

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2006年11月2日 (02.11.2006)

PCT

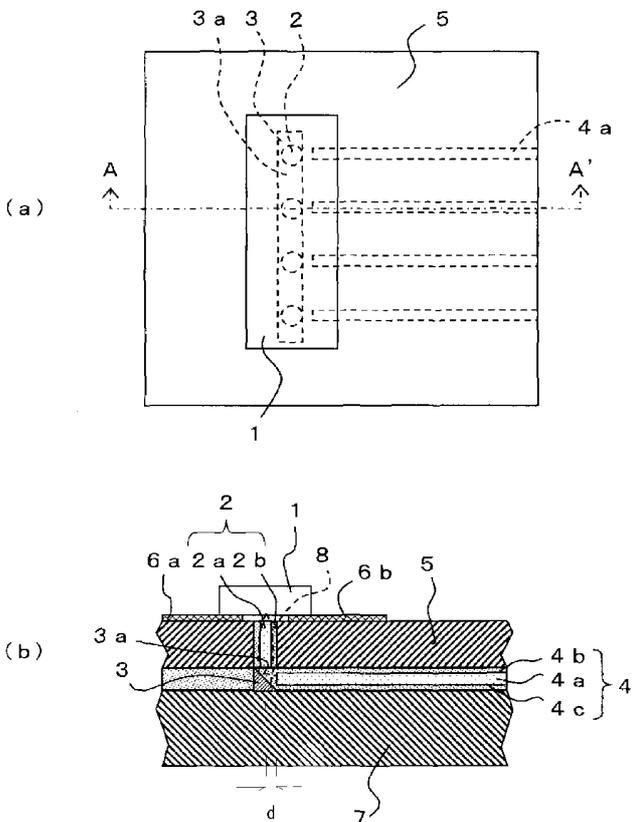
(10) 国際公開番号  
WO 2006/115248 A1

- (51) 国際特許分類: *G02B 6/42* (2006.01) *G02B 6/122* (2006.01)  
*G02B 6/43* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2006/308576
- (22) 国際出願日: 2006年4月24日 (24.04.2006)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2005-126861 2005年4月25日 (25.04.2005) JP  
特願2006-093062 2006年3月30日 (30.03.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 京セラ株式会社 (KYOCERA CORPORATION) [JP/JP]; 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 松原孝宏 (MATSUBARA, Takahiro) [JP/JP]; 〒6190237 京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地3号 京セラ株式会社中央研究所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 小島高城郎 (KOJIMA, Takiro); 〒1000006 東京都千代田区有楽町2丁目10番1号 東京交通会館9階 第一東京国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR,

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL COUPLING STRUCTURE, SUBSTRATE WITH BUILT-IN OPTICAL TRANSMISSION FUNCTION AND METHOD FOR MANUFACTURING SUCH SUBSTRATE

(54) 発明の名称: 光結合構造並びに光伝送機能内蔵基板およびその製造方法



(57) Abstract: [PROBLEMS] To provide an optical coupling structure which improves coupling efficiency of optical coupling of an optical semiconductor device and a light guide through efficient propagation and light path conversion of signal light. [MEANS FOR SOLVING PROBLEMS] An optical coupling structure is characterized in that a light guide (4), which is optically coupled with a light path converting plane (3a) arranged in substrates (5, 7), and an optical semiconductor device (1), which is mounted on the substrate (5) by permitting an active region to face the light path converting plane (3a), are optically coupled, through a cylindrical gradient index body (2), which is arranged to penetrate between the active region of the optical semiconductor device (1) on the substrate (5) and the light path converting plane (3a) and is formed of a photosensitive polymeric material. Coupling efficiency of optical coupling of the optical semiconductor device (1) and the light guide (4) is improved, and high quality and high speed signal transmission is achieved at high energy efficiency.

(57) 要約: 【課題】信号光を効率よく伝搬・光路変換させて、光半導体デバイスと光導波路との光結合の結合効率を高めることができる光結合構造を提供すること。【解決手段】基板5・7内に設けられた光路変換面3aに光学的に結合した光導波路4と、基板5上に活性領域を光路変換面3aに対向させて搭載された光半導体デバイス1とを、基板5の光半導体デバイス1の活性領域および光路変換面3aの間を貫

通するように設けられた、感光性高分子材料で形成された円筒形状の屈折率分布体2

[続葉有]

WO 2006/115248 A1



LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告書
- 補正書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

光結合構造並びに光伝送機能内蔵基板およびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、光導波路とこれに垂直な方向に配置される光伝送体とを含む光結合構造、並びにこの光結合構造を具備する光伝送機能内蔵基板およびその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 情報処理における処理量を増加させ処理スピードを向上させるために、半導体デバイスの動作速度および信号の入出力端子数は、将来に渡って増加の傾向にある。同時にその半導体デバイスを搭載する回路基板の信号配線数も著しく増大しており、配線密度も高くなる傾向にある。それに従って、実装基板に形成された電気配線における信号の減衰および隣接する配線間のクロストークが顕著に増加し、深刻な問題となっている。とりわけマイクロプロセッサに代表される大規模な半導体集積回路においては、GHzレベルの信号を低消費電力で安定して入出力させることが大きな課題である。

[0003] その課題を解決するために、半導体デバイスに入出力される電気信号を光信号に変換し、その光信号を搬送する信号光を、実装基板に形成した光導波路等の光配線によって伝送させる光伝送技術が検討されている。

[0004] その光信号と電気信号との変換を行なう光電変換部には、送信出力側には主に化合物半導体で構成される半導体レーザ(LD)や発光ダイオード(LED)等が用いられ、受信入力側にはシリコン(Si)や化合物半導体によるフォトダイオード(PD)といった光半導体デバイスが用いられる。

[0005] ところで、半導体レーザには各種のタイプがあるが、近年ではその結晶成長面で良好な結晶が得られることから、素子基板の主面に対して垂直方向に光を出射させる面発光レーザ(VCSEL)が、高性能かつ低コストな送信用光源として広く用いられつつある。

