

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4453335号  
(P4453335)

(45) 発行日 平成22年4月21日(2010.4.21)

(24) 登録日 平成22年2月12日(2010.2.12)

(51) Int. Cl.		F 1			
<b>GO2B</b>	<b>6/13</b>	<b>(2006.01)</b>	GO2B	6/12	M
<b>GO2B</b>	<b>6/12</b>	<b>(2006.01)</b>	GO2B	6/12	N

請求項の数 18 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2003-361577 (P2003-361577)	(73) 特許権者	000005496
(22) 出願日	平成15年10月22日(2003.10.22)		富士ゼロックス株式会社
(65) 公開番号	特開2005-128126 (P2005-128126A)		東京都港区赤坂九丁目7番3号
(43) 公開日	平成17年5月19日(2005.5.19)	(74) 代理人	100079049
審査請求日	平成18年9月21日(2006.9.21)		弁理士 中島 淳
		(74) 代理人	100084995
			弁理士 加藤 和詳
		(74) 代理人	100085279
			弁理士 西元 勝一
		(74) 代理人	100099025
			弁理士 福田 浩志
		(72) 発明者	大津 茂実
			神奈川県足柄上郡中井町境430グリーン
			テクなかい 富士ゼロックス株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光回路パターン及び高分子光導波路の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

撥水性及び撥油性を有し150nm以上220nm以下の光により分解する第1の高分子材料の層のパターン形成領域に、フォトリソグラフィを介して150nm以上220nm以下のXeエキシマランプ光を照射して照射領域の前記第1の高分子材料を分解除去することによりパターン状凹部を形成する工程、前記凹部に前記第1の高分子材料より屈折率の高い樹脂材料を充填する工程を有し、

前記樹脂材料を充填する工程は、前記パターン状凹部が形成された前記第1の高分子材料の層を前記樹脂材料の中に浸漬する工程又は前記パターン状凹部が形成された前記第1の高分子材料の層に前記樹脂材料を塗布する工程である、光回路パターンの製造方法。

10

【請求項2】

前記第1の高分子材料の層がクラッド層であり、前記樹脂材料が充填された凹部がコアであり、かつ光回路パターンが高分子光導波路であることを特徴とする請求項1に記載の光回路パターンの製造方法。

【請求項3】

前記第1の高分子材料が、C-F結合含有高分子材料であることを特徴とする請求項1に記載の光回路パターンの製造方法。

【請求項4】

前記C-F結合含有高分子材料が、更にC-H結合、C-C結合及びC-O単結合からなる群から選ばれる結合の1つ又は2つ以上を有し、かつC=O結合を持たないことを特

20

徴とする請求項 3 に記載の光回路パターンの製造方法。

【請求項 5】

前記第 1 の高分子材料の層が基材の上に設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の光回路パターンの製造方法。

【請求項 6】

前記基材の表面粗さが  $0.1 \mu\text{m}$  以下であることを特徴とする請求項 5 に記載の光回路パターンの製造方法。

【請求項 7】

前記基材が、 $\text{C}=\text{O}$  結合を有しかつ波長が  $150 \text{ nm}$  以上  $220 \text{ nm}$  以下の光で分解しないフィルムであることを特徴とする請求項 5 に記載の光回路パターンの製造方法。

10

【請求項 8】

前記フィルムの屈折率が  $1.55$  以下であることを特徴とする請求項 7 に記載の光回路パターンの製造方法。

【請求項 9】

前記フィルムが脂環式オレフィン樹脂フィルムであることを特徴とする請求項 8 に記載の光回路パターンの製造方法。

【請求項 10】

前記脂環式オレフィン樹脂フィルムが主鎖にノルボルネン構造を有しかつ側鎖に極性基をもつ樹脂フィルムであることを特徴とする請求項 9 に記載の光回路パターンの製造方法。

20

【請求項 11】

前記樹脂材料が、紫外線硬化性樹脂又は熱硬化性樹脂であることを特徴とする請求項 1 に記載の光回路パターンの製造方法。

【請求項 12】

前記充填工程の後、前記第 1 の高分子材料の層の前記パターン状凹部が形成された面に前記第 1 の高分子材料の層と同じ屈折率を有する第 2 の高分子材料層を設けることを特徴とする請求項 1 に記載の光回路パターンの製造方法。

【請求項 13】

前記第 2 の高分子材料層を設ける前に、前記第 1 の高分子材料の層の前記パターン状凹部が形成された面に  $150 \text{ nm}$  以上  $220 \text{ nm}$  以下の光による照射処理を行うことを特徴とする請求項 12 に記載の光回路パターンの製造方法。

30

【請求項 14】

前記第 2 の高分子材料層の高分子材料が撥水性及び撥油性を有し  $150 \text{ nm}$  以上  $220 \text{ nm}$  以下の光により分解する高分子材料であることを特徴とする請求項 12 に記載の光回路パターンの製造方法。

【請求項 15】

前記第 2 の高分子材料層がフィルムであり、該フィルムが接着剤により前記第 1 の高分子材料の層の前記パターン状凹部が形成された面に貼り合わされることを特徴とする請求項 12 に記載の光回路パターンの製造方法。

