

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5468744号  
(P5468744)

(45) 発行日 平成26年4月9日(2014.4.9)

(24) 登録日 平成26年2月7日(2014.2.7)

(51) Int.Cl. F 1  
**G 0 2 B 6 / 1 3 (2006.01)** G 0 2 B 6 / 1 2 M

請求項の数 5 (全 16 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2008-114314 (P2008-114314)</p> <p>(22) 出願日 平成20年4月24日 (2008.4.24)</p> <p>(65) 公開番号 特開2009-265340 (P2009-265340A)</p> <p>(43) 公開日 平成21年11月12日 (2009.11.12)</p> <p>審査請求日 平成22年12月22日 (2010.12.22)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 000005821                  パナソニック株式会社                  大阪府門真市大字門真1006番地</p> <p>(74) 代理人 100067828                  弁理士 小谷 悦司</p> <p>(74) 代理人 100115381                  弁理士 小谷 昌崇</p> <p>(74) 代理人 100162765                  弁理士 宇佐美 綾</p> <p>(72) 発明者 中芝 徹                  大阪府門真市大字門真1048番地 松下                  電工株式会社内</p> <p>(72) 発明者 橋本 眞治                  大阪府門真市大字門真1048番地 松下                  電工株式会社内</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	---

(54) 【発明の名称】 光導波路の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

下部クラッド層表面に感光性高分子材料からなるコア材料層を形成する工程、前記コア材料層に熱処理を施すことにより該コア材料層の表面が平滑になるように粘度を低下させる工程、及び、前記熱処理されたコア材料層に対してコア部を形成するための所定形状のパターン露光をする工程を含み、

前記熱処理における処理条件が、前記感光性高分子材料の粘度が  $13 \sim 1800 \text{ Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{sec}$  になるような温度で処理する条件であることを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項2】

前記熱処理における処理時間が  $10 \sim 40$  分間である、請求項1に記載の光導波路の製造方法。

【請求項3】

前記感光性高分子材料が、ビスフェノール型エポキシ樹脂と光カチオン硬化剤とを含有する樹脂組成物である請求項1または2に記載の光導波路の製造方法。

【請求項4】

前記感光性高分子材料からなるコア材料層を形成する工程が、前記下部クラッド層が形成された基材の該下部クラッド層表面に、前記感光性高分子材料からなるドライフィルムを貼り合わせる工程である請求項1～3のいずれか1項に記載の光導波路の製造方法。

【請求項5】

前記ドライフィルムが予め保護フィルムで保護されたものであり、該保護フィルムを剥

10

20

がした後に、前記熱処理を施す請求項 4 に記載の光導波路の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光導波路を製造する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、通信インフラの急速な広帯域化やコンピュータ等の情報処理能力の飛躍的な向上に伴い、高速な情報伝送路を有する情報処理回路基材のニーズが高まっている。このような背景のもと、電気信号の伝送速度限界を突破する一つ的手段として、光信号による伝送

10

【0003】

ポリマー光導波路の一般的な工法のひとつとして、下記特許文献 1 または非特許文献 1 に開示されたような感光性の高分子材料をフォトリソグラフィによってパターンニングする工法が知られている。その概略を、以下に説明する。

【0004】

はじめに、クラッド層が形成された基材の表面に感光性の高分子材料からなるフィルム層を形成する。そして、形成された感光性の高分子材料のフィルム層に対して、所望のパターンが形成されたフォトマスクを介して、紫外線等のエネルギー線を照射することによりコア部を形成したい部分を硬化させる。そして、現像することによりコア部を形成する。そして、形成されたコア部はクラッド用の材料でさらに被覆される。

20

【0005】

上記感光性の高分子材料からなるフィルム層の形成は、液状樹脂、または、固体樹脂を溶剤に溶かして作製したワニススピコートやディップコートによって、クラッド層が形成された基材の表面にコーティングし、さらに必要に応じて乾燥する方法や、前記ワニスを一旦ポリエチレンテレフタレート (PET) フィルムのような支持基材表面にコーティングした後、乾燥してドライフィルムを形成し、該ドライフィルムをクラッド層が形成された基材の表面にラミネートする方法等が挙げられる。

30

【特許文献 1】特開 2007 - 084765 号公報

【非特許文献 1】松下電工技報 Vol.54 No.3 「光・電気複合フレキシブルプリント配線板」(2006 年 9 月発行)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記感光性の高分子材料からなるフィルム層を形成する場合、該フィルム層の膜厚が不均一になったり、表層に気泡やボイドが混入しやすいという問題があった。そして、表層に気泡やボイドが混入した状態でコア部を形成したい部分に紫外線等のエネルギー線を照射して硬化させた場合、以下のような問題が生じる。すなわち、膜厚が不均一な場合には、膜厚の不均一さがそのままコア部表面にうねりとして残留し、このうねりが導波光を散乱させて光損失を増大させる問題を引き起こす。また、表層に気泡やボイドが混入したまま露光した場合には、露光時に光が散乱して、マスクされた本来露光させたくない部分にまで、光が到達することにより、余分な部分まで硬化されて正確なコア部の形状が得られなくなるという問題があった。これらの結果として、光損失が増大するという問題があった。

40

【0007】

本発明は上記問題点に鑑み、形成されるコア部の表層部のうねりを低減し、また、表層部の気泡やボイドの混入を低減させることにより、コア部の表層部を平滑化させて、低光損失の光導波路を製造することを目的とする。