[0006] 一方、フォトダイオードも、受光部がその結晶面上にある面受光型のものが一般的

に用いられている。

- [0007] また、信号光を伝搬する光配線としては、コア部となる高屈折率の領域を低屈折率な材料で覆ってクラッド部とした光導波路が、光学ガラス、単結晶あるいは高分子光学材料を用いて作製されている。
- [0008] これら光半導体デバイスと光導波路との光結合構造においては、信号光の入出力方向と実装基板上に形成された光導波路とがおおよそ交差する位置関係にあるため、高い結合光量を得るために様々な提案がなされている。
- [0009] 図8は従来の光結合構造の代表例を示す断面図であり、特許文献1に開示された光電気配線基板の例である。図8に示す例によれば、基板100上に光配線層103と電気配線105とが形成されている。送信側においては、レーザダイオード101から出射した信号光は、図中に破線で示すように、光配線層103を構成する上部クラッド部103bへ垂直に入射し、コアパターン103aを通過して下部クラッド部103cへ入射する。そして、下部クラッド部103c内で光配線層103内に配置されたミラー部材104で伝搬方向を光配線層103の配線方向に変換され、光配線層103のコア部103aに入射する構成となっている。
- [0010] 一方、受信側においても同様に、光配線層103のコア部103aを伝搬してきた信号光が一旦下部クラッド部103cに至った後にミラー部材104で光配線層103に対して上方へ垂直に方向を変換されて、同様にコア部103aおよび上部クラッド部103bを通過した後、フォトダイオード102へ入射する構成となっている。
- [0011] また、図示しないが特許文献2には、下部基板と上部基板の間に光導波路が形成され、上部基板上にはレーザダイオードとフォトダイオードの面型光半導体デバイスが設けられている。そして、各デバイスの活性領域が基板面に対向し、各デバイスと光導波路との間に設けられた貫通孔内に透明樹脂が配置されることにより、各デバイスと光導波路とが光学的に結合されている。なお、各デバイスの光軸と光導波路の光軸とは直交するため、45°の光路変換面を有するミラー部材が光導波路の両端部に形成される。

特許文献1:特開2003-50329号公報

特許文献2:特開2004-20767号公報

## 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

- [0012] しかしながら、図8に示した光結合構造では、レーザダイオード101およびフォトダイオード102の面型光半導体デバイスと、光配線層103である光導波路との光結合の効率を高くできないという問題点があった。これは、レーザダイオード101から出射する信号光が半値全角(または拡がり角)で数十度程度に広がることに起因する。この結果、光配線層103を通過して直下のミラー部材104に至った時点では、信号光のスポットサイズが出射点の数倍以上に拡大している。
- [0013] また、ミラー部材104で光路が変換された後も、その反射面を覆って形成されている下部クラッド部103cを伝搬する間に信号光は放射状に広がる。そのため、光配線層103のコア部103aに至った時点では信号光のスポットサイズは、出射点の数倍から数十倍に拡大し、断面サイズを数十 $\mu$ m角として形成されるコア部103aよりもはるかに大きなサイズとなる。その結果、信号光はコア部103aに効率良く入射せず、光配線層103内の信号光の伝送レベルも自ずと低下してしまい、信号対雑音比(S/N比)や信号変調のダイナミックレンジが高く取れないという問題点を生じた。
- [0014] そのような問題点を回避するために信号光の伝送レベルを上げようとする、レーザダイオード101への注入電流を上げて光出力を上げることが必要になり、そのためにレーザダイオード101での消費電力は増すこととなる。そしてその場合には、信号伝送におけるエネルギー効率が低くならざるを得なくなるという問題点があった。
- [0015] また同時に、レーザダイオード101への注入電流を上げるとレーザダイオード101における発熱が増加するため、複雑な放熱構造を追加しなければならなくなったり、信頼性を低下させてしまったりすることとなる。さらには、基板100からの放熱がこの光電気配線基板を用いたシステムの動作に悪影響を及ぼしてしまうという問題点もあった。
- [0016] なお、特許文献2の光結合構造では、光半導体デバイスと光導波路との間の貫通孔内に透明樹脂が充填されているが、この透明樹脂は一様な屈折率であるため、信号光を閉じ込めて全反射させつつ伝搬させる作用が十分ではなく、損失が生じ易い。

[0017] また、特許文献2の光結合構造では、光導波路の端部をダイサー式切断機で切断することによって45°の光路変換面を形成しているが、ダイサー式切断機の刃の加工方向は一定であるため、光導波路に対して発光デバイスと受光デバイスとが常に同じ側に位置することになる。例えば、光導波路が基板内部において基板面に平行に配置されている場合、発光デバイスと受光デバイスは双方とも基板の同じ面上に配置されている場合、発光デバイスと受光デバイスは双方とも基板の同じ面上に配置される。つまり、発光デバイスを一方の面上、受光デバイスと他方の面上に配置することはできなかった。従って、従来の電気配線基板で実施されているように、基板の表面と裏面の間、並びに基板内部に含まれる複数の層間において自在に光配線層を配置する設計の自由度が制限されていた。

[0018] 本発明は上記のような従来の技術における問題点を考慮してなされたものであり、その目的は、面型光半導体デバイスと光導波路との光結合において、入出力信号光を効率よく伝搬および光路変換させて、面型光半導体デバイスと光導波路との光結合の結合効率を高めることができる光結合構造を提供することにある。

[0019] また本発明の他の目的は、本発明の光結合構造を用いた、高性能で高い効率を有するとともに低消費電力となる光伝送機能内蔵基板を実現することにある。

[0020] さらに本発明の他の目的は、本発明の光結合構造を、基板の両面間並びに基板内部に自在に配置できる光伝送機能内蔵基板およびその製造方法を実現することである。

#### 課題を解決するための手段

[0021] 上記の目的を達成するべく、本発明は以下の構成を提供する。

(1) 本発明の光結合構造は、光導波路と、径方向において中心部から周辺部に向かって屈折率が低くなる円筒形状の屈折率分布体と、前記光導波路と前記屈折率分布体の間で光路を変換させるべく前記光導波路および前記屈折率分布体の双方に対して光学的に結合した光路変換面とを有する。

(2) 上記光結合構造において、前記屈折率分布体は、径方向において中心部から周辺部に向かって階段状に低くなるように形成された屈折率分布を具備する。

(3) 上記光結合構造において、前記屈折率分布体は、径方向において中心部から周辺部に向かって同心円状に漸次低くなるように形成された屈折率分布を具備する

。

(4) 上記光結合構造において、前記屈折率分布体は感光性高分子材料で形成され、紫外光の照射によって前記屈折率分布を形成されている。

(5) 上記光結合構造において、前記光導波路は感光性高分子材料によって形成され、紫外光の照射によってコア部と前記コア部の周囲のクラッド部とが形成されている。

(6) 上記光結合構造において、前記光路変換面が前記屈折率分布体の光軸に対して傾斜した光反射面を具備し、前記光反射面は前記光導波路のコア部とクラッド部との境界面における屈曲部に形成されている。

(7) 上記光結合構造において、前記光路変換面は、前記屈折率分布体の光軸に対して45度傾斜した光反射面を具備する。

(8) 上記光結合構造において、前記光路変換面と前記光導波路の端部が間隔を空けて対向している。

(9) 上記光結合構造において、前記屈折率分布体および前記光路変換面を介して前記光導波路に光学的に結合しかつ活性領域を前記屈折率分布体に対向させた光半導体デバイスをさらに有する。

(10) 上記光結合構造において、前記光半導体デバイスがそれぞれ面発光型レーザーダイオードまたは面受光型フォトダイオードである。

(11) 本発明の光伝送機能内蔵基板は、上記光結合構造と、基板とを有し、前記光導波路および前記光路変換面が前記基板上に形成され、前記屈折率分布体が前記基板を貫通して形成されている。