【請求項 16】

基材に撥水性及び撥油性を有し  $150 \text{ nm}$  以上  $220 \text{ nm}$  以下の光により分解するクラッド形成用高分子材料の層を含むクラッド層を形成する工程、前記クラッド層のコアパターン形成領域に、フォトマスクを介して  $150 \text{ nm}$  以上  $220 \text{ nm}$  以下の Xe エキシマランプ光を照射して照射領域の高分子材料を分解除去することによりコアパターン凹部を形成する工程、前記凹部にコア形成用樹脂材料を充填してコアを形成する工程、を有し、前記コア形成用樹脂材料を充填する工程は、前記コアパターン凹部が形成された前記クラッド形成用高分子材料の層を前記コア形成用樹脂材料の中に浸漬する工程又は前記コアパターン凹部が形成された前記クラッド形成用高分子材料の層に前記コア形成用樹脂材料を塗布する工程である、高分子光導波路の製造方法。

40

【請求項 17】

50

コア形成面に更に上部クラッド層を形成することを特徴とする請求項 1 6 に記載の高分子光導波路の製造方法。

【請求項 1 8】

前記上部クラッド層を形成する工程の後、作製された高分子導波路の端部を切断することにより光学的な鏡面を持つコア面を形成する工程を行うことを特徴とする請求項 1 7 に記載の高分子光導波路の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、光回路パターン、特に高分子光導波路の製造方法に関する。

10

【背景技術】

【0 0 0 2】

光回路パターン、例えば高分子導波路の製造方法としては、(1) フィルムにモノマーを含浸させてコア部を選択的に露光して屈折率を変化させフィルムを貼り合わせる方法(選択重合法)、(2) コア層及びクラッド層を塗布後、反応性イオンエッチングを用いてコア部を形成する方法(RIE法)、(3) 高分子材料中に感光性の材料を添加した紫外線硬化樹脂を用いて、露光・現像するフォトリソグラフィ法を用いる方法(直接露光法)、(4) 射出成形を利用する方法、(5) コア層及びクラッド層を塗布後、コア部を露光してコア部の屈折率を変化させる方法(フォトリソグラフィ法)等が提案されている。

しかし、(1)の選択重合法はフィルムの貼り合わせに問題があり、(2)や(3)の方法は、フォトリソグラフィ法を使うためコスト高になり、(4)の方法は、得られるコア径の精度に課題がある。また、(5)の方法はコア層とクラッド層との屈折率差を自由に設計できないという課題がある。

20

現在、性能的に優れた実用的な方法は、(2)や(3)の方法だけであるが前記のごときコストの問題がある。そして(1)ないし(5)のいずれの方法も、大面積でフレキシブルなプラスチック基材に高分子導波路を形成するのに適用しうるものではない。

【0 0 0 3】

また、高分子光導波路を製造する方法として、キャピラリーとなる溝のパターンが形成されたパターン基板(クラッド)にコア用のポリマー前駆体材料を充填し、その後硬化させてコア層を作り、その上に平面基板(クラッド)を貼り合わせる方法が知られているが、この方法ではキャピラリー溝にだけでなく、パターン基板と平面基板の間にも全面的にポリマー前駆体材料が薄く充填され硬化されて、コア層と同じ組成の薄い層が形成される結果、この薄い層を通して光が漏洩してしまうという課題があった。

30

【0 0 0 4】

また、これまでのところ一般的な手法として確立されてはいないが、印刷を利用して導波路を形成するという方法が考案されている。例えば、以下の特許文献1では、インクジェット法を利用して導波路を形成する方法が、また、以下の特許文献2では、酸化チタンの親水性を用いて印刷法で導波路を形成する方法が考案されている。しかし、いずれの方法も導波路の断面形状が不十分で実用には適していない。

【0 0 0 5】

40

ところで、最近、IC技術やLSI技術において、動作速度や集積度向上のために、高密度に電気配線を行なう代わりに、機器装置間、機器装置内のボード間、チップ内において光配線を行なうことが注目されている。

光配線のための素子として、例えば、以下の特許文献3には、コアとコアを包囲するクラッドを有する高分子光導波路の、コア・クラッド積層方向に発光素子および受光素子を備え、さらに発光素子からの光をコアに入射させるための入射側ミラーとコアからの光を受光素子に射出させるための射出側ミラーを有する光学素子であって、発光素子から入射側ミラーおよび射出側ミラーから受光素子に至る光路に相当する箇所において、クラッド層を凹状に形成し、発光素子からの光および射出側ミラーからの光を収束させた光学素子が記載されている。また、以下の特許文献4には、コアとコアを包囲するクラッドを有す

50

る高分子光導波路のコア端面に発光素子からの光を入射させる光学素子において、コアの光入射端面を発光素子に向かって凸面となるように形成し、発光素子からの光を収束させて導波損失を抑えた光学素子が記載されている。

さらに、以下の特許文献5には、電子素子と光素子とを集積化した光電融合回路基板の上に高分子光導波路回路が直接組み立てられた光電子集積回路が記載されている。

【0006】

ところで、前記光配線において前記のごとき素子を曲げたりして、装置内に組み込むことができれば、光配線の組み立てを考える際の自由度を大きくすることが可能になり、その結果ICやLSIの集積度を高めることになる。