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

本発明の光導波路の製造方法は、下部クラッド層表面に感光性高分子材料からなるコア材料層を形成する工程、前記コア材料層に熱処理を施すことにより該コア材料層の表面が平滑になるように粘度を低下させる工程、及び、前記熱処理されたコア材料層に対してコア部を形成するための所定形状のパターン露光をする工程を含むことを特徴とする。本発明の構成によれば、下部クラッド層表面に形成されたコア材料層の所定の部分をフォトリソを介して露光して硬化させる前に、その表層部を熱処理して表面が平滑になるように粘度を低下させる。そして、このような熱処理において、表面のうねりが表面張力により平滑化され、気泡やボイドが消失される。そして、表層部が平滑化されたコア材料層に対して、フォトリソを介して露光することにより、表層が平滑で、また、フォトリソで被覆された所定の領域以外の部分に余計な感光部分が形成されないような、形状安定性に優れたコア部が形成される。その結果、このようなコア部を有する光導波路においては、導波光の損失が抑制される。

10

## 【0009】

前記熱処理における処理条件が、前記感光性高分子材料の粘度が1～50000 Pa・secになるような温度で処理する条件であることが、コア材料層の表層部の粘度が十分に低下することにより、表層の平滑化や気泡やボイドの消失が十分に進行する点から好ましい。

## 【0010】

20

前記感光性高分子材料としては、ビスフェノール型エポキシ樹脂と光カチオン硬化剤とを含有する樹脂組成物であることが、耐熱性の高い導波路が得られるために、プリント基板等と複合化することができる点から好ましい。

## 【0011】

また、前記感光性高分子材料からなるコア材料層を形成する工程が、前記下部クラッド層が形成された基材の該下部クラッド層表面に、前記感光性高分子材料からなるドライフィルムを貼り合わせる工程であることが好ましい。このような工程によれば、コア材料層の形成が容易であるために、工程が簡略化できる点から好ましい。なお、このようなドライフィルムは、通常、貼り合わされる際には、その貼り合せ面ではない面は保護フィルムで保護されているが、この場合には、前記熱処理は保護フィルムを剥がした状態で施すことが好ましい。

30

## 【発明の効果】

## 【0012】

本発明によれば、表層部が平滑化されたコア部が形成される。そして、このようなコア部を形成することにより、導波光の損失が低減された光導波路が得られる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0013】

本発明の光導波路の製造方法は、下部クラッド層表面に感光性高分子材料からなるコア材料層を形成する工程、前記コア材料層に熱処理を施すことにより該コア材料層の表面が平滑になるように粘度を低下させる工程、及び、前記熱処理されたコア材料層に対してコア部を形成するための所定形状のパターン露光をする工程を含むことを特徴とする。上記工程を添付する図面を参照しながら説明する。

40

## 【0014】

図1は本発明に係る製造方法の一実施形態を説明するための工程図である。なお、図1中、1は基材、2は下部クラッド層、3はコア材料層、4はフォトリソ、5は形成されたコア部、6は上部クラッド層である。

## 【0015】

基材1としては、各種有機基材や無機基材が特に限定なく用いられる。有機基材の具体例としては、エポキシ基材、アクリル基材、ポリカーボネート基材、ポリイミド基材等が挙げられ、無機基材としては、シリコン基材やガラス基材等が挙げられる。また、基材上

50

に予め回路が形成されたプリント回路基材のようなものであってもよい。

【0016】

本実施形態の製造方法においては、図1(A)に示すように、はじめに、基材1の表面に下部クラッド層2を形成する。

【0017】

下部クラッド層2の形成方法としては、基材1の表面に、下部クラッド層2を形成するための所定の屈折率を有する硬化性樹脂材料からなる樹脂フィルムを貼り合せた後、硬化させる方法や、下部クラッド層2を形成するための液状の硬化性樹脂材料を塗布した後、硬化させる方法や、硬化性樹脂材料のワニス塗布した後、硬化させる方法等が挙げられる。なお、下部クラッド層2を形成させる際には、密着性を高めるために、予め、基材1の表面をプラズマ処理等を施しておくことが好ましい。

10

【0018】

下部クラッド層2を形成するための硬化性樹脂材料としては、後に形成されるコア部5の材料よりも導波光の伝送波長における屈折率が低くなるようなものが用いられる。その伝送波長における屈折率としては、例えば、1.5~1.55程度のものが挙げられる。

【0019】

硬化性樹脂材料の種類としては、上記のような屈折率を有する、エポキシ系樹脂、アクリル系樹脂、ポリカーボネート系樹脂、ポリイミド系樹脂等が挙げられる。

【0020】

下部クラッド層2の厚みは特に限定されないが、例えば、5~15 $\mu$ m程度であることが好ましい。

20

【0021】

下部クラッド層2を形成するために樹脂フィルムを貼り合せた後、硬化させる具体的な方法としては、例えば、以下のような方法が用いられる。

【0022】

はじめに、基材1表面に硬化性樹脂からなる樹脂フィルムを重ねるように載置した後、加熱プレスにより貼り合わせる、または、基材1表面に硬化性樹脂からなる樹脂フィルムを、透明性の接着剤により貼り合わせる。そして、貼り合せられた樹脂フィルムに光を照射すること、または、加熱することにより硬化させる。