(12) さらに本発明の光伝送機能内蔵基板は、上記光結合構造と、第1の基板と、前記第1の基板と平行に配置された第2の基板とを有し、前記光導波路および前記光路変換面が前記第1と第2の基板の間に形成され、前記屈折率分布体が前記第1または第2の基板を貫通して形成されている。

(13) さらに本発明の光伝送機能内蔵基板は、上記光結合構造と、基板とを有し、前記光導波路および前記光路変換面が前記基板の一方の面上に形成され、前記光半導体デバイスが前記基板の他方の面上に配置され、前記屈折率分布体が前記基

板を貫通して形成されている。

(14)さらに本発明の光伝送機能内蔵基板は、上記光結合構造と、第1の基板と、前記第1の基板と平行に配置された第2の基板とを有し、前記光導波路および前記光路変換面が前記第1と第2の基板の間に形成され、前記光半導体デバイスが前記第1または第2の基板における前記光導波路および前記光路変換面を形成した面と反対側の面上に配置され、前記屈折率分布体が前記第1または第2の基板を貫通して形成されている。

(15)さらに本発明の光伝送機能内蔵基板は、第1の基板と、前記第1の基板と平行に配置された第2の基板と、前記第1と第2の基板の間に形成された光導波路と、前記光導波路上の離間した位置にて前記第1と第2の基板をそれぞれ貫通して形成された第1および第2の屈折率分布体と、前記光導波路と前記第1の屈折率分布体の間で光路を変換させるべく前記光導波路および前記第1の屈折率分布体の双方と光学的に結合した第1の光路変換面と、前記光導波路と前記第2の屈折率分布体の間で光路を変換させるべく前記光導波路および前記第2の屈折率分布体の双方と光学的に結合した第2の光路変換面とを有し、

前記光導波路と、前記第1の屈折率分布体と、前記第1の光路変換面とが上記光結合構造を形成し、かつ

前記光導波路と、前記第2の屈折率分布体と、前記第2の光路変換面とが上記光結合構造を形成する。

(16)本発明の光伝送機能内蔵基板の製造方法は、基板内部に形成された光導波路と、円筒形状の屈折率分布体と、前記光導波路と前記屈折率分布体の間で光路を変換させるべく前記光導波路および前記屈折率分布体の双方に対して光学的に結合した光路変換面とを有し、前記光路変換面が前記屈折率分布体の光軸に対して傾斜した光反射面を具備し、前記光反射面は前記光導波路のコア部とクラッド部の境界面を屈曲させて形成されている光伝送機能内蔵基板の製造方法において、

前記光路変換面を形成する工程が、

コア部を形成した後、前記屈折率分布体の光軸と交わる位置において前記コア部を除去することにより前記コア部の表面に傾斜面を形成する工程と、

前記傾斜面を光反射膜で覆うことにより前記光反射面を形成する工程と、  
前記光反射膜上を含む前記コア部上にクラッド部を形成する工程とを含む。  
(17) 本発明の光伝送機能内蔵基板の製造方法は、基板内部に形成された光導波路と、円筒形状の屈折率分布体と、前記光導波路と前記屈折率分布体の間で光路を変換させるべく前記光導波路および前記屈折率分布体の双方に対して光学的に結合した光路変換面とを有し、前記光路変換面が前記屈折率分布体の光軸に対して傾斜した光反射面を具備し、前記光反射面は前記光導波路のコア部とクラッド部の境界面を屈曲させて形成されている光伝送機能内蔵基板の製造方法において、  
前記光路変換面を形成する工程が、  
クラッド部を形成するに先立って、前記屈折率分布体の光軸と交わる位置において突起を形成する工程と、  
前記突起上に前記突起の外郭形状に沿ってクラッド部を形成することにより前記クラッド部の表面に傾斜面を形成する工程と、  
前記傾斜面を光反射膜で覆うことにより前記光反射面を形成する工程と、  
前記光反射膜上を含む前記クラッド部上にコア部を形成する工程とを含む。

### 発明の効果

- [0022] 本発明の光結合構造によれば、径方向において中心部から周辺部に向かって屈折率が低くなる円筒形状の屈折率分布体が、光を中心部に閉じ込めつつ伝搬させる光閉じ込め作用をもつ。従って、光導波路と、屈折率分布体と、これらの間で光路を変換させるべく双方に対して光学的に結合した光路変換面とを有する光結合構造においては、屈折率分布体をもつ光閉じ込め作用によって屈折率分布体中を効率よく伝搬してきた光が、光路変換面に効率よく入射し、光路変換面によって光導波路の光軸方向に光路を変換し、さらに光導波路に効率よく入射することができる。また、光導波路を伝搬してきた光は、光路変換面によって屈折率分布体の光軸方向に光路を変換し、屈折率分布体に入射し、その光閉じ込め作用によって屈折率分布体中を効率よく伝搬することができる。
- [0023] また、本発明の光結合構造において屈折率分布体の屈折率が中心部から周辺部に向かって階段状に低くなっているときには、信号光は屈折率の境界で反射されて

中心部の高屈折率領域に閉じ込められて伝搬するので、屈折率分布体が一樣な屈折率を持つ場合に比べてより高効率な信号光伝搬を実現することができる。

[0024] また、本発明の光結合構造において屈折率分布体の屈折率が中心部から周辺部に向かって同心円状に漸次低くなっているときには、信号光は屈折率分布体の中心部分を蛇行しながら閉じ込められて伝搬するので、より広帯域の信号光伝搬を行なうことができる。

[0025] また、本発明の光結合構造において屈折率分布体が感光性高分子材料で形成されることにより、紫外光の照射によって周辺部に低屈折率領域を形成するときには、例えば中央部のみを遮光して周辺部に開口を持ったマスクを上方に配置し、そのマスクを通して紫外光を露光するだけで屈折率分布体が形成できるので、より簡単な製造プロセスで光結合構造を実現することができる。

[0026] また、本発明の光結合構造において光導波路が感光性高分子材料で形成されることにより、紫外光の照射によってコア部の周囲に低屈折率領域であるクラッド部を形成するときには、光導波路のコアパターンに対応する部分を遮光する暗部としたフォトマスクを使う露光工程だけで光導波路を形成することができるので、光導波路の製造工程を短時間で済ませることができ、その製造コストを低下させることができる。

[0027] また、本発明の光結合構造において光路変換面が光導波路のコア部とクラッド部の境界面を屈曲させて形成される場合には、別個のミラー部材を取り付ける必要がない。また、光導波路が基板内部(または2つの基板の間)に形成される形態としたとき、コア部が上部クラッド部と下部クラッド部に挟まれており、コア部とクラッド部の境界面が2つ存在するから、光導波路の光軸方向に垂直な方向に光路を変換する場合、コア部とクラッド部の一方の境界面側との間で光路を変換する光路変換面と、他方の境界面側との間で光路を変換する光路変換面のいずれも形成することができる。

