

(19)日本国特許庁（J P）

(12) 公 開 特 許 公 報 （ A ）

(11)特許出願公開番号

特開平6-317709

(43)公開日 平成 6 年(1994)11月15日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B	5/30	9018-2K		
	6/12	N 8106-2K		

審査請求 未請求 請求項の数 4 F D （全 11 頁）

(21)出願番号	特願平5-130106	(71)出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町一丁目 1 番 6 号
(22)出願日	平成 5 年(1993) 5 月 7 日	(72)発明者	安藤 慎治 東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 6 号 日 本電信電話株式会社内
		(72)発明者	松浦 徹 東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 6 号 日 本電信電話株式会社内
		(72)発明者	佐々木 重邦 東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 6 号 日 本電信電話株式会社内
		(74)代理人	弁理士 中本 宏 （外 2 名） 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ポリイミド系光導波路型偏光子

(57)【要約】

【目的】 製造が容易でしかも耐熱性に優れた低損失の導波路型偏光子を提供する。

【構成】 埋め込み型光導波路構造におけるコア及びクラッドの両方がポリイミドで構成され、コアの T E 偏光に対する屈折率がクラッドの T E 偏光に対する屈折率よりも小さく、かつコアの T M 偏光に対する屈折率がクラッドの T M 偏光に対する屈折率よりも大きいポリイミド系光導波路型偏光子。あるいは前記とは逆に、コアの T E 偏光に対する屈折率がクラッドの T E 偏光に対する屈折率よりも大きく、かつコアの T M 偏光に対する屈折率がクラッドの T M 偏光に対する屈折率よりも小さいポリイミド系光導波路型偏光子。

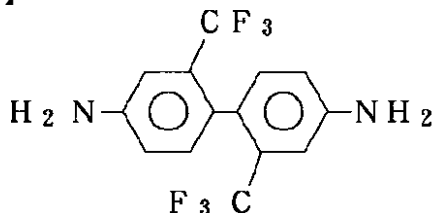
【特許請求の範囲】

【請求項 1】 埋め込み型光導波路構造におけるコア及びクラッドの両方がポリイミドで構成され、コアの T E 偏光に対する屈折率がクラッドの T E 偏光に対する屈折率よりも小さく、かつコアの T M 偏光に対する屈折率がクラッドの T M 偏光に対する屈折率よりも大きいことを特徴とするポリイミド系光導波路型偏光子。

【請求項 2】 埋め込み型光導波路構造におけるコア及びクラッドの両方がポリイミドで構成され、コアの T E 偏光に対する屈折率がクラッドの T E 偏光に対する屈折率よりも大きく、かつコアの T M 偏光に対する屈折率がクラッドの T M 偏光に対する屈折率よりも小さいことを特徴とするポリイミド系光導波路型偏光子。

【請求項 3】 テトラカルボン酸又はその誘導体と、下記の構造式 (化 1) :

【化 1】



で表されるジアミンから合成されるポリイミドを含むことを特徴とする請求項 1 に記載のポリイミド系光導波路型偏光子。

【請求項 4】 テトラカルボン酸又はその誘導体と、構造式 (化 1) で表されるジアミンから合成されるポリイミドを含むことを特徴とする請求項 2 に記載のポリイミド系光導波路型偏光子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は光導波路型偏光子に関し、特に耐熱性及び光透過性に優れたプラスチック系の光導波路型偏光子に関する。

【0002】

【従来の技術】 光通信システムの実用化に伴い、光信号を電気信号に変換することなく光のまま処理する交換装置等の開発が急務となっている。そのためには基本的な光部品の開発が不可欠であるが、中でも光導波路中を伝播する光信号の T E 偏光成分あるいは T M 偏光成分のどちらかを選択的に伝播させ、他方を光導波路外へ放射する機能を持った光導波路型偏光子の高性能化と低価格化が重要である。また、この導波路型偏光子には、集積回路や電気配線と混載実装するためのハンダ耐熱性 (270) も合わせて必要とされている。

【0003】 図 2 及び図 3 は従来型の導波路型偏光子を説明する図であって、図 2 は埋め込み型、図 3 はリッジ型の構成を示している。1 は基板、2 はクラッド、3 はコア、4 はパッファ層、5 は装荷膜である。ここで、基板はシリコン、クラッドは酸化シリコン、コアは金属あ

るいは半導体をドーブした酸化シリコンによって形成されるのが一般的である。また、マルチモード導波路の場合にはコアの下部のみにクラッドを形成した図 3 の構造とすることも多い。従来型の導波路型偏光子として、装荷膜として金属を用いた金属装荷型偏光子、異方性光学結晶を用いた結晶薄膜装荷型偏光子、半導体を用いた半導体装荷型偏光子がある。例えば、金属装荷型偏光子の場合、装荷膜である金属はコア及びパッファ層よりかなり大きな屈折率を持つため、コア層を伝播する光のうち、装荷膜に対して垂直方向の電界をもつ T M 偏光成分は選択的にコア外へ放射されるが、T E 偏光成分はほとんど影響を受けずにそのまま伝播する。金属装荷型偏光子については、導波路の上面に金属膜を付与するという光導波路の製作とは異なった別のプロセスを用いる必要があることに加え、光導波路の導波モードの偏光方向が T E 方向に限定されるという問題点があった。また、結晶薄膜装荷型偏光子、半導体装荷型偏光子については、金属装荷型偏光子と同様、光導波路に半導体膜を付与するという別のプロセスを用いる必要があることに加え、装荷膜の膜厚を精密に制御することによって T E あるいは T M どちらかの偏光成分を取り出すことが可能であるものの膜厚制御に高度な技術が要求されるなどの問題点があった。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 従来の技術で示したように、光導波路の上面に薄膜を装荷する偏光子はプロセスの煩雑性と困難性において問題があった。本発明は、これらの問題点を解決し、製造が容易でしかも耐熱性に優れた低損失の導波路型偏光子を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明を概説すれば、本発明はポリイミド系光導波路型偏光子に関する発明であって、その発明の第 1 は、埋め込み型光導波路構造におけるコア及びクラッドの両方がポリイミドで構成され、コアの T E 偏光に対する屈折率 (n_{TE}) がクラッドの T E 偏光に対する屈折率よりも小さく、かつコアの T M 偏光に対する屈折率 (n_{TM}) がクラッドの T M 偏光に対する屈折率よりも大きいことを特徴とする。ここで T E 偏光とは、電界の方向が基板と平行である直線偏光を指し、また T M 偏光とは、電界の方向が基板と垂直である直線偏光を指している。本発明の第 2 は、同じく埋め込み型光導波路構造におけるコア及びクラッドの両方がポリイミドで構成され、コアの T E 偏光に対する屈折率がクラッドの T E 偏光に対する屈折率よりも大きく、かつコアの T M 偏光に対する屈折率がクラッドの T M 偏光に対する屈折率よりも小さいことを特徴とする。