【0023】

また、下部クラッド層2を形成するための、液状の硬化性樹脂材料、または、硬化性樹脂材料のワニス塗布した後、硬化させる具体的な方法としては、例えば、以下のような方法が用いられる。

30

【0024】

はじめに、基材1表面に液状の硬化性樹脂材料または硬化性樹脂材料のワニスを、スピンコート法、バーコート法、又は、ディップコート法等を用いて塗布した後、光を照射すること、または加熱することにより硬化させる。

【0025】

次に、図1(B)に示すように、形成された下部クラッド層2の外表面に、感光性高分子材料からなるコア材料層3を形成する。

40

【0026】

コア材料層3の形成方法としては、下部クラッド層2の外表面に、コア材料層3を形成するための所定の屈折率を有する感光性高分子材料からなる樹脂フィルムを貼り合わせる方法や、コア材料層3を形成するための液状の感光性高分子材料を塗布する方法や、コア材料層3を形成するための感光性高分子材料のワニス塗布した後、乾燥させる方法等が挙げられる。なお、コア材料層3を形成させる際にも、下部クラッド層2の外表面を活性化させて密着性を高めるために、予め、プラズマ処理等を施しておくことが好ましい。

【0027】

ここで、感光性とは光を照射することによって変質する性質を指す。変質とは、硬化、軟化、特定溶剤にたいする溶解性の変化、又は、屈折率の変化等が挙げられる。光は紫外

50

線に代表されるエネルギー線であるがこれに限られるものではない。コア材料層3の材料特性に応じて他波長の光を用いてもよい。

【0028】

感光性高分子材料からなる樹脂フィルムとしては、半硬化状態の感光性高分子材料をポリエチレンテレフタレート(PET)フィルム等に塗布して得られるドライフィルム等が挙げられる。なお、図2に示すように、通常、ドライフィルム20は、保護フィルム21により保護されている。

【0029】

コア材料層3を形成するための感光性高分子材料としては、下部クラッド層2の材料よりも導波光の伝送波長における屈折率が高いものが用いられる。その伝送波長における屈折率としては、例えば、1.55~1.6程度のもものが挙げられる。

10

【0030】

コア材料層3を形成するための感光性高分子材料の種類としては、上記のような屈折率を有する、エポキシ系樹脂、アクリル系樹脂、ポリカーボネート系樹脂、ポリイミド系樹脂等を樹脂成分とする感光性材料が挙げられる。

【0031】

これらの中でも特に、ビスフェノール型エポキシ樹脂と光カチオン硬化剤とを含有する樹脂組成物が、耐熱性の高い導波路が得られるために、プリント基板等と複合化することができる点から好ましい。

【0032】

なお、コア材料層3と下部クラッド層2との接着性の観点から、コア材料層3を形成するための感光性高分子材料は下部クラッド層を形成するための硬化性樹脂材料と同系統のものであることが好ましい。

20

【0033】

コア材料層3の厚みは特に限定されないが、例えば、20~100 $\mu$ m程度であることが好ましい。

【0034】

コア材料層3を形成するために感光性高分子材料からなる樹脂フィルムを貼り合わせる具体的な方法としては、例えば、以下のような方法が用いられる。

【0035】

はじめに、下部クラッド層2の外表面に硬化性樹脂からなる樹脂フィルムを重ねるように載置した後、加熱プレスにより貼り合わせる、または、下部クラッド層2の外表面に硬化性樹脂からなる樹脂フィルムを、透明性の接着剤により貼り合わせる。

30

【0036】

また、コア材料層3を形成するための液状の硬化性樹脂材料、または、硬化性樹脂材料のワニス塗布する方法の具体的な方法としては、例えば、以下のような方法が用いられる。

【0037】

はじめに、下部クラッド層2の外表面に液状の硬化性樹脂材料または硬化性樹脂材料のワニスを、スピンコート法、パーコート法、又は、ディップコート法等を用いて塗布した後、必要に応じて乾燥させる。

40

【0038】

本実施形態の製造方法においては、コア材料層3を選択的に露光して硬化等させる前に、図1(C)に示すように、コア材料層3に熱処理を施すことにより、コア材料層3の表面の凹凸、気泡、ポイド等を消失させて平滑になるように粘度を低下させる工程を備える。このように熱処理してコア材料層3の表層部の粘度を低下させることにより、コア材料層3の表面を平滑化させたり、表層部に存在するポイドや気泡を消失させることができる。

【0039】

熱処理温度は、コア材料層3の表面の凹凸、気泡、ポイド等が消失して平滑になるよう

50

な粘度になる温度であれば特に限定されず、コア材料層3を形成する硬化性樹脂材料の種類によって適宜選択される。また、熱処理温度としては、コア材料層3を形成する感光性高分子材料の粘度をコーンプレート型レオメーター（HAKKE社製のRheo Stress RS75、コーン径20mm、角度2°）を用いて、1Hzにて昇温しながら測定したときに、1~50000Pa・sec、さらには5~10000Pa・secになるような温度で処理することが好ましい。

【0040】

なお、ドライフィルムを用いる場合は、保護フィルムを剥いた状態で熱処理することにより、表面平滑化、脱泡化の効果がより高くなる。なお、コア材料層3の表面を保護フィルムで被覆したまま熱処理する場合には、保護フィルムの耐熱性を考慮して熱処理温度を選択する必要がある。