[0028] また、本発明の光結合構造において光路変換面が屈折率分布体の光軸に対して45度傾斜した光反射面をもつ場合には、光軸に沿って伝搬してきた信号光を屈折率分布体の光軸と直角な方向に反射するので、基板の表面に対して光軸を直角方向にして配置される屈折率分布体の信号光の伝搬方向を、基板の表面に対して光軸を平行にして配置される光導波路の光軸と平行になるように変換することができる。

[0029] さらに、本発明の光結合構造において光路変換面と光導波路の端部とが間隔を空けて対向している場合には、光路変換面からの伝搬光を光導波路に対してその端部に直角に入射するように結合させることができるので、光路変換面を介して屈折率分布体と光導波路との間で高効率な光結合を実現することができる。

[0030] さらに、本発明の光結合構造において屈折率分布体および光路変換面を介して光導波路に光学的に結合しかつ活性領域を屈折率分布体に対向させた光半導体デバイスを設けた場合には、光半導体デバイスの活性領域からの出力光が、屈折率分布体をもつ光閉じ込め作用によって屈折率分布体を効率よく伝搬して光路変換面に入射し、光路変換面によって光導波路の光軸方向に光路を変え、光導波路に効率よく入射することができる。また、光導波路から光半導体デバイスの活性領域への入力光は、光導波路と光学的に結合した光路変換面によって屈折率分布体の光軸方向に光路を変え、屈折率分布体に入射し、屈折率分布体をもつ光閉じ込め作用によって屈折率分布体を効率よく伝搬して光半導体デバイスの活性領域に入射することができる。

従って、本発明の光結合構造によれば、光閉じ込め作用をもつ屈折率分布体を設けたことにより、従来の構造に対して光半導体デバイスと光導波路との光結合の結合効率を高くすることができ、高品質で高速な信号伝送を高いエネルギー効率で実現することができる。

[0031] さらに、本発明の光結合構造において、光半導体デバイスが面発光型レーザダイオードまたは面受光型フォトダイオードである場合には、屈折率分布体にこれらの光半導体デバイスの活性領域を対向させて実装するだけで高効率な光結合が容易に構成できるので、特別な部品を用いずとも高効率な光結合構造を容易に実現することができる。

[0032] 本発明の光伝送機能内蔵基板によれば、上記の光結合構造と、1または2の基板とを組合せ、基板上および／または基板間に光導波路を設け、1または2の基板の少なくとも1つに屈折率分布体を形成し、かつ／または基板上に光半導体デバイスを配置したことにより、上記の光結合構造について述べた通りの効果を奏することができる。

従って、本発明の光伝送機能内蔵基板によれば、本発明の光結合構造を用いたことによって、高性能で高い効率を有するとともに低消費電力となる光伝送機能内蔵基板を実現することができる。

- [0033] 本発明の光伝送機能内蔵基板の製造方法では、第1の基板と第2の基板の間に形成された光導波路において、第1の基板に形成した屈折率分布体および第2の基板に形成した屈折率分布体のいずれにも光学的に結合させることができる光路変換面を形成することができる。すなわち、光導波路ではコア部が上部クラッド部と下部クラッド部に挟まれており、コア部とクラッド部の境界面が2つ存在するから、光導波路の光軸方向とそれに垂直な方向との間で光路を変換する場合、コア部とクラッド部の一方の境界面側との間で光路を変換する光路変換面と、他方の境界面側との間で光路を変換する光路変換面のいずれも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

- [0034] 以下、本発明の光結合構造並びに光伝送機能内蔵基板およびその製造方法について、図面を参照しつつ詳細に説明する。

図1は本発明の光結合構造およびそれを用いた本発明の光伝送機能内蔵基板の実施の形態の一例における概略構成を示す図であり、(a)は平面図、(b)は(a)のA-A'線における断面図である。

- [0035] 図1において、1は光半導体デバイス、2は屈折率分布体、3は光路変換面3aを有する光路変換体、4は光導波路であり、4aはコア部、4bは上部クラッド部、4cは下部クラッド部を示す。また、5は後述する第1の基板上に配置される第2の基板である上部基板、6aおよび6bはそれぞれ上部基板5上に形成された電極および電気配線((a)においては図示を省略している。)を示し、7は第1の基板である下部基板、8は信号光を模式的に表したものである。上部基板5および下部基板7により光伝送機能内蔵基板が構成されている。

- [0036] 図1に示すように、本発明の光結合構造は、光導波路4と、屈折率分布体2と、光導波路4と屈折率分布体2の間で光路を変換させるべく光導波路4および屈折率分布体2の双方に対して光学的に結合した光路変換面3aとを有する。屈折率分布体2は、円筒形状であり、径方向において中心部から周辺部に向かって屈折率が低くなっ

ている。なお、屈折率分布体2は、光導波路4に対し垂直に延在することが好適であるが、光導波路4と光学的に結合させることができれば垂直でなくともよい。

[0037] この光結合構造を用いた光伝送機能内蔵基板は、例えば上部基板5および下部基板7からなる基板内(上部基板5と下部基板7の間)に設けられた光路変換体3の光路変換面3aに光学的に結合した光導波路4と、上部基板5上に活性領域を光路変換面3aに対向させて搭載された光半導体デバイス1とを、上部基板5の光半導体デバイス1の活性領域および光路変換面3aの間を貫通するように設けられた、感光性高分子材料で形成された円筒形状の屈折率分布体2を介して光学的に結合したものである。

[0038] 光半導体デバイス1は、発光デバイスである半導体レーザや発光ダイオード等、あるいは受光デバイスであるフォトダイオード等である。以下、光半導体デバイス1が発光デバイスである場合を例にとりて説明する。

[0039] 光半導体デバイス1は、上部基板5上に形成された電極6a、6b上に活性領域である発光点(図示せず)を上部基板5に向けて搭載され、その電極(図示せず)が電極6a、6bに接合される。接合材料にはハンダ合金や導電性接着剤を用いることができる。光半導体デバイス1を搭載する際は、屈折率分布体2を介して発光点が光路変換面3aと光学的に結合するように、光半導体デバイス1を所定の位置に配置する。これを実現するために、画像処理装置等を使って光半導体デバイス1の位置決めを精密に行う。

[0040] 光半導体デバイス1に対しては、電極6a、6bを通して、そのアノード電極からカソード電極への順方向に電流が印加される。光半導体デバイス1の下面にアノード電極およびカソード電極の双方がある場合は図1に示したような搭載・接合構造で順方向に電流を流すことができる。また、アノード電極とカソード電極とが光半導体デバイス1の下面と上面とに別々に形成されている場合は、実装面である下面とは反対の上面にある電極に金属細線をボンディングする構造(図示せず)によって、順方向に電流を流すことができる。それにより、発光デバイスである光半導体デバイス1の活性領域から光が出射される。