【0006】 図 1 は本発明における光導波路型偏光子の断面構造を説明する図であって、1 は基板、2 はクラッド、3 はコアを示す。ここで、2 のクラッド及び 3 のコ

3

アの片方あるいは両方は、 n_{TE} と n_{TM} が異なる複屈折性のポリイミドで作製されている。図 4 は、コアの n_{TE} がクラッドの n_{TE} より小さく、かつコアの n_{TM} がクラッドの n_{TM} より大きくなるように設計された光導波路型偏光子に円偏光を入射したときの光の伝播状態を示しており、図中 (a) では T E 偏光方向の屈折率分布と偏光子中での T E 偏光のふるまいを、また図中 (b) では T M 偏光方向の屈折率分布と偏光子中での T M 偏光のふるまいを示している。T E 偏光に対するコアの屈折率はクラッドの屈折率よりも高い構造となっているため T E 偏光は伝播するが、T M 偏光に対してはコアの屈折率がクラッドの屈折率よりも低い構造となっているため光はコア外へ放射されて光導波路を伝播しない。結果としてこの光導波路には T E 偏光成分の光のみが伝播する偏光子となる。これは、本発明における前記第 1 の発明の光導波路型偏光子の原理に相当している。また同様に、コア材の n_{TE} がクラッド材の n_{TE} より大きく、かつコア材の n_{TM} がクラッド材の n_{TM} より小さい場合には、T M モードの光だけが伝播する偏光子となる。これは、本発明における前記第 2 の発明の光導波路型偏光子の原理に相当している。

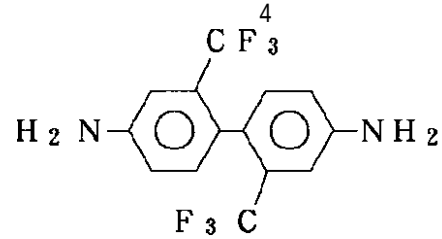
【0007】上記の原理に従って、T E 偏光に対する屈折率と T M 偏光に対する屈折率が異なる複屈折性の汎用プラスチック材料をコア及びクラッドに用いることにより、導波路上面に薄膜を装荷することなく導波路型偏光子を作製することが可能と考えられる。しかし、一般に使われているポリスチレンやポリカーボネートのような非晶性プラスチック材料は軟化点が 100 付近と耐熱性に問題があり、また吸水率が高いなど環境安定性にも問題があるため他の光電子部品との混載が難しく、光通信部品としての適性に欠ける。また、複屈折の値が小さいことから、消光比の値が大きくとれないことが予想される。

【0008】一方、エンジニアリングプラスチックの 1 つであるポリイミドはハンダ耐熱性を持つばかりでなく、結晶性が低いため 0.85 μm を超える近赤外領域、特に 1.3 μm や 1.55 μm の光通信領域で透明性を持つことが知られている〔例えば、P. L. Dunn (P. L. Dunn) ほか、Prep. of EOA 2, Int. Conf. on Elec., Opt., & Acou. Prop. of Mater., Univ. Kent, Caterbury, U. K. (1990)〕。

【0009】本発明者らは既に特開平 4 - 9 8 0 7 号において、下記の構造式 (化 1) :

【0010】

【化 1】



【0011】に示した 2, 2' - ビス (トリフルオロメチル) - 4, 4' - ジアミノビフェニルと 2 種類のテトラカルボン酸二無水物を用いてポリイミド共重合体を得ることにより屈折率を自由に制御できること、フッ素化ポリイミドの熱処理条件を変えることによって溶媒に対する溶解性を制御できること、これらのフッ素化ポリイミドをコア及びクラッドに用いることにより低光損失の埋め込み型光導波路が形成できることを見出している。該ポリイミドの耐熱温度は 300 以上であり、電子材料として重要な特性であるハンダ耐熱性を十分に保持している。更にスピンコート法により、容易に大面積導波路が作製できるという利点を持ち、導波路の低価格化が可能である。

【0012】本発明者らは、上述のフッ素化ポリイミドがコア及びクラッドに用いて種々の埋め込み型光導波路を作製し、それらの光損失を測定していった結果、一部のコア/クラッドの組合せからなる導波路については、コアに直線偏光を入射させた場合、導波路に対する偏光の方向を回転させることによってその導波路損失が大きく変化することを見出した。その後、更に検討を進めた結果、コアとクラッドの材料組成を変化させることによって、30 dB を超える高い消光比を持つ光導波路型偏光子が作製可能であることを発見するに至った。光導波路型偏光子に必要なとされる特性は、偏光子としての特性である消光比を除けば、光導波路のそれと同様であり、本発明にかかる光導波路型偏光子がハンダ耐熱性や光透過性など光導波路としての優れた特性を示すことは、既に特開平 4 - 9 8 0 7 号公報で述べた通りである。

【0013】本発明に用いるテトラカルボン酸及びその誘導体としての酸無水物、酸塩化物、エステル化物等としては、例えば以下のようなものが挙げられる。ここではテトラカルボン酸としての名称を掲げる。

【0014】ピロメリット酸、トリフルオロメチルピロメリット酸、ペンタフルオロエチルピロメリット酸、ビス { 3, 5 - ジ (トリフルオロメチル) フェノキシ } ピロメリット酸、2, 3, 3', 4' - ビフェニルテトラカルボン酸、3, 3', 4, 4' - テトラカルボキシジフェニルエーテル、2, 3', 3, 4' - テトラカルボキシジフェニルエーテル、3, 3', 4, 4' - ベンゾフェノンテトラカルボン酸、2, 3, 6, 7 - テトラカルボキシナフタレン、1, 4, 5, 7 - テトラカルボキシナフタレン、1, 4, 5, 6 - テトラカルボキシナフタレン、3, 3', 4, 4' - テトラカルボキシジフェニルメタン、3, 3', 4, 4' - テトラカルボキシジ