10

【0041】

また、熱処理時間としては、10~30分間程度であることが上記効果が十分に得られる点から好ましい。

【0042】

なお、熱処理の手段は特に限定されず、所定の温度に設定したオープン中で処理する方法やホットプレートで加熱する等の方法が用いられる。

【0043】

次に、図1(D)に示すように、熱処理されたコア材料層3に対して所定形状のパターン露光を行う。

20

【0044】

露光は、フォトマスクを介して、光硬化性材料を光により変質（硬化等）させうる波長の光を必要な光量で露光する方法であれば、特に限定なく用いられうる。また、フォトマスクをコア材料層3の表面に接触するように載置して露光するコンタクト露光や、外表面に接触しないように所定の間隔を保持した状態で露光する投影型露光等、何れの露光方法を用いてもよい。なお、コンタクト露光法を用いる場合には、フォトマスクへのコア材料の付着を防ぐために、フォトマスクとコア材料層3との間にPETフィルム等からなる離型フィルムを介在させることが好ましい。なお、離型フィルムの厚みとしては、5~15μm程度のものが用いられ、離型フィルムの介在はコアパターンが存在するところを避けるように介在させる。

30

【0045】

なお、露光条件は光硬化性材料の種類に応じて適宜選択されるが、例えば、365nm程度の紫外光を500~2500mJ露光するような条件が選ばれる。

【0046】

そして露光後に、熱による後キュアを行うことも硬化を確実にする点から有効である。後キュアの条件としては、温度80~160程度、時間20分~120分間程度が好ましい。しかしながら特にこの範囲に限られるものではなく、材料によって最適化することが重要であることは言うまでもない。

【0047】

次に、図1(E)に示すように、所定形状のパターンの露光処理が行われたコア材料層に対して、必要に応じて、現像処理を行うことによりコア部5が形成される。なお、感光性高分子材料として、露光された部分の屈折率が変化するような材料を用いる場合には、現像処理を省略してもよい。

40

【0048】

現像処理は、ポジ形の場合には露光されなかった部分、ネガ型の場合には露光された部分を現像液で洗い流すことにより、不要な部分を除去する工程である。

【0049】

現像液としては、例えば、アセトンやイソプロピルアルコール、トルエン、エチレングリコール、または、これらを所定割合で混合させたもの等が挙げられる。さらに、例えば、特開2007-292964号で開示されているような水系の現像液も好ましく用いら

50

れうる。現像方法としてはスプレーにより現像液を噴射する方法や超音波洗浄を利用する方法等が挙げられる。

【 0 0 5 0 】

そして、最後に、図 1 ( F ) に示すように、現像により形成されたコア部 5 を埋設するようにして上部クラッド層 6 を形成する。なお、コア材料層 3 の感光性高分子材料として、露光された部分の屈折率が変化するような材料を用いる場合には、露光されなかった部分が上部クラッド層の機能を果たすために、上部クラッド層 6 の形成を省略してもよい。

【 0 0 5 1 】

上部クラッド層 6 の形成方法としては、コア部 5 を埋設するように、上部クラッド層を形成するための液状の硬化性樹脂材料を塗布した後、光、熱等で硬化させる方法や、硬化性樹脂材料のワニス塗布した後、光、熱等で硬化させる方法や、上部クラッド層を形成するための所定の屈折率を有する硬化性樹脂材料からなる樹脂フィルムを貼り合せた後、光、熱等で硬化させる方法、等が挙げられる。

【 0 0 5 2 】

上部クラッド層 6 を形成するための硬化性樹脂材料としては、コア部 5 の材料よりも導波光の伝送波長における屈折率が低くなるような硬化性樹脂材料であれば特に限定なく用いられ、通常は、下部クラッド層 1 2 を形成した材料と同様の種類の硬化性樹脂材料が用いられる。

【 0 0 5 3 】

また、上部クラッド層 6 の厚みも特に限定されないが、コア部 5 の上に下部クラッド層 2 と同程度の厚みであることが好ましい。なお、屈折率が変化するタイプのコア材料で現像が不要な場合は、下部クラッド層と同等の厚みの上部クラッドをコア層の上に形成するのが好ましい。

【 0 0 5 4 】

このような工程を経て、図 1 ( F ) に示すような光導波路 1 0 が形成される。

【 0 0 5 5 】

形成された光導波路 1 0 はポリマー材料から成るコア部 5 とこれを被覆するクラッド層 ( 下部クラッド層 2 及び上部クラッド層 6 ) によって形成されたものであり、コア部 5 はクラッド層よりも屈折率が高く、内部を伝搬する光を全反射によってコア内に閉じこめるものである。このような光導波路 1 0 は、主としてマルチモード導波路として形成される。コアのサイズは、例えば、2 0 ~ 1 0 0  $\mu\text{m}$  の矩形形状、コア部を含む層の厚みを除いた下部のクラッド層及び上部のクラッド層の厚みはそれぞれ 5 ~ 1 5  $\mu\text{m}$ 、コア部とクラッド層との屈折率差は 0 . 5 ~ 3 % 程度が適当であるがこれに限られるものではない。