[0041] 光伝送機能内蔵基板を構成する上部基板5には、光半導体デバイス1の発光点が

対向する位置に、感光性高分子材料で形成された円筒形状の屈折率分布体2が設けられている。また、屈折率分布体2は、光半導体デバイス1の発光点と光路変換体3の光路変換面3aとの間で上部基板5を貫通している。屈折率分布体2は、図示するように光半導体デバイス1の活性領域および光路変換面3aに対応する大きさの円筒形状の光導波部材である。屈折率分布体2の直径は、光半導体デバイス1の発光点のサイズおよびそこから放射される出射光に対して十分に大きなものとする。

[0042] 屈折率分布体2は、その屈折率の分布が径方向において中心部2aで高く周辺部2bで低くなっている。このような同心円状の屈折率の分布は、信号光を中心部に閉じ込める光閉じ込め作用をもつ。これにより、屈折率分布体2は、中心軸すなわち光軸に沿って信号光を伝搬させる。このような屈折率分布体2としては、大別して2種類ある。1つは、中心部2aの屈折率が周辺部2bに対して例えば数%高く、中心部2aから周辺部2bに向かって階段状に低くなっている階段状屈折率分布体である。もう1つは、中心軸から周辺部に向かって徐々に屈折率が低下していく、屈折率が中心部2aから周辺部2bに向かって漸次低くなっている傾斜状屈折率分布体である。

[0043] 本発明の光結合構造における屈折率分布体2は、感光性高分子材料によって形成されることが好適である。感光性高分子材料としては、例えば、光を照射すると屈折率が低下するフォトブリーチング現象を生じるポリシラン系ポリマー樹脂、あるいは光を照射した部分の屈折率が高くなる感光性のアクリル系樹脂やエポキシ樹脂がある。この際に用いられる光としては波長が紫外領域である紫外光が用いられる。このような感光性高分子材料を用いることによって、真空プロセスによるコア形状の加工といったような高価で大掛かりな製造装置を用いることなく、所望の屈折率差のある中心部2a(コア部)と周辺部2b(クラッド部)を有する屈折率分布体2が形成できる。すなわち、所望の屈折率分布を有する屈折率分布体2を、短時間かつ低コストに形成することができる。

[0044] 以下、フォトブリーチング現象を生じる感光性高分子材料を用いた場合の屈折率分布体2の作製方法を図2を用いて説明する。図2(a)～(d)は、本発明の光結合構造における屈折率分布体2を、上部基板5を貫通した形態で形成する方法の実施形態の一例を示す工程ごとの要部断面図である。

- [0045] まず、図2(a)に示すように、上部基板5を貫通する貫通孔5aを形成する。貫通孔5aの位置は、後の工程で搭載される光半導体デバイス1の活性領域の位置と、同じく後の工程で形成される光路変換体3の光路変換面3aの位置の間に対応させる。
- [0046] 本発明の光伝送機能内蔵基板を構成する上部基板5および下部基板7には、光半導体デバイス1を実装する回路基板として用いられる、有機材料による回路基板、あるいはセラミックスやガラス、シリコンによる回路基板等を用いる。そのような上部基板5に対する貫通孔5aの形成方法には、例えばドリルによる孔加工や、レーザによる孔加工等を用いればよい。
- [0047] 次に、図2(b)に示すように、その貫通孔5aに液状の感光性高分子材料2'を充填する。この充填方法にはシリンジによる注入法や真空吸引による吸引法を用いればよい。このように液状の感光性高分子材料2'を貫通孔5aに充填する際には、液状の感光性高分子材料2'が貫通孔5aから溢れ出たり、逆に不足したりすることがないように、その上下端面が上部基板5の上下面とそれぞれほぼ同一平面になるように充填する。
- [0048] 次に、それを約100°Cで数分間加熱していわゆるプリバークを行なう。それによって感光性高分子材料2'の反応による硬化が進み、固化する。
- [0049] 次に、図2(c)に示すように、フォトマスク9を介して、上部基板5に垂直な方向から紫外光の照射を行なう。フォトマスク9には、例えば貫通孔5aより小さい径の円形の遮光部9bをマスクパターンとして形成したものをを用いる。なお、9aは透光部である。この遮光部9bは屈折率分布体2の中心部2aに対応するマスクパターンとして形成されている。
- [0050] それによって、図2(d)に示すように、充填した感光性高分子材料2'の周辺部のみに紫外光が照射され、紫外光が照射された周辺部の部分だけ屈折率が低下する。これにより、コア部となる中心部2aとクラッド部となる周辺部2bとを持つ階段状屈折率分布体2が形成される。ここで、紫外光が照射された周辺部2bの屈折率の低下は、紫外光の照射時間および光量が大きいくほど大きくなる。
- [0051] 最後に、全体を約100°Cで数十分間加熱して、いわゆるポストバークを行なう。これによって感光性高分子材料2'の硬化がさらに進み、十分な硬さを持ち特性が安定し

た屈折率分布体2が完成する。

[0052] なお、図2の形成方法により形成される屈折率分布体2は、その屈折率が中心部2aから周辺部2bに向かって階段状に低くなっている階段状屈折率分布体2である。このように屈折率が中心部2aから周辺部2bに向かって階段状に低くなっていることによつて、上部基板5に実装した光半導体デバイス1と屈折率分布体2のそれぞれの光軸が同一方向となる。よつて、信号光は屈折率分布体2中の屈折率の境界面で反射されながら中心部2aの高屈折率領域に閉じ込められて伝搬する。なお、階段状の屈折率分布とした場合の方が傾斜状の屈折率分布とした場合に比べて、屈折率分布体2の前後の光結合効率を高くできる。

[0053] 屈折率分布体の別の形成方法では、紫外光を照射した部分の屈折率が高くなる感光性高分子材料を用いる。そのような感光性高分子材料、例えば、アクリル系樹脂やエポキシ樹脂を用いる場合には、図2に示したフォトブリーチング現象による作製方法とは逆の光透過率をもつフォトマスクを用いる。そのフォトマスクは、屈折率を低くしたい箇所である周辺部2bに対応した遮光部を形成されるか、あるいは屈折率を高くしたい箇所である中心部2aに対応した透光部または開口を形成される。そして、図2と同様の紫外光露光を行なうことで、中心部2aの屈折率が高い階段状屈折率分布体2を形成できる。あるいは、中心部に対応した開口部から周辺部に向かって徐々に光透過率を低下させたフォトマスクパターンを用いて露光することによつて、傾斜状屈折率分布体を形成できる。

[0054] 図3は、フォトブリーチング現象を生じる感光性高分子材料により傾斜状屈折率分布をもつ屈折率分布体2を形成する方法を示す図である。図3(a)および(b)は、図2(c)および(d)と同様の工程ごとの要部断面図であり、図2と同様の箇所には同じ符号を付してある。図3(a)に示すように、円形の中央部から周囲に向かって徐々に光透過率を高くした遮光部9bをもつマスクパターンのフォトマスク9を用いれば、光透過率に比例した光量の紫外光が感光性高分子材料2'に照射されることとなり、屈折率の低下も半径方向の外側へ行く程大きくなり、結果として図3(b)に示すようなコア部となる中心部2aおよびクラッド部となる周辺部2bからなる傾斜状屈折率分布体2を得ることができる。