フェニルスルホン、2, 2 - ビス (3, 4 - ジカルボキシフェニル) プロパン、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、5, 5' - ビス (トリフルオロメチル) - 3, 3', 4, 4' - テトラカルボキシビフェニル、2, 2', 5, 5' - テトラキス (トリフルオロメチル) - 3, 3', 4, 4' - テトラカルボキシビフェニル、5, 5' - ビス (トリフルオロメチル) - 3, 3', 4, 4' - テトラカルボキシジフェニルエーテル、5, 5' - ビス (トリフルオロメチル) - 3, 3', 4, 4' - テトラカルボキシベンゾフェノン、ビス { (トリフルオロメチル) ジカルボキシフェノキシ } ベンゼン、ビス { (トリフルオロメチル) ジカルボキシフェノキシ } (トリフルオロメチル) ベンゼン、ビス (ジカルボキシフェノキシ) (トリフルオロメチル) ベンゼン、ビス (ジカルボキシフェノキシ) ビス (トリフルオロメチル) ベンゼン、ビス (ジカルボキシフェノキシ) テトラキス (トリフルオロメチル) ベンゼン、3, 4, 9, 10 - テトラカルボキシペリレン、2, 2 - ビス { 4 - (3, 4 - ジカルボキシフェノキシ) フェニル } プロパン、ブタンテトラカルボン酸、シクロペンタンテトラカルボン酸、2, 2 - ビス { 4 - (3, 4 - ジカルボキシフェノキシ) フェニル } ヘキサフルオロプロパン、ビス { (トリフルオロメチル) ジカルボキシフェノキシ } ビフェニル、ビス { (トリフルオロメチル) ジカルボキシフェノキシ } ビス (トリフルオロメチル) ビフェニル、ビス { (トリフルオロメチル) ジカルボキシフェノキシ } ジフェニルエーテル、ビス (ジカルボキシフェノキシ) ビス (トリフルオロメチル) ビフェニル、ビス (3, 4 - ジカルボキシフェニル) ジメチルシラン、1, 3 - ビス (3, 4 - ジカルボキシフェニル) テトラメチルジシロキサン、1, 4 - ビス (3, 4 - ジカルボキシトリフルオロフェノキシ) テトラフルオロベンゼン、1, 4 - ビス (3, 4 - ジカルボキシトリフルオロフェノキシ) オクタフルオロビフェニル、1, 4 - ジフルオロピロメリット酸、1 - トリフルオロメチル - 4 - フルオロピロメリット酸、1, 4 - ジ (トリフルオロメチル) ピロメリット酸、1 - ペンタフルオロエチル - 4 - フルオロピロメリット酸、1 - ペンタフルオロエチル - 4 - トリフルオロメチルピロメリット酸、1, 4 - ジ (ペンタフルオロエチル) ピロメリット酸、1 - ペンタフルオロフェニル - 4 - フルオロピロメリット酸、1 - ペンタフルオロフェニル - 4 - トリフルオロメチルピロメリット酸、1 - ペンタフルオロフェニル - 4 - ペンタフルオロエチルピロメリット酸、1, 4 - ジ (ペンタフルオロフェニル) ピロメリット酸、1 - トリフルオロメトキシ - 4 - フルオロピロメリット酸、1 - トリフルオロメトキシ - 4 - トリフルオロメチルピロメリット酸、1 - トリフルオロメトキシ - 4 - ペンタフルオロエチルピロメリット酸、1 - トリフルオロメトキシ - 4 - ペンタフルオロフェニルピ

10

20

30

40

50

ロメリット酸、1, 4 - ジ (トリフルオロメトキシ) ピロメリット酸、1 - ペンタフルオロエトキシ - 4 - フルオロピロメリット酸、1 - ペンタフルオロエトキシ - 4 - トリフルオロメチルピロメリット酸、1 - ペンタフルオロエトキシ - 4 - ペンタフルオロエチルピロメリット酸、1 - ペンタフルオロエトキシ - 4 - ペンタフルオロフェニルピロメリット酸、1 - ペンタフルオロエトキシ - 4 - トリフルオロメトキシピロメリット酸、1, 4 - ジ (ペンタフルオロエトキシ) ピロメリット酸、1 - ペンタフルオロフェノキシ - 4 - フルオロピロメリット酸、1 - ペンタフルオロフェノキシ - 4 - トリフルオロメチルピロメリット酸、1 - ペンタフルオロフェノキシ - 4 - ペンタフルオロエチルピロメリット酸、1 - ペンタフルオロフェノキシ - 4 - ペンタフルオロフェニルピロメリット酸、1 - ペンタフルオロフェノキシ - 4 - トリフルオロメトキシピロメリット酸、1 - ペンタフルオロフェノキシ - 4 - ペンタフルオロエトキシピロメリット酸、1, 4 - ジ (ペンタフルオロフェノキシ) ピロメリット酸、ヘキサフルオロ - 3, 3', 4, 4' - ビフェニルテトラカルボン酸、ヘキサフルオロ - 3, 3', 4, 4' - ジフェニルエーテルテトラカルボン酸、ヘキサフルオロ - 3, 3', 4, 4' - ベンゾフェノンテトラカルボン酸、ビス (3, 4 - ジカルボキシトリフルオロフェニル) スルホン、ビス (3, 4 - ジカルボキシトリフルオロフェニル) スルフィド、ビス (3, 4 - ジカルボキシトリフルオロフェニル) ジフルオロメタン、1, 2 - ビス (3, 4 - ジカルボキシトリフルオロフェニル) テトラフルオロエタン、2, 2 - ビス (3, 4 - ジカルボキシトリフルオロフェニル) ヘキサフルオロプロパン、1, 4 - ビス (3, 4 - ジカルボキシトリフルオロフェニル) テトラフルオロベンゼン、3, 4 - ジカルボキシトリフルオロフェニル - 3', 4' - ジカルボキシトリフルオロフェノキシ - ジフルオロメタン、ビス (3, 4 - ジカルボキシトリフルオロフェノキシ) ジフルオロメタン、1, 2 - ビス (3, 4 - ジカルボキシトリフルオロフェノキシ) テトラフルオロエタン、2, 2 - ビス (3, 4 - ジカルボキシトリフルオロフェノキシ) ヘキサフルオロプロパン、1, 4 - ビス (3, 4 - ジカルボキシトリフルオロフェノキシ) テトラフルオロベンゼン、2, 3, 6, 7 - テトラカルボキシ - テトラフルオロナフタレン、2, 3, 6, 7 - テトラカルボキシ - ヘキサフルオロアントラセン、2, 3, 6, 7 - テトラカルボキシ - ヘキサフルオロフェナントレン、2, 3, 6, 7 - テトラカルボキシ - テトラフルオロビフェニレン、2, 3, 7, 8 - テトラカルボキシ - テトラフルオロジベンゾフラン、2, 3, 6, 7 - テトラカルボキシ - テトラフルオロアントラキノン、2, 3, 6, 7 - テトラカルボキシ - ペンタフルオロアントロン、2, 3, 7, 8 - テトラカルボキシ - テトラフルオロフェノキサチン、2, 3, 7, 8 - テトラカルボキシ - テト