しかしながら、前記光学素子及び光電子集積回路は、いずれも可撓性（フレキシビリティ）がないため、これらを曲げるなどして装置内に組み込むことは不可能である。また、前記光学素子及び光電子集積回路は、コアの端面を凸状に形成したりミラーを併用する必要があり、複雑な構造を採用せざるを得ないものとなっている。前記のようにコア端面を凸状にしたり、レンズを用いて集光したりすることが必要な理由は、前記光学素子等に用いられている発光素子としての半導体レーザー素子は発熱が大きく、これを単に高分子光導波路に密着させて使用すると熱が逃げなくなり動作不良の原因となるので、高分子光導波路部分と発光素子との間にギャップを設けて熱を逃がしてやる必要がある一方、半導体レーザーのスポットには広がり角が存在（したがって、前記ギャップが大きくなるに従い、光が広がり光導波路に光を閉じこめることが困難になる）するからである。

さらに、前記光学素子及び光電子集積回路はいずれも高分子光導波路を含んでいるが、いずれも、フォトリソグラフィ法を利用して作製しており、工程が複雑であり廃液等の問題もあり環境に対する負荷も大きい。

【0007】

このように、可撓性を有する高分子光導波路シート自体これまで全く提供されていないことに加えて、この可撓性を損なわないように、高分子光導波路シートの端面に発光素子を接続して光配線に用いる光学素子とするという考え方は全く提起されていない。

【0008】

ところで、非晶質のフッ素樹脂を用いて高分子光導波路を用いることが知られているが、フッ素樹脂は加工性に乏しいため、通常、RIE法によって光導波路が形成されている（以下の非特許文献1及び非特許文献2を参照）。RIE法は優れた微細加工技術であるが高価な方法であるため、低コストで高分子光導波路を作製することはできない。

一方、フッ素樹脂の表面をエキシマ光で処理することにより有機物を分解して清浄表面にしたり、表面の親水性・接着性の改善を図ることが知られている（以下の非特許文献3を参照）。しかし、エキシマ光を用いてフッ素樹脂に凹部パターンを形成することなど考えられておらず、またこれよりさらに一歩進んで、フッ素樹脂層にエキシマ光を照射して凹部を形成し、この凹部にコア形成用樹脂を充填して高分子光導波路を作製するという考え方はこれまで全く知られていない。

【特許文献1】特開2002-14250号公報

【特許文献2】特開2003-121674号公報

【特許文献3】特開2000-39530号公報

【特許文献4】特開2000-39531号公報

【特許文献5】特開2000-235127号公報

【非特許文献1】OFC 2003, PD34, Aydin Yeniay, et. al, "Ultra Low Loss Polymer Waveguide"

【非特許文献2】Proceeding of the 12th International Conference on POF, p187-p190, (2003)

【非特許文献3】電学論C, 116巻12号、p1317, p1319, 1996

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明は前記のごとき状況においてなされたものであり、その目的は、非常に簡易な方法でかつ低コストで高分子光導波路をはじめとする光回路パターンを製造する方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

前記課題は、以下の光回路パターン及び高分子光導波路の製造方法を提供することにより解決される。

(1) 撥水性及び撥油性を有し150nm以上220nm以下の光により分解する第1の高分子材料の層のパターン形成領域に、フォトリソグラフィを介して150nm以上220nm以下のXeエキシマランプ光を照射して照射領域の前記第1の高分子材料を分解除去することによりパターン状凹部を形成する工程、前記凹部に前記第1の高分子材料より屈折率の高い樹脂材料を充填する工程を有し、

前記樹脂材料を充填する工程は、前記パターン状凹部が形成された前記第1の高分子材料の層を前記樹脂材料の中に浸漬する工程又は前記パターン状凹部が形成された前記第1の高分子材料の層に前記樹脂材料を塗布する工程である、光回路パターンの製造方法。

(2) 前記第1の高分子材料の層がクラッド層であり、前記樹脂材料が充填された凹部がコアであり、かつ光回路パターンが高分子光導波路であることを特徴とする前記(1)に記載の光回路パターンの製造方法。

【0011】

(3) 前記第1の高分子材料が、C-F結合含有高分子材料であることを特徴とする前記(1)に記載の光回路パターンの製造方法。

(4) 前記C-F結合含有高分子材料が、更にC-H結合、C-C結合及びC-O単結合からなる群から選ばれる結合の1つ又は2つ以上を有し、かつC=O結合を持たないことを特徴とする(3)に記載の光回路パターンの製造方法。

【0012】

(5) 前記第1の高分子材料の層が基材の上に設けられていることを特徴とする前記(1)に記載の光回路パターンの製造方法。

(6) 前記基材の表面粗さが0.1µm以下であることを特徴とする前記(5)に記載の光回路パターンの製造方法。

(7) 前記基材が、C=O結合を有しかつ波長が150nm以上220nm以下の光で分解しないフィルムであることを特徴とする前記(5)に記載の光回路パターンの製造方法。