- [0055] なお、この傾斜状屈折率分布体2における直径方向の屈折率分布の例を図3(c)に線図で示す。図3(c)において横軸は屈折率分布体の直径方向 $r$ を、縦軸は屈折率 $n$ を表わし、特性曲線は屈折率分布を示している。この例では、屈折率分布体2の中心において最も屈折率が高く、直径方向に沿って周辺部2bに向かっていわゆる釣鐘状の特性曲線で屈折率が漸次低くなっている。
- [0056] 傾斜状屈折率分布体2では、信号光は中心部2aを蛇行しながら閉じ込められて伝搬するので、階段状屈折率分布体に比べて、屈折率の境界面で信号光が反射する際に発生する位相のずれを発生させないようにすることができる。併せて、信号光の伝搬経路差による群速度の差を小さくできるため、より広帯域の信号光の伝搬ができるものとなる。
- [0057] また、以上のように、屈折率分布体2の周辺部2bに低屈折率領域を形成する場合、信号光の閉じ込め作用を高めることができるので、屈折率分布体2の外側への漏れ光を少なくすることができる。また、紫外光の照射によって容易かつ確実に周辺部2bに低屈折率領域を形成することができる。
- [0058] 以上の説明では屈折率分布体2を、基板に1つだけ形成する場合を例として説明したが、屈折率分布体2が2つ以上ある場合も、マスクパターンを対応させるだけで同様に実施できる。また、図1(a)に示すように屈折率分布体2を1列に複数設ける場合の他に、行列状(マトリクス状)に設けることも、マスクパターンを対応することにより可能である。
- [0059] 次に、下部基板7上には、上部基板5と下部基板7との間すなわち光伝送機能内蔵基板内に位置するように、屈折率分布体2に光学的に結合した光路変換面3aを有する光路変換体3と、その光路変換面3aに光学的に結合した光導波路4とが形成されている。これにより、上部基板5上に搭載される光半導体デバイス1と光伝送機能内蔵基板内の光導波路4とが、屈折率分布体2および光路変換面3aを介して光学的に結合する。なお、図1(b)では、基板内に設けられた光導波路4は基板の面に平行に設けられているが、屈折率分布体2と光学的に結合させることができれば基板の面に平行でなくともよい。
- [0060] 図4(a)～(g)は、光路変換面3aおよび光導波路4の形成方法の例を工程順に示

した要部断面図である。各要部断面図は、左側に図1(a)に示したA-A'線断面図に相当する要部断面図を、右側にその直交する方向の要部断面図を示している。なお、この例においては、上記の屈折率分布体2の形成方法と同様にフォトブリーチング現象を持つ感光性高分子材料を用いた場合を例として示す。

- [0061] 図4(a)に示すように、光路変換体3は、断面が光路変換面3aを斜辺とする直角二等辺三角形状をした三角柱状であり、ガラス、金属、樹脂等によって形成される。そして、その断面における直角を形成する一方の面を下部基板7上に載置し、断面における斜辺を形成する面を光路となる光導波路側に向けて配置される。光路変換体3を下部基板7上に固定するには、接着剤を用いてもよいし、ハンダ等の金属接合方法を用いてもよい。
- [0062] 下部基板7の上面に対しておおよそ45度の角度となる光路変換体3の斜面には光半導体デバイス1から光導波路4への出射光あるいは光導波路4から光半導体デバイス1への入射光の反射率を高くする光反射膜である金属コーティング(図示せず)が施されており、それによって光路変換体3の斜面が良好な光反射を行なう光路変換面3aとして機能する。これによって、光路変換体3は信号光の光路変換を行なう機能を有する。すなわち、光路変換体3は、光半導体デバイス1から屈折率分布体2を介して下部基板7に対して垂直に入射した信号光を、下部基板7の上面に平行な方向へ90度方向変換し、下部基板7の上面と平行に光導波路4を進行させる。あるいは、光路変換体3は、光導波路4から下部基板7の上面に平行に進行してきた信号光を下部基板7に対して垂直な方向へ90度方向変換して光導波路デバイス1に向けて屈折率分布体2を進行させる。
- [0063] なお、光路変換面3aが、下部基板7の上面に対して45度傾斜した斜面であるときには、下部基板7の上面に対して垂直に配置される屈折率分布体2の光軸に対しても45度傾斜した光反射面となる。このように光路変換面3aが屈折率分布体2の光軸に対して45度傾斜した光反射面をもつ場合には、屈折率分布体2の光軸に沿って伝搬してきた信号光を屈折率分布体2の光軸と直角な方向に反射する。これにより、光路変換面3aは、屈折率分布体2の光軸に対して光軸を直角にして配置されている光導波路4の光軸と平行となるように信号光の伝搬方向を変換できることになる。

- [0064] 次に、図4(b)に示すように、光路変換体3が設けられた下部基板7の上面に、屈折率分布体2の形成材料と同様の感光性高分子材料を一定の厚さで塗布し、プリベークを施す。屈折率分布体と同じ材料とすることにより信号光の反射を低減できる。これにより、光導波路4の下部クラッド部4cが形成される。
- [0065] 次に、図4(c)に示すように、下部クラッド部4cの上に再度、光導波路4のコア部4aとなる感光性高分子材料を塗布し、プリベークを行なって固化させる。このプリベークは約100°C、数分間でよい。
- [0066] 次に、図4(d)に示すように、光導波路4のコア部4aの所望するパターンに対応する遮光部9bを形成したフォトマスク9を介して、上方から紫外光による露光を行なう。これにより、紫外光に露光された部分の屈折率が露光時間および光量に応じて低下する。
- [0067] こうして、図4(e)に示すようにコア部4aが形成される。このとき、光導波路4のコア部4aの端部が、光路変換面3aに対して所定の間隔を空けて位置するように遮光部9bのパターンを形成するとよい。光路変換面3aと光導波路4の端部とを間隔を空けて対向させることにより、光路変換面3aからの伝搬光が光導波路4の端部に対して確実に直角に入射することになる。この結果、屈折率分布体2と光導波路4との間で光路変換面3aを介して高効率な光結合を実現することができる。
- [0068] 次に、図4(f)に示すように、フォトマスクを介さずに感光性高分子材料の全面を紫外光で一定時間露光する。これにより、上面から一定の深さにフォトブリーチング現象を生じさせる。
- [0069] こうして、図4(g)に示すように上部クラッド部4bが形成される。これにより、低屈折率の上部クラッド部4bと下部クラッド部4cとで周囲を囲まれたコア部4aを具備する光導波路層4が形成される。
- [0070] その後、図2または図3に示した方法で屈折率分布体2を形成された上部基板5と、図4に示した方法で光路変換面3aをもつ光路変換体3及び光導波路4を形成された下部基板7とを互いに位置決めして接着剤等で接合し、一体化する。これにより、本発明の光結合構造を有する本発明の光伝送機能内蔵基板を得ることができる。
- [0071] 再び図1(b)を参照して説明する。上述した本発明の光伝送機能内蔵基板では、