ラフルオロチアントレン、2, 3, 7, 8 - テトラカルボキシ - テトラフルオロジベンゾ [b , e] 1, 4 ジオキサンなどである。この中でピロメリット酸のベンゼン環にフルオロアルキル基を導入した含フッ素酸二無水物であるトリフルオロメチルピロメリット酸二無水物、1, 4 - ジ (トリフルオロメチル) ピロメリット酸二無水物、1, 4 - ジ (ペンタフルオロエチル) ピロメリット酸二無水物、ヘプタフルオロプロピルピロメリット酸二無水物等の製造方法は特願昭 6 3 - 1 6 5 0 5 6 号明細書に記載されている。

【 0 0 1 5 】また、本発明に用いるジアミンとしては、例えば以下のようなものが挙げられる。m - フェニレンジアミン、2, 4 - ジアミノトルエン、2, 4 - ジアミノキシレン、2, 4 - ジアミノデュレン、4 - (1 H , 1 H , 1 1 H - エイコサフルオロウンデカノキシ) - 1, 3 - ジアミノベンゼン、4 - (1 H , 1 H - パーフルオロ - 1 - ブタノキシ) - 1, 3 - ジアミノベンゼン、4 - (1 H , 1 H - パーフルオロ - 1 - ヘプタノキシ) - 1, 3 - ジアミノベンゼン、4 - (1 H , 1 H - パーフルオロ - 1 - オクタノキシ) - 1, 3 - ジアミノベンゼン、4 - ペンタフルオロフェノキシ - 1, 3 - ジアミノベンゼン、4 - (2, 3, 5, 6 - テトラフルオロフェノキシ) - 1, 3 - ジアミノベンゼン、4 - (4 - フルオロフェノキシ) - 1, 3 - ジアミノベンゼン、4 - (1 H , 1 H , 2 H , 2 H - パーフルオロ - 1 - ヘキサノキシ) - 1, 3 - ジアミノベンゼン、4 - (1 H , 1 H , 2 H , 2 H - パーフルオロ - 1 - ドデカノキシ) - 1, 3 - ジアミノベンゼン、p - フェニレンジアミン、2, 5 - ジアミノトルエン、2, 3, 5, 6 - テトラメチル - p - フェニレンジアミン、2, 5 - ジアミノベンゾトリフルオリド、ビス (トリフルオロメチル) フェニレンジアミン、ジアミノテトラ (トリフルオロメチル) ベンゼン、ジアミノ (ペンタフルオロエチル) ベンゼン、2, 5 - ジアミノ (パーフルオロヘキシル) ベンゼン、2, 5 - ジアミノ (パーフルオロブチル) ベンゼン、ベンジジン、2, 2 ' - ジメチルベンジジン、3, 3 ' - ジメチルベンジジン、3, 3 ' - ジメトキシベンジジン、2, 2 ' - ジメトキシベンジジン、3, 3 ' , 5, 5 ' - テトラメチルベンジジン、3, 3 ' - ジアセチルベンジジン、2, 2 ' - ビス (トリフルオロメチル) - 4, 4 ' - ジアミノビフェニル、3, 3 ' - ビス (トリフルオロメチル) - 4, 4 ' - ジアミノビフェニル、4, 4 ' - ジアミノジフェニルエーテル、4, 4 ' - ジアミノジフェニルメタン、4, 4 ' - ジアミノジフェニルスルホン、2, 2 - ビス (p - アミノフェニル) プロパン、3, 3 ' - ジメチル - 4, 4 ' - ジアミノジフェニルエーテル、3, 3 ' - ジメチル - 4, 4 ' - ジアミノジフェニルメタン、1, 2 - ビス (アニリノ) エタン、2, 2 - ビス (p - アミノフェニル) ヘキサフルオロプロパン、1, 3 - ビス (アニリ

ノ) ヘキサフルオロプロパン、1, 4 - ビス (アニリノ) オクタフルオロブタン、1, 5 - ビス (アニリノ) デカフルオロペンタン、1, 7 - ビス (アニリノ) テトラデカフルオロヘプタン、2, 2 ' - ビス (トリフルオロメチル) - 4, 4 ' - ジアミノジフェニルエーテル、3, 3 ' - ビス (トリフルオロメチル) - 4, 4 ' - ジアミノジフェニルエーテル、3, 3 ' , 5, 5 ' - テトラキス (トリフルオロメチル) - 4, 4 ' - ジアミノジフェニルエーテル、3, 3 ' - ビス (トリフルオロメチル) - 4, 4 ' - ジアミノベンゾフェノン、4, 4 " - ジアミノ - p - テルフェニル、1, 4 - ビス (p - アミノフェニル) ベンゼン、p - ビス (4 - アミノ - 2 - トリフルオロメチルフェノキシ) ベンゼン、ビス (アミノフェノキシ) ビス (トリフルオロメチル) ベンゼン、ビス (アミノフェノキシ) テトラキス (トリフルオロメチル) ベンゼン、4, 4 " ' - ジアミノ - p - クォーターフェニル、4, 4 ' - ビス (p - アミノフェノキシ) ビフェニル、2, 2 - ビス { 4 - (p - アミノフェノキシ) フェニル } プロパン、4, 4 ' - ビス (3 - アミノフェノキシフェニル) ジフェニルスルホン、2, 2 - ビス { 4 - (4 - アミノフェノキシ) フェニル } ヘキサフルオロプロパン、2, 2 - ビス { 4 - (3 - アミノフェノキシ) フェニル } ヘキサフルオロプロパン、2, 2 - ビス { 4 - (2 - アミノフェノキシ) フェニル } ヘキサフルオロプロパン、2, 2 - ビス { 4 - (4 - アミノフェノキシ) - 3, 5 - ジメチルフェニル } ヘキサフルオロプロパン、2, 2 - ビス { 4 - (4 - アミノフェノキシ) - 3, 5 - ジトリフルオロメチルフェニル } ヘキサフルオロプロパン、4, 4 ' - ビス (4 - アミノ - 2 - トリフルオロメチルフェノキシ) ビフェニル、4, 4 ' - ビス (4 - アミノ - 3 - トリフルオロメチルフェノキシ) ビフェニル、4, 4 ' - ビス (4 - アミノ - 2 - トリフルオロメチルフェノキシ) ジフェニルスルホン、4, 4 ' - ビス (3 - アミノ - 5 - トリフルオロメチルフェノキシ) ジフェニルスルホン、2, 2 - ビス { 4 - (4 - アミノ - 3 - トリフルオロメチルフェノキシ) フェニル } ヘキサフルオロプロパン、ビス { (トリフルオロメチル) アミノフェノキシ } ビフェニル、ビス { { (トリフルオロメチル) アミノフェノキシ } フェニル } ヘキサフルオロプロパン、ジアミノアントラキノン、1, 5 - ジアミノナフタレン、2, 6 - ジアミノナフタレン、ビス { { 2 - (アミノフェノキシ) フェニル } ヘキサフルオロイソプロピル } ベンゼン、ビス (2, 3, 5, 6 - テトラフルオロ - 4 - アミノフェニル) エーテル、ビス (2, 3, 5, 6 - テトラフルオロ - 4 - アミノフェニル) スルフィド、1, 3 - ビス (3 - アミノプロピル) テトラメチルジシロキサン、1, 4 - ビス (3 - アミノプロピルジメチルシリル) ベンゼン、ビス (4 - アミノフェニル) ジエチルシラン、テトラフル