(8) 前記フィルムの屈折率が1.55以下であることを特徴とする前記(7)に記載の光回路パターンの製造方法。

(9) 前記フィルムが脂環式オレフィン樹脂フィルムであることを特徴とする前記(8)に記載の光回路パターンの製造方法。

(10) 前記脂環式オレフィン樹脂フィルムが主鎖にノルボルネン構造を有しかつ側鎖に極性基をもつ樹脂フィルムであることを特徴とする前記(9)に記載の光回路パターンの製造方法。

【0013】

(11) 前記樹脂材料が、紫外線硬化性樹脂又は熱硬化性樹脂であることを特徴とする前記(1)に記載の光回路パターンの製造方法。

【0014】

(12) 前記充填工程の後、前記第1の高分子材料の層の前記パターン状凹部が形成された面に前記第1の高分子材料の層と同じ屈折率を有する高分子材料層を設けることを特徴とする前記(1)に記載の光回路パターンの製造方法。

(13) 前記高分子材料層を設ける前に、前記第1の高分子材料の層の前記パターン状凹部が形成された面に150nm以上220nm以下の光による照射処理を行うことを特徴とする前記(12)に記載の光回路パターンの製造方法。

(14) 前記第2の高分子材料層の高分子材料が撥水性及び撥油性を有し150nm以上

10

20

30

40

50

220 nm以下の光により分解する高分子材料であることを特徴とする前記(12)に記載の光回路パターン<sub>1</sub>の製造方法。

(15)前記第2の高分子材料層がフィルムであり、該フィルムが接着剤により前記第1の高分子材料の層の前記パターン状凹部が形成された面に貼り合わされることを特徴とする前記(12)に記載の光回路パターン<sub>1</sub>の製造方法。

【0015】

(16)基材に撥水性及び撥油性を有し150 nm以上220 nm以下の光により分解するクラッド形成用高分子材料の層を含むクラッド層を形成する工程、前記クラッド層のコアパターン形成領域に、フォトマスクを介して150 nm以上220 nm以下のXeエキシマランプ光を照射して照射領域の高分子材料を分解除去することによりコアパターン凹部を形成する工程、前記凹部にコア形成用樹脂材料を充填してコアを形成する工程、を有し、

前記コア形成用樹脂材料を充填する工程は、前記コアパターン凹部が形成された前記クラッド形成用高分子材料の層を前記コア形成用樹脂材料の中に浸漬する工程又は前記コアパターン凹部が形成された前記クラッド形成用高分子材料の層に前記コア形成用樹脂材料を塗布する工程である、高分子光導波路の製造方法。

(17)コア形成面に更に上部クラッド層を形成することを特徴とする前記(16)に記載の高分子光導波路の製造方法。

(18)前記上部クラッド層を形成する工程の後、作製された高分子導波路の端部を切断することにより光学的な鏡面を持つコア面を形成する工程を行うことを特徴とする前記(17)に記載の高分子光導波路の製造方法。

【発明の効果】

【0016】

本発明により、非常に簡易な方法でかつ低コストで高分子光導波路をはじめとする光回路パターンを製造することが可能である。また、本発明により、損失ロスが少なく高精度であり、かつ各種機器への自由な装填を可能とするフレキシブルで大面積な光回路パターンを簡便にかつ低コストで作製することができる。さらに高分子光導波路等の光回路パターン形状を自由に設定することができる。また凹部に充填された樹脂材料の表面は表面張力により半円球を形成するため、例えば樹脂材料を充填した凹部を光導波路コアとして利用する場合には、理想的な光導波路コアが簡単な操作で形成されることになる。したがって、従来の光回路パターンの作製方法に比べて非常に低コストで高精度の光回路パターンを提供することが可能になった。

また、高分子光導波路等の光回路パターンの端面を切断すると光学的な鏡面が得られ、端部を直接コネクタ等に接続可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

本発明者は、撥水性及び撥油性を有し150 nm以上220 nm以下の光により分解する高分子材料の層に、前記波長範囲にある波長の光を照射すると、残渣を残すことなく凹部が形成されること(分解物は分解ガスとして雰囲気中に揮散する)、また、前記層の凹部形成面に前記高分子材料とは別の樹脂材料を塗布したり、あるいは該層を前記樹脂材料中に浸漬すると、凹部に樹脂材料が容易に充填されるとともに、該層の非照射部分には樹脂材料が付着することなく容易に表面から除去できることを見だし、高分子光導波路のごとき光回路パターンを非常に簡便に作製する方法に到達した。

すなわち、本発明の光回路パターンの製造方法は、撥水性及び撥油性を有し150~220 nmの光により分解する高分子材料の層のパターン形成領域に、150 nm~220 nmの短波長の光を照射して照射領域の高分子材料を分解除去することにより、パターン状凹部を形成した後、前記凹部に前記高分子材料より屈折率の高い樹脂材料を充填すると、凹部だけに前記樹脂材料が充填され、前記高分子材料の層の表面には樹脂材料が付着せず、特に樹脂材料を除去する工程を必要としない。凹部だけに樹脂材料が充填されるのは、撥水性及び撥油性を有する高分子材料の層に形成された凹部表面が前記光照射処理に