光半導体デバイス1が面発光型レーザダイオードの場合は、出射光である信号光は一般に半値全角(拡がり角度)が20度から30度の範囲で放射状に広がる。一方、一般的な電極6aおよび6bの厚みは数 $\mu\text{m}$ なので、出射光のビームスポットとほぼ同じサイズで屈折率分布体2に信号光が入射することとなり、屈折率分布体2の内部で信号光の反射閉込めが行なわれる(階段状屈折率分布体の場合)。もしくは、信号光が屈折率分布体2中を蛇行しながら伝搬する(傾斜状屈折率分布体の場合)。それにより、信号光が屈折率分布体2から周囲に散乱して損失となることによる信号光の減衰量を低減できる。すなわち、光半導体デバイス1が面発光型レーザダイオードの場合は、上部基板5上にこれらの光半導体デバイス1を上部基板5側に活性領域を対向させて実装するだけで容易に光結合が構成できる。従って、特別な部品を用いずとも高効率な光結合構造を容易に実現できる。

- [0072] また、光導波路4を感光性高分子材料とすることにより、紫外光露光による感光工程のみで光導波路4を形成できるため、製造工程を簡略化でき、製造コストを低下させることができる。
- [0073] さらに、光導波路4は、紫外光露光によってコア部4aの周囲に低屈折率領域であるクラッド部4bを形成する場合は、光導波路4のコアパターンに対応する部分を遮光する暗部としたフォトマスクを使う露光工程だけで形成できるので、光導波路4の製造工程を短時間で済ませられ、その製造コストを低下させることができる。
- [0074] 屈折率分布体2からの信号光は、屈折率分布体2が階段状屈折率分布体の場合は、その中心部2aと周辺部2bとの屈折率差に応じた角度で拡がることとなる。この場合には、屈折率差を調整することによって拡がり角度を所望の値に制御することができる。また、屈折率分布体2が傾斜状屈折率分布体の場合は、信号光は一定の周期をもって屈折率分布体2中を蛇行することとなる。この場合には、信号光は中心部2aを蛇行しながら閉じ込められて伝搬するので、屈折率の境界面で信号光が反射する際に発生する位相のずれを発生させないようにすることができ、併せて信号光の伝搬経路差による群速度の差を小さくできるため、より広帯域の信号光の伝搬が可能となる。
- [0075] そして、屈折率分布体2を通過して出射した信号光は、光導波路4の上部クラッド部4

bを透過して、光路変換体3の光路変換面3aで進行方向を90度変換され、光導波路4のコア部4aに入射してその内部を伝搬する。

- [0076] 光導波路4のコア部4aの端面が信号光の進行方向に対して垂直であって、光路変換体3の極近傍で光路変換面3aと間隔dをおいて対向することにより、光路変換面3aからの伝搬光は光導波路4に対してその端部に確実に直角に入射する。従って、光路変換面3aを介し光結合して光導波路4のコア部4aに入射する信号光量が、特許文献1に示す従来の光結合構造における場合と比較して高くなる。
- [0077] 以上の例においては、光半導体デバイス1が面発光型デバイスの場合について説明した。光半導体デバイス1が面受光型デバイスの場合には、信号光の出射から伝搬、光路変換面3aにおける反射による光路変換、光導波路4への入射が逆の順序になる。すなわち、光導波路4を伝搬してきた信号光はコア部4aから出射し、光路変換体3の光路変換面3aで反射され、光路を90度変換されて屈折率分布体2に入射する。そして、その信号光は、面受光型フォトダイオード等の面受光型光半導体デバイス1の活性領域へと達して受光される。
- [0078] 本発明の光伝送機能内蔵基板において、光半導体デバイス1が面発光型レーザダイオードまたは面受光型フォトダイオードであるときには、上部基板5上にこれらの光導波路デバイス1を活性領域を上部基板5側に対向させて実装するだけで光結合を容易に構成できるので、特別な部品を用いずとも高効率な光結合構造を容易に実現することができるものとなる。
- [0079] 本発明の光伝送機能内蔵基板によれば、以上のような構成により、これら面発光型デバイスの光半導体デバイス1と面受光型デバイスの光半導体デバイス1とを同一基板(例えば、同一の上部基板5)上に搭載固定し、それぞれに対応させて基板(上部基板5と下部基板7とで構成される基板)内に本発明の光結合構造を内在させることによって、基板内での良好な信号光の伝送が可能となる。
- [0080] 図5は、本発明の光結合構造とこれを用いた光伝送機能内蔵基板の別の実施形態を示す概略的な断面図である。

図5に示す光伝送機能内蔵基板は、上部基板5と、上部基板5と平行に配置された下部基板7と、上部基板5と下部基板7の間に形成された光導波路4と、上部基板5を

貫通して形成された第1の屈折率分布体21と、光導波路4及び第1の屈折率分布体21に光学的に結合し、これらの間で光路を変換させる第1の光路変換面31aとを有する。第1の屈折率分布体21は、上述の実施形態におけるいずれかの屈折率分布体1と同じ構成である。従って、光導波路4と、第1の屈折率分布体21と、第1の光路変換面31aとは、上述の本発明の光結合構造を形成していることになる。

[0081] さらに、図5の光伝送機能内蔵基板には、光導波路4上における第1の光路変換面31aから離間した位置において、第1の光路変換面31aと対向して第2の光路変換面32aが設けられている。そして、下部基板7を貫通して第2の屈折率分布体22が形成されており、第2の光路変換面32aは、光導波路4及び第2の屈折率分布体22に光学的に結合し、これらの間で光路を変換させる。第2の屈折率分布体22もまた、上述の実施形態におけるいずれかの屈折率分布体1と同じ構成である。従って、光導波路4と、第2の屈折率分布体22と、第2の光路変換面32aとは、上述の本発明の光結合構造を形成していることになる。

なお、図5では、基板内に設けられた光導波路4は基板の面に平行に設けられているが、第1及び第2の屈折率分布体21、22と光学的に結合させることができれば基板の面に平行でなくともよい。

[0082] 図5中の破線は、信号光の光路を模式的に示している。信号光の光路の一つは、第1の屈折率分布体21を伝搬して第1の光路変換面31aにより光導波路4へ光路変換され、光導波路4を伝搬して第2の光路変換面32aにより第2の屈折率分布体22へ光路変換され、第2の屈折率分布体22を伝搬し、出射するものである。もう一つの光路は、この逆の順路となる。

[0083] 光導波路4は、上部クラッド部4b、コア部4a及び下部クラッド部4cを具備する。光導波路4は、感光性高分子材料から形成され、例えば、ポリイミド、エポキシ、アクリル、ポリシランなどである。信号光の波長における透過率が高いものが好適である。コア部4aの屈折率が、上部クラッド部4b及び下部クラッド部4cより数%高く構成されており、その部分を光信号が高効率に伝搬する。