オロ - 1, 3 - フェニレンジアミン、テトラフルオロ -
 1, 4 - フェニレンジアミン、ヘキサフルオロ - 1, 5
 - ジアミノナフタレン、ヘキサフルオロ - 2, 6 - ジア
 ミノナフタレン、3 - トリフルオロメチル - トリフルオ
 ロ - 1, 2 - フェニレンジアミン、4 - トリフルオロメ
 チル - トリフルオロ - 1, 2 - フェニレンジアミン、2
 - トリフルオロメチル - トリフルオロ - 1, 3 - フェニ
 レンジアミン、4 - トリフルオロメチル - トリフルオロ
 - 1, 3 - フェニレンジアミン、5 - トリフルオロメチ
 ル - トリフルオロ - 1, 3 - フェニレンジアミン、2 -
 トリフルオロメチル - トリフルオロ - 1, 4 - フェニ
 レンジアミン、3, 4 - ビス(トリフルオロメチル) - ジ
 フルオロ - 1, 2 - フェニレンジアミン、3, 5 - ビス
 (トリフルオロメチル) - ジフルオロ - 1, 2 - フェニ
 レンジアミン、2, 4 - ビス(トリフルオロメチル) -
 ジフルオロ - 1, 3 - フェニレンジアミン、4, 5 - ビ
 ス(トリフルオロメチル) - ジフルオロ - 1, 3 - フェ
 ニレンジアミン、4, 6 - ビス(トリフルオロメチル)
 - ジフルオロ - 1, 3 - フェニレンジアミン、2, 3 -
 ビス(トリフルオロメチル) - ジフルオロ - 1, 4 - フ
 エニレンジアミン、2, 5 - ビス(トリフルオロメチ
 ル) - ジフルオロ - 1, 4 - フェニレンジアミン、3,
 4, 5 - トリス(トリフルオロメチル) - フルオロ -
 1, 2 - フェニレンジアミン、3, 4, 6 - トリス(ト
 リフルオロメチル) - フルオロ - 1, 2 - フェニレン
 ジアミン、2, 4, 5 - トリス(トリフルオロメチル) -
 フルオロ - 1, 3 - フェニレンジアミン、2, 4, 6 -
 トリス(トリフルオロメチル) - フルオロ - 1, 3 - フ
 エニレンジアミン、4, 5, 6 - トリス(トリフルオロ
 メチル) - フルオロ - 1, 3 - フェニレンジアミン、テ
 トラキス(トリフルオロメチル) - 1, 2 - フェニレン
 ジアミン、テトラキス(トリフルオロメチル) - 1, 3
 - フェニレンジアミン、テトラキス(トリフルオロメチ
 ル) - 1, 4 - フェニレンジアミン、3 - ペンタフルオ
 ロエチル - トリフルオロ - 1, 2 - フェニレンジアミ
 ン、4 - ペンタフルオロエチル - トリフルオロ - 1, 2
 - フェニレンジアミン、2 - ペンタフルオロエチル - ト
 リフルオロ - 1, 3 - フェニレンジアミン、4 - ペンタ
 フルオロエチル - トリフルオロ - 1, 3 - フェニレン
 ジアミン、5 - ペンタフルオロエチル - トリフルオロ -
 1, 3 - フェニレンジアミン、2 - ペンタフルオロエチ
 ル - トリフルオロ - 1, 4 - フェニレンジアミン、3 -
 トリフルオロメトキシ - トリフルオロ - 1, 2 - フェニ
 レンジアミン、4 - トリフルオロメトキシ - トリフルオ
 ロ - 1, 2 - フェニレンジアミン、2 - トリフルオロメ
 トキシ - トリフルオロ - 1, 3 - フェニレンジアミン、
 4 - トリフルオロメトキシ - トリフルオロ - 1, 3 - フ
 エニレンジアミン、5 - トリフルオロメトキシ - トリフ
 ルオロ - 1, 3 - フェニレンジアミン、2 - トリフルオ
 ロメトキシ - トリフルオロ - 1, 4 - フェニレンジアミ