10

20

30

40

50

より表面改質を受け、樹脂材料に対する親和性が向上する一方、凹部以外の高分子材料の層表面は撥水性及び撥油性を維持するために樹脂材料をはじくためであると考えられる。

また凹部に充填された樹脂材料の表面は表面張力により半円球を形成するため、例えば樹脂材料を充填した凹部を光導波路コアとして利用する場合には、理想的な光導波路コアが簡単な操作で形成されることになる。さらに、分解生成物は雰囲気中に揮散され、凹部に残らないので、非常に優れた特性を有する光導波路が得られる。凹部に残渣が残ると、光が散乱して伝搬損失が大きくなり、実用可能な光導波路とはならない。

#### 【 0 0 1 8 】

本発明の光回路パターンの製造方法により作製される光回路パターンとしては、高分子光導波路（分岐型高分子光導波路等を含む）や、高分子光導波路と回折格子を組み合わせたもの、レンズなどの微少光学部品などが挙げられる。光回路パターンが高分子光導波路の場合では、撥水性及び撥油性を有する高分子材料の層がクラッド層として機能し、前記高分子材料はクラッド形成用高分子材料であり、前記パターン状凹部はコアパターン状凹部であり、前記樹脂材料が充填された凹部はコアとして機能し、前記樹脂材料はコア形成用樹脂材料である。以下においては高分子光導波路を例にとりて説明するが、他の光回路パターンの場合も同様である。

#### 【 0 0 1 9 】

##### [ 高分子光導波路の製造方法 ]

（撥水性及び撥油性を有し 150 nm 以上 220 nm 以下の光により分解するクラッド形成用高分子材料の層のパターン形成領域に、150 nm 以上 220 nm 以下の光を照射して、照射領域の高分子材料を分解除去することにより、コアパターン状凹部を形成する工程）

< 撥水性及び撥油性を有し、150 nm 以上 220 nm 以下の光により分解するクラッド形成用高分子材料 >

前記撥水性とは、高分子材料の層の表面に水を滴下したとき、当該表面と液面とのなす角、すなわち接触角が 90° 以上、好ましくは 100° 以上となるような、水に対してぬれにくい性質を意味する。また、前記撥油性とは、高分子材料の層の表面にオレイン酸を滴下したとき、当該表面と液面とのなす角、すなわち接触角が 90° 以上、好ましくは 100° 以上となるような、油に対してぬれにくい性質を意味する。前記接触角は、23、55% RH の環境下において、高分子材料の層の表面に水、又はオレイン酸を滴下したときの 10 秒放置後の接触角を、接触角測定装置 CA-X ロール型（協和界面科学社製）を用いてそれぞれ測定したものである。

このような特性を有するクラッド形成用高分子材料を用いることにより、形成される凹部表面はコア形成用樹脂材料に対する親和性を増す一方、非光照射部では高い撥水性及び撥油性を保つ。したがって、前記コアパターン状凹部に容易にコア形成用樹脂材料が充填されるのに対し、非光照射部からは前記コア形成用樹脂材料を容易に除去することができる。

#### 【 0 0 2 0 】

前記のごとき撥水性及び撥油性を有し 150 nm 以上 220 nm 以下の光により分解する高分子材料としては、C-F 結合含有高分子材料が好ましい。また、前記 C-F 結合含有高分子材料は、更に、C-H 結合、C-C 結合及び C-O 単結合からなる群より選ばれる結合の 1 つ又は 2 つ以上を有し、かつ C=O 結合を持たないものが好ましい。これは、C=O 結合の結合エネルギーは 190.0 Kcal/mol であり、種々の化学結合の中でも結合エネルギーが大きく、この C=O 結合をもつ高分子材料に対して、150 nm 以上 220 nm 以下の光を照射しても短時間で有効な光分解を生起させにくいからである。

一方、C-F 結合の結合エネルギーは 115.2 Kcal/mol、C-H 結合では 97.6 Kcal/mol、C-C 結合では 84.3 Kcal/mol、C-O 単結合では 76.4 Kcal/mol であるため、C=O 結合をもたず、C-F 結合の他に C-H 結合、C-C 結合及び C-O 単結合からなる群より選ばれる結合の 1 つ又は 2 つ以上をもつ高分子材料は、150 ~ 220 nm の光により容易に分解を受け、パターン状の凹部を形成することがより容易である。この

10

20

30

40

50

中で、C = O結合をもたず、C - F結合、C - C結合、及びC - O単結合をもつフッ素樹脂として、サイトップ（旭硝子（株）製）が代表的なものとして挙げられる。

また、前記クラッド形成用高分子材料は高分子光導波路を通る波長の光に対して透過性であることが必要である。屈折率は1.55より小さく、1.50より小さいものがより好ましい。また、コア形成用樹脂材料の屈折率より0.01以上小さいことが望ましい。

#### 【0021】

<前記高分子材料の層（クラッド層）の形成>

前記高分子材料の層の形成方法には特に制限はなく、フィルム状のものをそのまま用いることができる。また、後述のように前記高分子材料の層を基材の上に設ける場合には、例えば、該樹脂の有機溶剤溶液を塗布する方法、該樹脂を熔融塗布する方法、該樹脂フィルムを接着剤により基材に貼り合わせる方法などが挙げられる。前記高分子材料の層の形成によりクラッド層が作製される。また、後述のようにコア形成面に更にクラッド層（上部クラッド層）が形成される場合は、下部クラッド層が作製されることになる。