【 実施例 】

【 0 0 5 6 】

以下、本発明を実施例を用いて具体的に説明する、なお、本発明の範囲は実施例により何ら限定されるものではない。

【 0 0 5 7 】

はじめに、本実施例でクラッド層またはコア部の形成に用いられる各エポキシフィルムの製造方法について説明する。

【 0 0 5 8 】

[ 製造例 1 : エポキシフィルム A の作製 ]

ポリプロピレングリコールグリシジルエーテル ( 東都化成 ( 株 ) 製 「 P G 2 0 7 」 ) 7 質量部、液状の水添ビスフェノール A 型エポキシ樹脂 ( ジャパンエポキシレジン ( 株 ) 製 「 Y X 8 0 0 0 」 ) 2 5 質量部、固形の水添ビスフェノール A 型エポキシ樹脂 ( ジャパンエポキシレジン ( 株 ) 製 「 Y L 7 1 7 0 」 ) 2 0 質量部、2, 2 - ビス ( ヒドロキシメチル ) - 1 - プタノールの 1, 2 - エポキシ - 4 - ( 2 - オキシラニル ) シクロヘキサン付加物 ( ダイセル化学工業 ( 株 ) 製 「 E H P E 3 1 5 0 」 ) 8 質量部、固形ビスフェノール A 型エポキシ樹脂 ( ジャパンエポキシレジン ( 株 ) 製 「 エピコート 1 0 0 6 F S 」 ) 2 質量部、フェノキシ樹脂 ( 東都化成 ( 株 ) 製 「 Y P 5 0 」 ) 2 0 質量部、光カチオン硬化開

10

20

30

40

50

始剤（（株）アデカ製「SP170」）0.5質量部、及び、熱カチオン硬化開始剤（三新化学工業（株）製「SI-150L」）0.5質量部、表面調整剤（大日本インキ化学工業（株）製「F470」）0.1質量部の各配合成分を、トルエン30質量部、MEK70質量部の混合溶剤に溶解した。そして、得られた溶液を、孔径1 $\mu$ mのメンブランフィルタで濾過した後、減圧脱泡することによりエポキシ樹脂ワニスを調整した。

【0059】

得られたエポキシ樹脂ワニスを厚み50 $\mu$ mのPETフィルムの上にバーコーターで塗工し、80 $^{\circ}$ Cで10分間、一次乾燥し、さらに、120 $^{\circ}$ Cで10分間、二次乾燥することにより、厚み15 $\mu$ mのエポキシフィルムAが得られた。エポキシフィルムAの屈折率は579nmの光に対して1.54であった。そして、エポキシフィルムAの表面は、保護

10

フィルムとして、35 $\mu$ mの2軸延伸ポリプロピレン（OPP）フィルムで被覆された。

【0060】

[製造例2：エポキシフィルムBの作製]

液状ビスフェノールA型エポキシ樹脂（大日本インキ化学工業（株）製「エピクロン850S」）42質量部、固形ビスフェノールA型エポキシ樹脂（ジャパンエポキシレジン（株）製「エピコート1006FS」）55質量部、フェノキシ樹脂（東都化成（株）製「YP50」）3質量部、光カチオン硬化開始剤（（株）アデカ製「SP170」）1質量部、表面調整剤（大日本インキ化学工業（株）製「F470」）0.1質量部の各配合成分を、トルエン24質量部とMEK56質量部との混合溶剤に溶解した。そして、得られた溶液を、孔径1 $\mu$ mのメンブランフィルタで濾過した後、減圧脱泡することにより、

20

エポキシ樹脂ワニスを調整した。

【0061】

得られたエポキシ樹脂ワニスを製造例1と同様にしてフィルム化することにより、膜厚40 $\mu$ mのエポキシフィルムBが得られた。エポキシフィルムBの屈折率は579nmの光に対して1.59であった。そして、エポキシフィルムBの表面は、保護フィルムとして、35 $\mu$ mのOPPフィルムで被覆された。

【0062】

[製造例3：エポキシフィルムCの作製]

厚み15 $\mu$ mの代わりに、厚みを55 $\mu$ mに形成した以外は製造例1と同様にして、エポキシフィルムCを作製した。エポキシフィルムCの屈折率は579nmの光に対して1

30

54であった。そして、エポキシフィルムCの表面は、保護フィルムとして、35 $\mu$ mのOPPフィルムで被覆された。

【0063】

[実施例1]

ポリカーボネート基材の表面に、OPPフィルムを剥離したエポキシフィルムAを積層した。そして、得られた積層体を60 $^{\circ}$ C、0.2MPa、120秒間の条件で熱プレスすることによってラミネートした。そして、超高压水銀ランプ用いて365nmの波長の紫外光を2000mJを照射することによりエポキシフィルムAを硬化させた。そして、エポキシフィルムA表面のPETフィルムを剥離することにより、ポリカーボネート基材表面に下部クラッド層を形成した。

40

【0064】

次に、形成された下部クラッド層の表面にOPPフィルムを剥離したエポキシフィルムBを重ね、60 $^{\circ}$ C、0.2MPa、120秒間の条件で熱プレスすることによってラミネートした。

【0065】

そして、ラミネートされたエポキシフィルムBの表面を被覆しているPETフィルムを剥離した後、100 $^{\circ}$ Cに設定したオープン中で、20分間の熱処理を施すことにより、エポキシフィルムBの表面を溶融させた。そして、オープンから取り出して冷却した。