ン、3, 3' - ジアミノ - オクタフルオロビフェニル、
 3, 4' - ジアミノ - オクタフルオロビフェニル、4,
 4' - ジアミノ - オクタフルオロビフェニル、2, 2'
 - ビス(トリフルオロメチル) - 4, 4' - ジアミノヘ
 キサフルオロビフェニル、3, 3' - ビス(トリフルオ
 ロメチル) - 4, 4' - ジアミノヘキサフルオロビフェ
 ニル、ビス(3 - アミノ - テトラフルオロフェニル)エ
 ーテル、3, 4' - ジアミノ - オクタフルオロジフェニ
 ルエーテル、ビス(4 - アミノ - テトラフルオロフェニ
 ル)エーテル、3, 3' - ジアミノ - オクタフルオロベン
 ゾフェノン、3, 4' - ジアミノ - オクタフルオロベン
 ゾフェノン、4, 4' - ジアミノ - オクタフルオロベン
 ゾフェノン、ビス(3 - アミノ - テトラフルオロフェ
 ニル)スルホン、3, 4' - ジアミノ - オクタフルオロ
 ジフェニルスルホン、ビス(4 - アミノ - テトラフルオ
 ロフェニル)スルホン、ビス(3 - アミノ - テトラフル
 オロフェニル)スルフィド、3, 4' - ジアミノ - オク
 タフルオロジフェニルスルフィド、ビス(4 - アミノ -
 テトラフルオロフェニル)スルフィド、ビス(4 - アミ
 ノテトラフルオロフェニル)ジフルオロメタン、1, 2
 - ビス(4 - アミノテトラフルオロフェニル)テトラフ
 ルオロエタン、2, 2 - ビス(4 - アミノテトラフルオ
 ロフェニル)ヘキサフルオロプロパン、4, 4' - ジア
 ミノ - ドデカフルオロ - p - テルフェニル、4 - アミノ
 - テトラフルオロフェノキシ - 4' - アミノ - テトラフ
 ルオロフェニル - ジフルオロメタン、ビス(4 - アミノ
 - テトラフルオロフェノキシ) - ジフルオロメタン、
 1, 2 - ビス(4 - アミノ - テトラフルオロフェノキ
 シ) - テトラフルオロエタン、2, 2 - ビス(4 - アミ
 ノ - テトラフルオロフェノキシ) - ヘキサフルオロプロ
 パン、1, 4 - ビス(4 - アミノ - テトラフルオロフェ
 ノキシ) - テトラフルオロベンゼン、2, 6 - ジアミノ
 - ヘキサフルオロナフタレン、2, 6 - ジアミノ - オク
 タフルオロアントラセン、2, 7 - ジアミノ - オクタフ
 ルオロフェナントレン、2, 6 - ジアミノ - ヘキサフル
 オロビフェニレン、2, 7 - ジアミノ - ヘキサフルオロ
 ジベンゾフラン、2, 6 - ジアミノ - ヘキサフルオロア
 ントラキノン、2, 6 - ジアミノ - オクタフルオロアン
 トロン、2, 7 - ジアミノ - ヘキサフルオロフェノキサ
 チン、2, 7 - ジアミノ - ヘキサフルオロチアントレ
 ン、2, 7 - ジアミノ - テトラフルオロジベンゾ〔b,
 e〕1, 4ジオキサンなどである。

【0016】中でも得られるポリイミドの吸水率を低く
 保ち、近赤外域のみならず可視域にも光透過性の高い領
 域を広げるためには、テトラカルボン酸又はその誘導体
 とジアミンのいずれか、あるいはその双方にフッ素原子
 が結合したものを原料として用いることが好ましく、更
 には、構造式(化1)に示した2, 2' - ビス(トリフ
 ルオロメチル) - 4, 4' - ジアミノビフェニルをジア
 ミンとして用いることが好ましい。2, 2' - ビス(ト

リフルオロメチル) - 4, 4' - ジアミノビフェニルの製造方法は、例えば日本化学会誌、第 3 号、第 6 7 5 ~ 6 7 6 頁 (1 9 7 2) に記載されている。

【 0 0 1 7 】テトラカルボン酸又はその誘導体とジアミンを反応させることによりポリアミド酸を製造する。ポリアミド酸の製造方法は、通常のポリアミド酸の製造条件と同じでよく、一般的には N - メチル - 2 - ピロリドン、N, N - ジメチルアセトアミド、N, N - ジメチルホルムアミドなどの極性有機溶媒中で反応させる。本発明においては、ジアミン及びテトラカルボン酸又はその誘導体とも単一化合物で用いるばかりではなく、複数のジアミン、テトラカルボン酸又はその誘導体を混合して用いる場合がある。その場合は、複数又は単一のジアミンのモル数の合計と複数又は単一のテトラカルボン酸又はその誘導体のモル数の合計が等しいか、ほぼ等しくなるようにする。次いで得られたポリアミド酸のイミド化によるポリイミドの合成については、通常のポリイミドの合成法が使用できる。本発明においては、単一のポリアミド酸のイミド化のほか、複数のポリアミド酸を混合した状態でイミド化を行い、ポリイミドの混合体も得ている。

【 0 0 1 8 】本発明の光導波路型偏光子の構造は、これまで一般に製造されている埋め込み型の光導波路と同様でよく、より詳しくは特開平 4 - 9 8 0 7 号公報で明らかにしたとおりである。光の伝播モードとしては、シングルモード型、マルチモード型とも、コアの形状とサイズ、コア及びクラッドの屈折率を制御することにより製造が可能である。コアの断面形状は、正方形である場合に、より大きな径でシングルモードが達成できるということはあるものの、必ずしも正方形である必要がなく、一般に知られている埋め込み型光導波路の電磁界解析法を用いてその形状を設計することができる。

【 0 0 1 9 】光導波路のコアとクラッドの材料については、コア又はクラッドにおける屈折率の大小関係が T E 偏光方向と T M 偏光方向で逆転し、かつその差が大きいことが、消光比の高い光導波路型偏光子を作製する上で効果的である。これは一般に複屈折の大きなポリイミドと小さなポリイミドをコア、クラッドの材料として組合せることにより達成される。ポリイミド単体としての化学構造と複屈折の関係は、これまでラッセルら [T . P . Russell ほか、ジャーナル オブ ポリマーサイエンス ポリマー フィジックス (J . Poly, Sci. Poly m. Phys.)、第 2 2 巻、第 1 1 0 5 頁 (1 9 8

4)]、ロイターら [R . Reuter ほか、アプラインド オプティックス (Appl. Opt.)、第 2 7 巻、第 4 5 6 5 頁 (1 9 8 8)]、ハーミングハウスら [S . Herminghaus ほか、アプラインド フィジックス レターズ (Appl. Phys. Lett.) 第 5 9 巻、第 1 0 4 3 頁 (1 9 9 1)] などにより報告されて来ている。一般にポリイミドの酸無水物部分あるいはジアミン部分が 2 つ以上のベンゼン環から構成され、それらの間がエーテル基 (- O -)、スルホン基 (- S O₂ -)、ヘキサフルオロイソプロピリデン基 [- C (C F₃)₂ -] に代表される屈曲性の回転可能な結合で結ばれている場合には複屈折が小さくなること、他方、酸無水物部分あるいはジアミン部分の少なくとも片方が 1 つのベンゼン環から構成され、あるいは 2 つ以上のベンゼン環から構成される場合でもそれらの間が単結合で結ばれている場合には複屈折が大きくなることが明らかとされてきた。しかし、コアとクラッドの整合性を含めて異なった複屈折を有するポリイミドを光導波路に用いることはなされていない。本発明においては、コアとクラッドの材料を選択する 1 つの目安として、1 つはピロメリット酸二無水物や p - フェニレンジアミンのような分子構造に剛直性を与える原料を用いたポリイミドとし、他の 1 つは 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や 3, 3' - ジアミノジフェニルスルホンのような分子構造に柔軟性を与える原料を用いたポリイミドとすることに留意をした。

【 0 0 2 0 】

【実施例】以下、いくつかの実施例を用いて本発明を更に詳しく説明する。なお上述した様なコアとクラッドの満たすべき関係があるものの種々のポリイミドの組合せにより、また光導波路の構造により数限りない本発明のポリイミド光導波路型偏光子が得られることは明らかであり、本発明はこれらの実施例のみに限定されるものではない。