前記高分子材料の層の膜厚は、前記高分子材料の層を基材の上に設けない場合は、形成する凹部の深さより大きく、かつクラッド層として十分に機能する厚さを有していればよい。また、前記高分子材料の層をクラッドとして機能する基材の上に設ける場合は、該層の厚さは形成する凹部の深さ以上の膜厚とすればよい。

#### 【0022】

<クラッド層に150nm以上220nm以下の光を照射して照射領域のコア形成用高分子材料を分解除去することにより、パターン状凹部を形成する工程>

波長範囲が150～220nmの光としては、Xeエキシマランプ光が用いられる。また、全面照射する場合には、フォトマスクが用いられる。照射エネルギー及び時間は、形成する凹部の深さ等に基づき適宜調節する。

この光照射処理により、コアパターン状凹部が形成され、かつ形成される凹部表面は各種樹脂材料に対する親和性を増す。

#### 【0023】

（クラッド層に形成されたコアパターン状凹部に前記高分子材料より屈折率の高いコア形成用樹脂材料を充填する工程）

<前記高分子材料より屈折率の高いコア形成用樹脂材料>

前記凹部に充填するコア形成用樹脂材料は高分子光導波路を通る波長の光に対して透過性であることが必要である。前記コア形成用樹脂材料は、硬化性樹脂を用いることが好ましく、硬化性樹脂としては放射線硬化性、電子線硬化性、熱硬化性等の樹脂を用いることができ、中でも紫外線硬化性樹脂及び熱硬化性樹脂が好ましく用いられる。

前記コア形成用の紫外線硬化性樹脂又は熱硬化性樹脂としては、紫外線硬化性又は熱硬化性のモノマー、オリゴマー若しくはモノマーとオリゴマーの混合物が好ましく用いられる。

また、前記紫外線硬化性樹脂としてエポキシ系、ポリイミド系、アクリル系紫外線硬化性樹脂が好ましく用いられる。

#### 【0024】

コア形成用硬化性樹脂は、撥水性及び撥油性を有する高分子材料の層に形成された凹部に充填させるため、用いるコア形成用硬化性樹脂はあまり高粘度でないことが好ましい。前記硬化性樹脂の粘度は、10mPa・s～2000mPa・s、望ましくは20mPa・s～1000mPa・s、更に好ましくは30mPa・s～500mPa・sにするのが、コア形状の良さ及び光損失の少なさの点から好ましい。

このほかに、前記硬化性樹脂の硬化前後の体積変化が小さいことが好ましい。例えば、体積が減少すると導波損失の原因になる。したがって、前記硬化性樹脂は、体積変化ができるだけ小さいものが望ましく、10%以下、好ましくは0.01～4%の範囲にあることが望ましい。溶剤を用いて低粘度化することは、硬化前後の体積変化が大きいためできれば避ける方が好ましい。

コア形成用硬化性樹脂の硬化後の体積変化（収縮）を小さくするため、前記樹脂にポリ

10

20

30

40

50

マーを添加することができる。前記ポリマーはコア形成用硬化性樹脂との相溶性を有し、かつ該樹脂の屈折率、弾性率、透過特性に悪影響を及ぼさないものが好ましい。またポリマーを添加することにより体積変化を小さくする他、粘度や硬化樹脂のガラス転移点を高度に制御できる。前記ポリマーとしては例えばアクリル酸系、メタクリル酸系、エポキシ系のものが用いられるが、これらに限定されるものではない。

【0025】

コア形成用硬化性樹脂の硬化物の屈折率は1.20から1.60の範囲、より好ましくは1.34から1.60の範囲が好ましく用いられる。

コア形成用硬化性樹脂の硬化物の屈折率は、クラッドとなる前記撥水性及び撥油性を有する高分子材料の層より大きいことが必要である。コアとクラッドとの屈折率の差は、0.01以上である。

10

【0026】

<凹部にコア形成用樹脂材料を充填する工程>

コア形成用樹脂材料を前記凹部に充填するには、前記の様に作製した、凹部が形成されたクラッド層をコア形成用樹脂材料の中に浸漬したり、凹部が形成されたクラッド層にコア形成用樹脂材料を塗布したりする方法により容易に充填することができる。前記凹部表面はコア形成用樹脂材料に対する親和性が増している一方、凹部非形成面では撥水性及び撥油性が保持されていて、この両者の表面特性の差に基づき、凹部には容易にコア形成用樹脂材料が充填されると共に、凹部非形成面にはコア形成用樹脂材料が付着しないため、前記クラッド層をコア形成用樹脂材料の中から引き上げることにより、あるいは前記クラッド層を傾けることにより、凹部非形成面上のコア形成用樹脂材料は該層の表面から容易に除かれる。

20

【0027】

また、本発明の高分子光導波路の製造方法においては、上部クラッド層の形成は必須ではないが、上部クラッド層を設けることが好ましい。

上部クラッド層は、クラッド用硬化性樹脂を塗布して硬化させた層、クラッド用高分子材料の溶剤溶液を塗布して乾燥して得られる高分子膜、クラッド用フィルムを接着剤で貼り合わせたもの等が挙げられる。