【0066】

次に、熱処理されたエポキシフィルムBの表面に、250 $\mu$ m間隔で幅40 $\mu$ m、長さ

50

110mmのスリットが20本設けられたフォトマスクを密着させてマスキングした。そして、フォトマスクを介して、超高圧水銀ランプを用いて、平行光に調整された波長365nmの紫外光を2000mJ照射することにより、エポキシフィルムBのスリットに対応する部分を硬化させた。そして、現像液として花王(株)製「クリーンスルー」(フロン代替の水系洗浄剤)を用いて現像することにより、コア部を形成した。

【0067】

形成されたコア部の側面を走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて観察した。そのときのSEM写真を図3Aに示す。

【0068】

次に、形成されたコア部の表面にOPPフィルムを剥離したエポキシフィルムCを積層し、80、0.2MPa、120秒の条件で熱プレスすることによってラミネートした。そして、超高圧水銀ランプを用いて、波長365nmの紫外光を2000mJ照射することによりエポキシフィルムCを硬化させた。そして、エポキシフィルムCの表面のPETフィルムを剥離することにより上部クラッド層が形成され、光導波路が得られた。得られた光導波路は以下の方法により評価された。

【0069】

[評価方法]

(導波損失)

図4に示すように構成されたユニットを用いて評価した。図4中、40は850nmの光を出射するLED光源、41はLED光源40に結合されたシングルモードファイバ、42は光導波路、43はプラスチッククラディングファイバ(PCF)、44はパワーメータ、45は屈折率整合剤である。

【0070】

はじめに、得られた光導波路サンプルの両端を端面研磨し、100mm長の光導波路42とした。そして、図4に示すように構成されたユニットのLED光源40から850nmの光を入射させ、シングルモードファイバ41を介して光導波路42に入射させた。光導波路42からの出射光をPCF43を介してパワーメータ44に入射させ、パワーメータ44により光量を測定した。そして、20本のコア部に対する導波損失の平均を求めたところ、0.15dB/cmであった。

【0071】

(粘度測定)

熱処理温度におけるエポキシフィルムBの粘度をコーンプレート型レオメータ(HAKKE社製のRheoStress RS75、コーン径20mm、角度2°)を用いて、1Hzにて昇温しながら測定した。

【0072】

(平滑性等)

形成されたコア部の側面をSEMを用いて1000倍に拡大して観察し、長手方向に均等に10点撮影したときの状態を、図3Aで示すSEM写真を限度見本をして以下の基準で判定した。

A: 図3A相当以上の平滑な外観を有するものが8割以上。

B: 図3A相当以上の平滑な外観を有するものが3割以上8割未満。

C: 図3A相当の平滑な外観を有するものが3割未満。

【0073】

上記評価の結果を下記表1にまとめて示す。

【0074】

[比較例1]

ラミネートされたエポキシフィルムBに熱処理を施さなかった以外は実施例1と同様にして光導波路を形成した。そして、実施例1と同様にして評価した。評価結果を下記表1にまとめて示す。また、形成されたコア部の側面を走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて観察した。そのときのSEM写真を図3Bに示す。得られた光導波路の導波損失は0.3

10

20

30

40

50

0 dB / cmであった。

【 0 0 7 5 】

コア材料層を熱処理することにより得られた実施例 1 の光導波路の導波損失は 0 . 1 5 dB / cm であり、コア材料層を熱処理しなかった比較例 1 の光導波路の導波損失 0 . 3 0 dB / cm の半分程度の損失になっていた。また、図 3 B に示した比較例 1 の光導波路のコア部の SEM 写真には、気泡やポイド、厚み方向の多数のスジ状の凸部が認められるのに対し、図 3 A に示した実施例 1 の光導波路のコア部の SEM 写真には凸部や気泡が認められず、平滑な表面を有していた。

【 0 0 7 6 】

[ 実施例 2 ~ 1 7 ]

表 1 及び表 2 に示すように熱処理条件を変えた以外は実施例 1 と同様にして光導波路を製造し、評価した。結果を表 1 及び表 2 に示す。

【 0 0 7 7 】

【表 1】

実施例番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	比較例 1
熱処理温度(°C)	100	50	60	70	90	110	120	140	150	-
熱処理時間(分)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	-
粘度(Pa·sec)	32	50000	10000	1800	120	13	5	1	0.5	-
平滑性	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C
導波損失[dB/cm]	0.15	0.19	0.16	0.14	0.15	0.15	0.16	0.19	0.18	0.3

10

20

30

40

【0078】

【表 2】

実施例番号	10	11	12	13	14	15	16	17
熱処理温度(°C)	100	100	100	100	100	100	100	100
熱処理時間(分)	5	10	15	20	25	30	35	40
粘度(Pa·sec)	32	32	32	32	32	32	32	32
平滑性	B	A	A	A	A	A	A	A
導波損失[dB/cm]	0.28	0.18	0.15	0.14	0.15	0.15	0.15	0.14

【0079】

50

処理時間を20分間に固定して、熱処理温度を50～150の範囲で偏向した実施例1～9の結果から、エポキシ樹脂Bの粘度が1～50000Pa・secのときには熱処理しなかった比較例1の結果に比べて、平滑性が向上し、また、導波損失も低かった。また、特に、60～120で熱処理したとき、すなわち、エポキシ樹脂Bの粘度が5～10000Pa・secのときには、特に、導波損失が低かった。