【 0 0 2 1 】本実施例に用いたポリイミド及びその混合物の T E 偏光に対する屈折率 (n_{TE})、T M 偏光に対する屈折率 (n_{TM})、平均の屈折率及び複屈折 (Δn ; $n_{TE} - n_{TM}$) を表 1 及び表 2 に示す。また、本実施例の光導波路に用いたコア材、クラッド材と、用いたポリイミドの関係を表 3 にまとめて示した。

【 0 0 2 2 】

【表 1】

13
表1 実施例1～4で使用了ポリイミド及びポリイミド共重合体の屈折率

番号	酸 二 無 水 物	ジアミン	n_{TE}	n_{TM}	平均の 屈折率	Δn
1	ピロメリット酸二無水物	2, 2'- ービス (3, 4-ジカ ルボキシフェニル) -4 ', 4'- ジアミノ ビフェニ ル	1.6144	1.4912	1.5733	0.1232
2	2, 2-ビス (3, 4-ジカ ルボキシフェニル) ヘキサフ ルオプロパン二無水物		1.5227	1.5145	1.5200	0.0082
3	番号1の酸二無水物 90mol% 番号2の酸二無水物 10mol%		1.5947	1.4983	1.5626	0.0964
4	番号1の酸二無水物 10mol% 番号2の酸二無水物 90mol%		1.5239	1.5156	1.5211	0.0083
5	番号1の酸二無水物 70mol% 番号2の酸二無水物 30mol%		1.5698	1.5105	1.5500	0.0593
6	番号1の酸二無水物 30mol% 番号2の酸二無水物 70mol%		1.5311	1.5190	1.5271	0.0121

【0023】

* * 【表2】

表2 実施例5で使用了ポリイミド混合物の屈折率

番号	ポ リ イ ミ ド 混 合 物	n_{TE}	n_{TM}	平均の 屈折率	Δn
7	表1中番号1のポリイミド 90mol% 表1中番号2のポリイミド 10mol%	1.5953	1.4988	1.5631	0.0965
8	表1中番号1のポリイミド 10mol% 表1中番号2のポリイミド 90mol%	1.5238	1.5154	1.5210	0.0084

【0024】

【表3】

表 3 本実施例で使用したコアの材料とクラッドの材料

	コ ア の 材 料	クラッドの材料
実施例 1	番号 1 のポリイミド	番号 2 のポリイミド
実施例 2	番号 2 のポリイミド	番号 1 のポリイミド
実施例 3	番号 3 のポリイミド	番号 4 のポリイミド
実施例 4	番号 5 のポリイミド	番号 6 のポリイミド
実施例 5	番号 7 のポリイミド	番号 8 のポリイミド

【 0 0 2 5 】屈折率は（株）メトリコン社製のプリズムカプラー（PC2000型）を用い、室温23℃、波長1.32μmで測定した。また、実施例で作製した光導波路型偏光子の消光比の測定は、光検出器（パワーメーター）に接続したシングルモードファイバーを導波路コアの一方の端面にあて、もう一方のコアの端面からシングルモード偏波保存ファイバー（パンダファイバー）で波長1.32μmの直線偏光（消光比40dB以上）を入射し、その入射面を回転させながら出射パワーの変化を見ることで行った。

【 0 0 2 6 】本実施例の1で示した表1中の番号1のポリイミドと、同番号2のポリイミドは、屈折率の大小関係がTE偏光方向とTM偏光方向で逆転しており、かつその差が大きいため、光導波路型偏光子を作製する上で都合がよい。また、番号1のポリイミドと番号2のポリイミドの共重合体及び混合物は、その n_{TE} が1.5227から1.6144、その n_{TM} が1.4912から1.5145の間に存在し、かつ屈折率が組成とともに連続的に変化するため、偏光子の特性を予測して設計する目的にも適している。

【 0 0 2 7 】実施例 1

表面に3μmの酸化シリコン層を形成した直径3インチのシリコンウェハに表1中の番号2のポリイミドの前駆体であるポリアミド酸のジメチルアセトアミド溶液を加熱後の膜厚が30μmになるようにスピンコート法により塗布した。この塗膜を最高温度350℃で熱処理をして下部クラッド層を形成した。引続いてこの下部クラッド層の上に表1の番号1のポリアミド酸のジメチルアセトアミド溶液を加熱後の膜厚が10μmになるようにスピンコート法により塗布した。この塗膜を最高350℃で熱処理をしてコア層を形成した。次に電子ビーム蒸着機により、アルミニウムの層を0.3μm形成した後、レジスト加工を行った。まず通常のポジ型レジスト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。次に線幅10μm、長さ60mmのパターン形成用マスクを通して超高圧水銀ランプを用いて紫外線を

照射した後、ポジ型レジスト用の現像液を用いて現像した。その後135℃でアフターベークをした。次にレジストでコートされていないアルミニウムのウェットエッチングを行った。洗浄乾燥後ドライエッチング装置を用いポリイミドのコアのエッチング加工を行った。ポリイミドの上層にあるアルミニウムを上記のエッチング液で除去し、表1中の番号2のポリアミド酸のジメチルアセトアミド溶液を加熱後の膜厚が10μmになるように再度スピンコート法により塗布した。この塗膜を最高温度350℃で熱処理をして上部クラッド層を形成した。最後にこの光導波路をシリコン基板ごとダイシングソーで切り出し、コアの両端面を光学研磨して測定試料とした。

【 0 0 2 8 】図5はこの方法により作製された光導波路型偏光子の消光比を示す実験データである。すなわち図5は偏波ファイバ回転角（度、横軸）と受光パワー（dBm、縦軸）との関係を示すグラフである。偏波保存ファイバーにより基板と平行方向の直線偏光（TE偏光）を入射したときの受光パワーが-3dBmであったのに対して、入射の偏光面を90°回転させ、基板と垂直方向の直線偏光（TM偏光）を入射したときの受光パワーは-33dBmであり、消光比にして30dBという優れた特性が得られた。この導波路はTE偏光を選択的に透過させる。また、偏光子としての挿入損失は7dBmであり、従来型の偏光子と比較しても遜色がない。

【 0 0 2 9 】実施例 2

実施例1において使用した番号1のポリイミドの前駆体であるポリアミド酸の代りに番号2のポリイミドの前駆体であるポリアミド酸を、また実施例1において使用した番号2のポリイミドの前駆体であるポリアミド酸の代りに番号1のポリイミドの前駆体であるポリアミド酸を用いて、実施例1と同様の方法で光導波路型偏光子を作製した。この偏光子にTE偏光を入射したときの受光パワーが-35dBmであったのに対し、TM偏光を入射したときの受光パワーは-7dBmであり、消光比にして28dBという優れた特性が得られた。この偏光子は