クラッド用硬化性樹脂としては紫外線硬化性樹脂や熱硬化性樹脂が好ましく用いられ、例えば、紫外線硬化性又は熱硬化性のモノマー、オリゴマー若しくはモノマーとオリゴマーの混合物が用いられる。

30

クラッド形成用硬化性樹脂の硬化後の体積変化(収縮)を小さくするために、該樹脂と相溶性を有し、また該樹脂の屈折率、弾性率、透過特性に悪影響を及ぼさないポリマー(例えばメタクリル酸系、エポキシ系)を該樹脂に添加することができる。

【0028】

また、下部クラッド層と上部クラッド層との屈折率は同じであることが光の閉じ込めの点からみて好ましい。ここで「屈折率は同じ」とは、両者の屈折率の差が全くないだけでなく、両者の屈折率の差が0.01以内であることを意味する。両者の屈折率の差は好ましくは0.001以内、更には全く差がないことが好ましい。

さらに、本発明において下部クラッド層として用いる撥水性及び撥油性を有し150nm以上220nm以下の光により分解する高分子材料を上部クラッド層として用いることもできる。

40

【0029】

また、上部クラッド層として下部クラッド層とは異なる材料のものを設ける際には、下部クラッド層のコア形成面にあらかじめ150nm以上220nm以下の光を全面に照射して、下部クラッド層の表面の上部クラッド層に対する親和性を高めることが好ましい。

【0030】

さらに、高分子光導波路のコア端面を切断すると光学的な鏡面が得られ、端部を直接コネクタ等に接続可能である。

【0031】

50

(基材)

また、本発明の光回路パターンの製造においては、前記高分子材料の層を基材の上に設けることができる。高分子光導波路の製造を例にとって説明する。

基材は、ガラス(石英ガラス等)基材、セラミック基材、プラスチック基材、Si基板等が制限なく用いられる。また屈折率制御のために前記基材に樹脂コートしたのも用いられる。基材自身をクラッド層の一部として機能させることができ、この場合には、基材の屈折率は、1.55より小さく、好ましくは1.40より小さいことが望ましい。また、コア形成用樹脂材料の屈折率より0.01以上小さいことが望ましい。基材の厚さは、100 $\mu$ m~2mmが好ましく、高分子光導波路の用途等に応じて適宜選択できる。

基材の表面粗さ(二乗平均粗さ(RMS))は、光散乱を避け伝搬損失を小さくするために0.1 $\mu$ m以下であることが好ましい。

また、前記プラスチック基材として可撓性のフィルム基材を用いると、全体的に可撓性の高分子光導波路が得られる。

【0032】

プラスチック基材の材料は、150~220nmの波長範囲の光により分解されないものが好ましい。高分子中に、C=O二重結合及び/又はC=C二重結合をもつ材料は前記波長の光によっても分解されにくく好ましい材料である。このような材料としてはPMM A、ポリカーボネート、脂環式オレフィン樹脂が挙げられる。中でも高分子の主鎖中にC=O二重結合やC=C二重結合をもつ材料である、主鎖にノルボルネン構造を有する樹脂、及び主鎖にノルボルネン構造を有しかつ側鎖にアルキルオキシカルボニル基(アルキル基としては炭素数1から6のものやシクロアルキル基)等の極性基をもつ脂環式オレフィン樹脂が分解しにくい樹脂として好ましく用いられる。また、前記のごとき主鎖にノルボルネン構造を有する脂環式オレフィン樹脂は、低屈折率(屈折率が1.50近辺であり、コア・クラッドの屈折率の差を確保できる)及び高い光透過性等の優れた光学的特性を有しているので、本発明における基材として特に好ましい。このような特性を有する樹脂フィルムとしてはアトフィルム(JSR(株)製)等が好ましい。

プラスチック基材の材料が150~220nmの波長範囲の光により分解されないものである場合には、プラスチック基材が光エッチングに対するストッパーの役割を果たすこともできる。

【0033】

次に、本発明の高分子光導波路の製造工程を図1に基づいて説明する。図1は基材の上に撥水性及び撥油性を有し150nm以上220nm以下の光により分解する高分子材料の層(下部クラッド層)を形成し、また、コア形成用樹脂材料として紫外線硬化性樹脂を用い、更にコア形成面に上部クラッド層を設ける例を示す。

図1(A)は基材11の上に下部クラッド層12を形成した状態を示し、図1(B)は、前記クラッド層12のコアパターン形成領域に、150nm以上220nm以下の光を照射して照射領域の高分子材料を分解除去することにより、コアパターン状凹部14を形成した状態を示し、図1(C)は、前記コアパターン状凹部14に前記高分子材料より屈折率の高いコア形成用紫外線硬化性樹脂を充填した後、紫外線で硬化させた状態を示す。

16は形成されたコアを示す。図1(C)は、コア16の表面が表面張力によりおおむね半円形に形成されることを示している。また、図1(D)は、コア形成面に上部クラッド層18が形成された状態を示し、また、図1(D)は完成された高分子光導波路10を示している。