【0080】

[実施例18]

ラミネートされたエポキシフィルムBの表面を被覆しているPETフィルムを剥離してから熱処理を施す代わりに、PETフィルムで被覆したままで100、20分間の熱処理を行い、室温まで戻した後、材料表面を覆っているPETフィルムを剥離した以外は、実施例1と同様にして光導波路を製造し、評価した。得られた光導波路の導波損失は0.23dB/cmであった。また、平滑性は「B」であった。

10

【0081】

[実施例19]

ポリカーボネート基材の表面に、液状の紫外線硬化型エポキシ樹脂(米EMI社製「OC3515」、579nmの光に対する屈折率1.50)を滴下し、300rpmで10秒間、700rpmで60秒間スピコートすることにより塗布した。そして、超高圧水銀ランプにより、波長365nmの紫外光を2500mJ照射することにより前記エポキシ樹脂を硬化させることにより、厚み10μmの下部クラッド層を形成した。

【0082】

20

次に、形成された下部クラッド層の表面に、液状の紫外線硬化型エポキシ樹脂(米EMI社製「OC3553」、579nmの光に対する屈折率1.52)を滴下し、1400rpmで30秒間スピコートして塗布することにより、厚み40μmのコア材料層を形成した。そして、オープン中で、60、20分間の熱処理を施すことにより、コア材料層の粘度を低下させた。紫外線硬化型エポキシ樹脂「OC3553」の60における粘度を測定したところ、約1Pa・secであった。

【0083】

次に、熱処理されたコア材料層の表面に、250μm間隔で幅40μm、長さ110mmのスリットが20本設けられたフォトマスクを密着させてマスクングした。そして、フォトマスクを介して、超高圧水銀ランプを用いて、平行光に調整された波長365nmの紫外光を2000mJ照射することにより、コア材料層のスリットに対応する部分を硬化させた。そして、花王(株)製「クリーンスルー」を用いて現像することによって、コア部を形成した。

30

【0084】

最後に、コア材料層全体を被覆するように、700rpm、30秒間の条件で紫外線硬化エポキシ樹脂「OC3515」をスピコートし、超高圧水銀ランプにより、波長365nmの紫外光を2500mJ照射することにより硬化させ、厚み10μmの上部クラッド層を形成して光導波路が得られた。得られた光導波路を実施例1と同様にして評価した。結果を表3に示す。

【0085】

40

[比較例2]

熱処理を施さなかった以外は、実施例19と同様にして光導波路を得、評価した。結果を表3に示す。

【0086】

【表 3】

実施例番号	19	比較例2
熱処理温度(°C)	60	-
熱処理時間(分)	20	-
粘度(Pa·sec)	1	-
平滑性	A	C
導波損失[dB/cm]	0.2	0.35

## 【0087】

実施例19においては、コア材料層の粘度が1 Pa・secになるような温度条件で熱処理することにより、表面の気泡やボイドが消失し、表面が平滑になった。その結果、熱処理しなかった比較例2の場合に比べて、導波損失が大幅に低減された。

10

## 【図面の簡単な説明】

## 【0088】

【図1】図1は、本発明に係る光導波路の製造方法の一実施形態を説明するための工程図である。

【図2】図2は、ドライフィルムの構成を説明する模式図である。

【図3A】図3Aは実施例1において得られた光導波路のコア部の側面をSEMを用いて観察したときのSEM写真である。

【図3B】図3Bは比較例1において得られた光導波路のコア部の側面をSEMを用いて観察したときのSEM写真である。

20

【図4】図4は、実施例の導波損失評価に用いたユニット構成の説明図である。

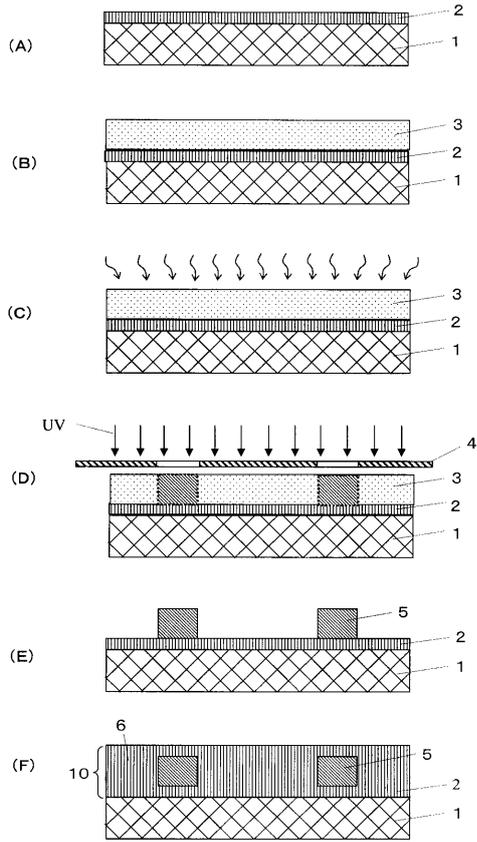
## 【符号の説明】

## 【0089】

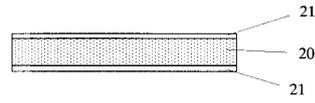
- 1 基材
- 2 下部クラッド層
- 3 コア材料層
- 4 フォトマスク
- 5 コア部
- 6 上部クラッド層
- 10 光導波路
- 20 ドライフィルム
- 21 保護フィルム
- 40 LED光源
- 41 シングルモードファイバ
- 42 光導波路
- 43 プラスチッククラディングファイバ
- 44 パワーメータ
- 45 屈折率整合剤