実施例 1 とは反対に T M 偏光を選択的に透過させる。偏光子としての挿入損失は 8 d B m であった。

【 0 0 3 0 】 実施例 3

実施例 1 において使用した番号 1 のポリイミドの前駆体であるポリアミド酸の代りに表 1 中の番号 3 のポリイミド共重合体の前駆体であるポリアミド酸を、また実施例 1 において使用した番号 2 のポリイミドの前駆体であるポリアミド酸の代りに表 1 中の番号 4 のポリイミド共重合体の前駆体であるポリアミド酸を用いて、実施例 1 と同様の方法で光導波路型偏光子を作製した。この偏光子に T E 偏光を入射したときの受光パワーが - 4 d B m であったのに対し、T M 偏光を入射したときの受光パワーは - 3 5 d B m であり、消光比は 3 1 d B であった。偏光子としての挿入損失は 6 d B m であった。

【 0 0 3 1 】 実施例 4

実施例 1 において使用した番号 1 のポリイミドの前駆体であるポリアミド酸の代りに表 1 中の番号 5 のポリイミド共重合体の前駆体であるポリアミド酸を、また実施例 1 において使用した番号 2 のポリイミドの前駆体であるポリアミド酸の代りに表 1 中の番号 6 のポリイミド共重合体の前駆体であるポリアミド酸を用いて、実施例 1 と同様の方法で光導波路型偏光子を作製した。この偏光子に T E 偏光を入射したときの受光パワーが - 6 d B m であったのに対し、T M 偏光を入射したときの受光パワーは - 1 7 d B m であり、消光比は 1 1 d B であった。偏光子としての挿入損失は 6 d B m であった。

【 0 0 3 2 】 実施例 5

実施例 1 において使用した番号 1 のポリイミドの前駆体であるポリアミド酸の代りに表 2 中の番号 7 のポリイミ *

* ド前駆体であるポリアミド酸の混合物を、また実施例 1 において使用した番号 2 のポリイミドの前駆体であるポリアミド酸の代りに表 2 中の番号 8 のポリイミドの前駆体であるポリアミド酸の混合物を用いて、実施例 1 と同様の方法で光導波路型偏光子を作製した。この偏光子に T E 偏光を入射したときの受光パワーが - 1 5 d B m であったのに対し、T M 偏光を入射したときの受光パワーは - 4 0 d B m であり、消光比は 2 5 d B であった。偏光子としての挿入損失は 8 d B m であった。

10 【 0 0 3 3 】

【発明の効果】本発明によれば従来の金属装荷型偏光子、結晶薄膜装荷型偏光子、半導体装荷型偏光子に代って、構成部材がポリイミドであるために、製造が容易でしかも耐熱性が良好な光導波路型偏光子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の偏光子の断面構造を示す図である。

【図 2】従来からの光導波路型偏光子の構造の代表例の 1 つを示す図である。

20 【図 3】従来からの光導波路型偏光子の構造の他の代表例を示す図である。

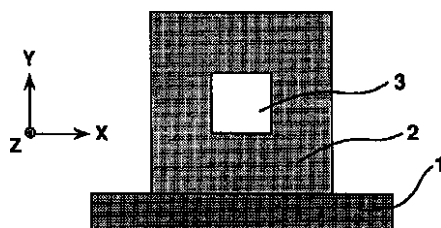
【図 4】本発明の偏光子の光の伝播方向の断面を示し、本発明の偏光子の機構を説明する図である。

【図 5】本発明の実施例 1 における偏光子の消光比測定の実験結果を示す図である。

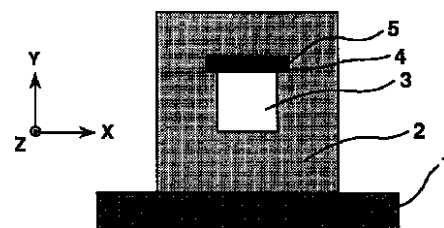
【符号の説明】

1 : 基板、2 : クラッド、3 : コア、4 : パツファ層、5 : 装荷膜

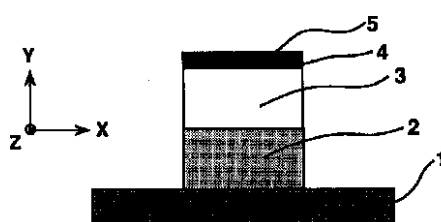
【図 1】



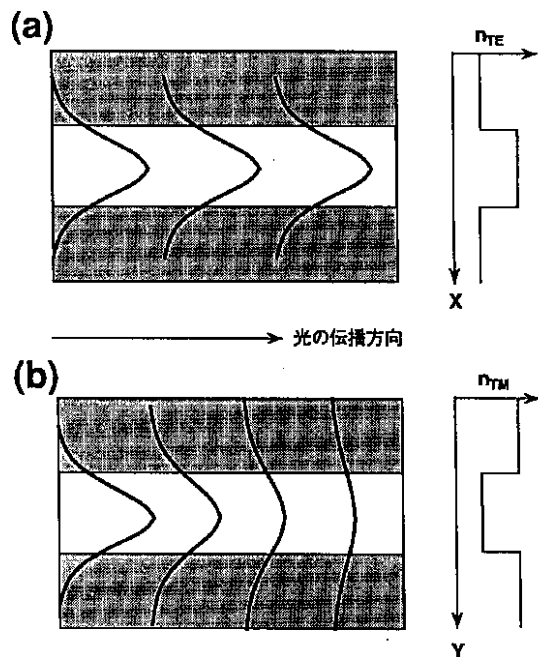
【図 2】



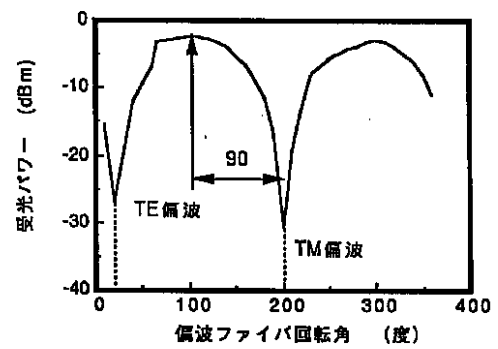
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 澤田 孝
東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 6 号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 高原 秀行
東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 6 号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 小池 真司
東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 6 号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 下川 房男
東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 6 号 日
本電信電話株式会社内