して、実際に形成されたコアの高さ及び幅が共に、 $50\pm5\text{ }\mu\text{m}$ の寸法を有する場合を「○」、それ以外の場合を「×」とした。

(2) 導波路損失

光導波路について、波長 850 nm の光を一端から入射させた。そして、他端から出射する光量を測定することにより、単位長さ当たりの導波路損失をカットバック法により求めた。導波路損失が $0.5\text{ dB}/\text{cm}$ 以下の場合を「○」とし、 $0.5\text{ dB}/\text{cm}$ を超える場合を「×」とした。

30

(3) 屈曲抵抗性

下部クラッド層高さ $20\text{ }\mu\text{m}$ 、コア高さ $50\text{ }\mu\text{m}$ 、コア上部から上部クラッド層表面までの高さ $20\text{ }\mu\text{m}$ で作製された光導波路を基板から剥離し、幅 1 cm 、長さ 10 cm 、厚み $90\text{ }\mu\text{m}$ の導波路フィルムとした。この導波路フィルムを温度 23°C 、湿度 50% の条件下で半径 2 mm の金属棒に巻きつけた時に、クラックまたは破断が発生しない場合を「○」とし、発生する場合を「×」とした。

以上の結果を表3に示す

【0053】

【表 3】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	比較例1	比較例2
[導波路の構造] 下部クラッド層	J-5	J-6	J-6	J-8	J-7	J-7
コア部分	J-1	J-2	J-1	J-4	J-3	J-1
上部クラッド層	J-5	J-6	J-6	J-8	J-7	J-7
[導波路の特性] コア形状の精度	○	○	○	○	○	○
導波路損失	○	○	○	○	○	○
屈曲抵抗性	○	○	○	○	×	×

10

【0054】

表3から、本発明の感光性樹脂組成物を用いて形成してなる光導波路（実施例1～4）は、コア部分の形状の精度が高く、光学特性が良好（導波路損失が小さい）であり、かつ、屈曲抵抗性が優れていることがわかる。一方、本発明に属さない感光性樹脂組成物からなる光導波路（比較例1～2）は、屈曲によってクラックまたは破断が発生し、屈曲抵抗性に劣ることがわかる。

20

【図面の簡単な説明】

【0055】

【図1】本発明の光導波路の一例を模式的に示す断面図である。

【図2】本発明の光導波路の製造方法の一例を示すフロー図である。

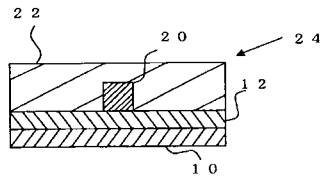
【符号の説明】

【0056】

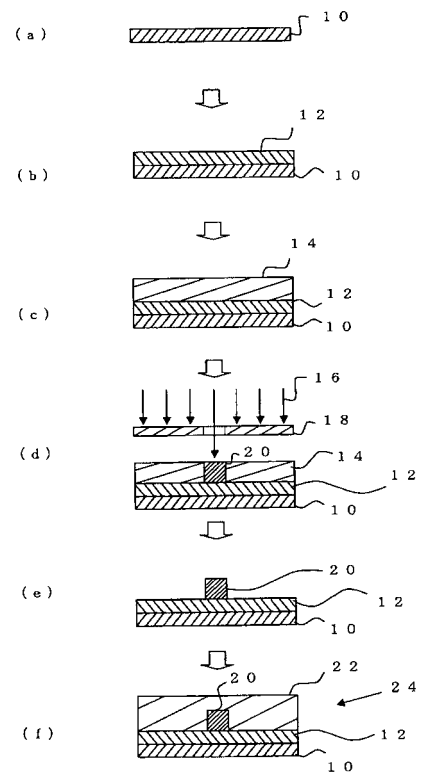
- 10 基板
- 12 下部クラッド層
- 14 コア用薄膜
- 16 照射光
- 18 フォトマスク
- 20 コア部分
- 22 上部クラッド層
- 24 光導波路

30

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平07-237939 (JP, A)
特開平11-011986 (JP, A)
特開2003-160623 (JP, A)
特開2000-198824 (JP, A)
国際公開第2005/081026 (WO, A1)
米国特許第5903399 (US, A)
特開平7-77614 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 6/12
C08F 290/12
C08F 299/06
G02B 6/13