30

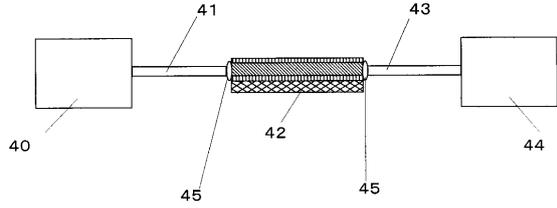
【 図 1 】



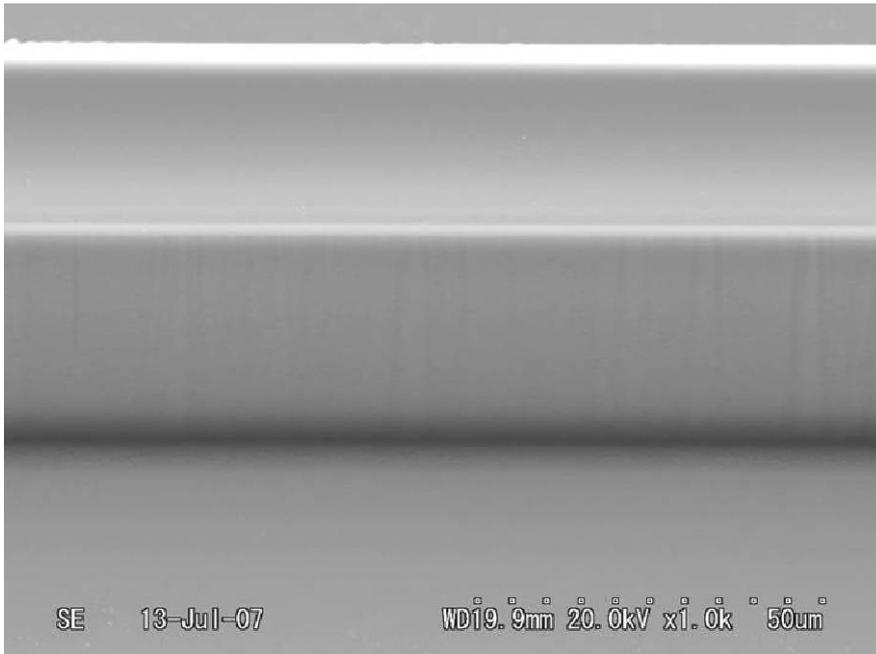
【 図 2 】



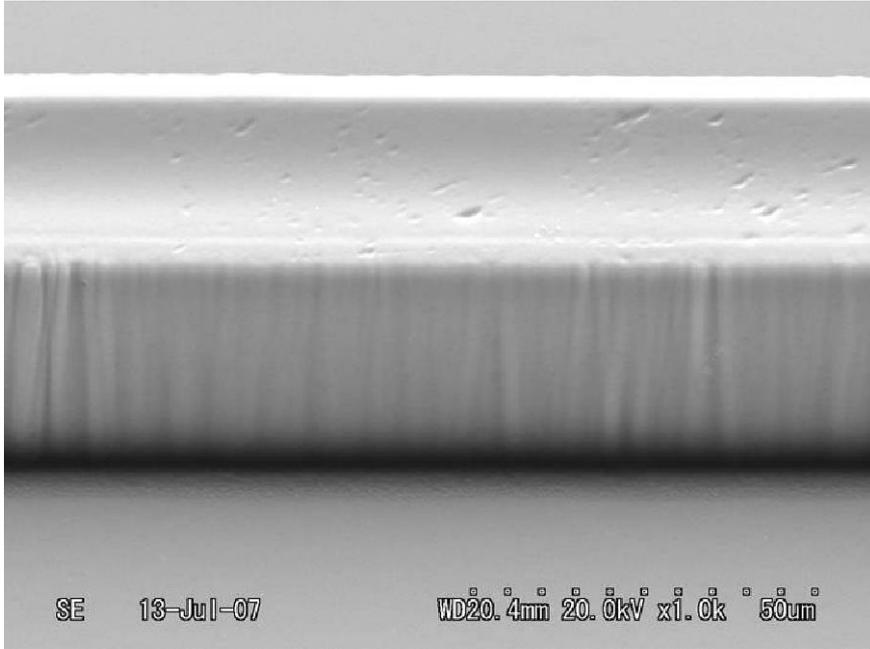
【 図 4 】



【 図 3 A 】



【 3 B 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 近藤 直幸  
大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内

審査官 高 芳徳

(56)参考文献 特開2000-356720(JP,A)  
特開2001-296440(JP,A)  
国際公開第2008/035658(WO,A1)  
国際公開第02/054117(WO,A1)  
国際公開第2005/080458(WO,A1)  
Chung-Yen Chao et al., Applied Physics Letters, 2004年 4月 5日, Vol.84, No.14  
, p.2479-2481  
Chung-Yen Chao et al., IEEE Photonics Technology Letters, 2004年 6月, Vol.16, No  
.6, p.1498-1500

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G02B 6/12 - 6/43