【実施例】

【0034】

以下に実施例を示し本発明をさらに具体的に説明するが、本発明はこれらの実施例により限定されるものではない。

実施例1

Si基板にサイトップ(旭硝子(株)製、屈折率:1.34)をスピンコート法で塗布した後、150 $^{\circ}$ Cで加熱硬化し、膜厚10 $\mu$ mの下部クラッド層を形成した。次に、幅7 $\mu$ m

10

20

30

40

50

mのフォトマスクを通して波長172nmのエキシマランプで露光した。露光された部分は前記光により分解揮散され凹部が形成された。この時、露光時間(30分)を制御して、凹部の深さ5μmのところを露光を止めて、幅が7μm、深さが5μmの凹部を形成した。次に、屈折率が1.37のコア形成用紫外線硬化性樹脂であるフッ素化アクリル樹脂(NTT-AT(株)製)を塗布した。すると、凹部のみにフッ素化アクリル樹脂が充填され、図1(C)で示すように充填表面が半球状に形成された。その後紫外線を照射して、コア部を硬化させた。この後、コア形成面に屈折率1.34のサイトップを塗布し、150で加熱硬化させることで上部クラッド層(乾燥膜厚20μm)形成し、シングルモード用の高分子光導波路を作製した。

【0035】

10

#### 実施例2

実施例1におけるSi基板をガラス基板に変更し、かつコア形成用紫外線硬化性樹脂をコア形成用熱硬化性樹脂に変更する他は、実施例1と同様にしてシングルモード用高分子光導波路を作製した。

【0036】

#### 実施例3

実施例1におけるSi基板を膜厚188μmのार्टンフィルム(JSR(株)製、屈折率1.509)に変更する他は、実施例1と同様にしてシングルモード用の高分子光導波路を作製した。

【0037】

20

#### 実施例4

膜厚188μmのार्टンフィルム(JSR(株)製、屈折率1.509)にサイトップ(旭硝子(株)製、屈折率:1.34)をスピンコート法で塗布した後、150で加熱硬化し、膜厚10μmの下部クラッド層を形成した。次に、幅12μmのフォトマスクを通して波長172nmのエキシマランプで露光した。露光された部分は前記光により分解揮散され凹部が形成された。この時、露光時間(30分)を制御して、凹部の深さ10μmのところを露光を止めて、幅が12μm、深さが10μmの凹部を形成した。次に、屈折率が1.42のコア形成用紫外線硬化型フッ素化エポキシ樹脂(NTT-AT(株)製)を塗布すると、凹部のみに紫外線硬化型フッ素化エポキシ樹脂が充填された。また図1(C)で示すように充填表面が半球状に形成された。次に紫外線を照射して、コア部を硬化させた。形成されたコア部は、幅が12μm、高さ12μmであった。この後、コア形成面に屈折率1.34のサイトップを塗布し、150で加熱硬化させることで上部クラッド層(乾燥膜厚20μm)形成し、マルチモード用の高分子光導波路フィルムを作製した。

30

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】本発明により光回路パターンを製造する工程を示す概念図である。

【符号の説明】

【0039】

10 高分子光導波路

40

11 基材

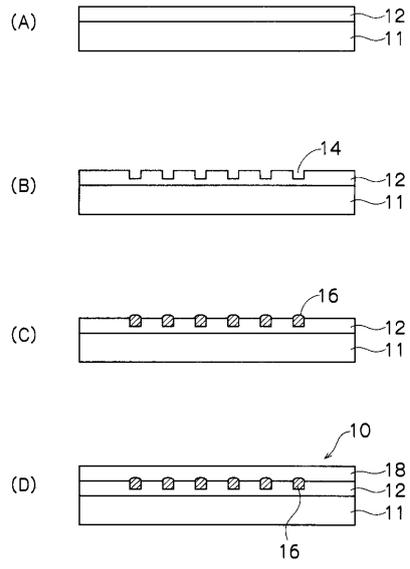
12 高分子材料の層(下部クラッド層)

14 凹部

16 コア

18 上部クラッド層

【 図 1 】



## フロントページの続き

- (72)発明者 清水 敬司  
神奈川県足柄上郡中井町境430グリーンテクなかい 富士ゼロックス株式会社内
- (72)発明者 谷田 和敏  
神奈川県足柄上郡中井町境430グリーンテクなかい 富士ゼロックス株式会社内
- (72)発明者 坪 英一  
神奈川県足柄上郡中井町境430グリーンテクなかい 富士ゼロックス株式会社内

審査官 山村 浩

- (56)参考文献 特開平09-152567(JP,A)  
特開平04-251812(JP,A)  
特開2002-022984(JP,A)  
特表2003-502718(JP,A)  
国際公開第00/078819(WO,A1)  
米国特許第05233157(US,A)  
特開2002-277660(JP,A)  
特開平09-131914(JP,A)  
特開2004-118123(JP,A)  
特開平10-050968(JP,A)  
特開平09-269430(JP,A)  
特開2003-279718(JP,A)  
特開平10-332971(JP,A)  
特開2001-330744(JP,A)  
特開平10-090544(JP,A)  
特開平04-230710(JP,A)  
特開2002-365457(JP,A)  
特開平04-230711(JP,A)  
特開2004-029507(JP,A)  
特開2000-114581(JP,A)  
特開2003-121674(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 6/13  
G02B 6/12