[0084] 光路変換面31aは、コア部4aと下部クラッド部4cの境界面にV型またはU型の屈曲部4dを形成し、その屈曲部4dに含まれる傾斜面上を金属材料からなる光反射膜31

で被覆することにより形成される。屈曲部4dは、下部クラッド部4cからコア部4aに向かって凸である。光反射膜31の一表面が光反射面すなわち光路変換面31aとなる。また、光路変換面32aは、コア部4aと上部クラッド部4bの境界面にV型またはU型の屈曲部4eを形成し、その屈曲部4eに含まれる傾斜面上を金属材料からなる光反射膜32で被覆することにより形成される。屈曲部4eは、上部クラッド部4bからコア部4aに向かって凸である。光反射膜32の一表面が光反射面すなわち光路変換面32aを形成する。光反射膜31、32用の金属材料としては、信号光の反射率が高いものとして金や銅などを用いるとよい。

[0085] 図5の形態は、上述の例のように別部材の光路変換体を準備する必要がない。また、光導波路4を下部基板7の上面に形成し、その工程の中で光路変換面31a、32aを併せて形成することができる。ここで、従来のようなダイサー切断機を用いた加工方法では、光導波路4と下部クラッド部4cとの境界面に光路変換面31aを形成することはできなかった。図5に示すように、光路変換面31aを形成するためのコア部4aと下部クラッド部4cの境界面の屈曲部4dは、下部基板7の上面に突起7aを配置することにより形成される。この作製方法については、次の図6で詳細に説明する。このように、本発明では、上部クラッド部4b及び下部クラッド部4cのいずれについても、コア部4aとの境界面の任意の位置に光路変換面を形成することができる。

[0086] なお、図示しないが、図5の光伝送機能内蔵基板においても、図1(b)に示したように、上部基板5上または下部基板7上に光半導体デバイスを搭載してもよい。その場合、光半導体デバイスの活性領域を第1の屈折率分布体21または第2の屈折率分布体22に対向させて光学的に結合させる。

[0087] 図6(a)～(h)並びに図7(a)及び(b)は、図5に示した光伝送機能内蔵基板の製造方法の一例を工程順に示した要部断面図である。

図6(a)に示すように下部基板7を準備する。

図6(b)に示すように下部基板7に貫通孔を設け、その内部に屈折率分布体22を形成する。屈折率分布体22の形成方法は、上述の図2または図3に示した通りである。

[0088] 次に、図6(c)に示すように、下部基板7の上面に突起7aを作製する。突起7aの断

面形状はおおよそ台形ないしは半楕円形である。突起7aを設ける位置は、後工程で接合される上部基板5における屈折率分布体21に対応する位置とする。作製方法は、例えば、下部基板7に貼着した銅や金などの金属膜を盛り上げ成型する方法、または、金属材料や樹脂材料で予め成型したものを基板に接着する方法等を用いる。

[0089] 次に、図6(d)に示すように、下部基板7の上面に透明高分子材料を一定の厚さで塗布し、プリバークを施して固化させる。透明高分子材料は、屈折率分布体22の形成材料と同じ感光性高分子材料とすることが、信号光の反射を低減する上で好適である。これにより、光導波路4の下部クラッド部4cが形成される。このとき、突起7aを設けた箇所は、この突起7aの外郭形状に沿って下部クラッド部4cが盛り上がることにより屈曲部4dを形成する。

[0090] 次に、図6(e)に示すように、下部クラッド部4cの屈曲部4dの表面を光反射膜31で被覆する。例えば、銅や金などの金属材料を、塗布、メッキもしくは蒸着などの技術により屈曲部4dの表面に被覆する。さらに、光反射膜31の表面は平滑なものとする。これにより光路変換面31aが形成される。

[0091] 次に図6(f)に示すように、光反射膜31上を含む下部クラッド部4cの表面上に下部クラッド部4cよりも屈折率が高い透明高分子材料を塗布する。さらに、プリバークを施してこの透明高分子材料を固化させ、所望するコア部4cのパターンとなるように適宜切削することによりコア部4aを形成する。あるいは、上述の図4(c)で示したように感光性高分子材料を塗布し、図4(d)及び(e)に示したように、所望するコア部のパターンに対応したフォトマスクを介して紫外光の露光を行うことによりコア部4aを形成する。図6(f)に示すように、光路変換面31aの部分においてコア部4aの上面が盛り上がることになるが、コア部4aから上方へ光路変換する場合にはこの盛り上がりの傾斜に従って光が進むため、有利である。

[0092] 次に図6(g)に示すように、ダイサー切断機等による切削、あるいは加熱による成型などの手法を用いてコア部4cを表面から部分的に除去することにより、屈曲部4eを形成する。屈曲部4eを設ける位置は、屈折率分布体22に対応する位置とする。

[0093] 次に図6(h)に示すように、屈曲部4eの表面を光反射膜32で被覆する。この方法は、上述の図6(e)の光反射膜31と同様である。これにより光路変換面32aが形成さ

れる。

[0094] 次に図6(i)に示すように、光反射膜32上を含むコア部4aの表面上に透明高分子材料を塗布し固化させることにより上部クラッド部4bを形成する。上部クラッド部4bを例えばスピコートで形成すると、突起7aによるコア部4a上面の凹凸は吸収されて上部クラッド部4bの上面はほぼ平坦となる。最後に全体に対してポストバークを適宜行い、硬化促進させることにより光導波路4の作製が完了する。

[0095] さらに、図7(a)に示すように、下部基板7上に形成された光導波路4の上面に対して、上部基板5を貼り合わせて積層する。図示しないが、この際、上部基板5の下面に接着用の樹脂を塗布しておく。なお、上部基板5には、第1の屈折率分布体21が上述の図2または図3に示した方法で予め形成されている。第1の屈折率分布体21の位置は、下部基板7に形成された光路変換面31aの位置に対応する。

[0096] なお、本発明は以上の実施の形態の例に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更を加えることは何ら差し支えない。例えば、上部基板5に屈折率分布体21を形成した後に、光半導体デバイスの搭載面(上面)とは反対側の面(下面)に感光性樹脂を塗布して光導波路4を形成し、次いで光路変換面を設ける製造手順としてもよい。

#### 図面の簡単な説明

[0097] [図1]本発明の光結合構造およびそれを用いた本発明の光伝送機能内蔵基板の実施の形態の一例を示す図であり、(a)は平面図、(b)は(a)のA-A'線断面図である。

[図2](a)～(d)は、それぞれ本発明の光結合構造における屈折率分布体の形成方法の実施の形態の一例を示す工程ごとの要部断面図である。

[図3](a)および(b)は、それぞれ本発明の光結合構造における屈折率分布体の形成方法の実施の形態の他の例を示す工程ごとの要部断面図であり、(c)は傾斜状屈折率分布体における直径方向の屈折率分布の例を示す線図である。

[図4](a)～(g)は、それぞれ本発明の光結合構造および光伝送機能内蔵基板における光路変換面3aおよび光導波路4の形成方法の例を工程順に示した要部断面図であり、左側に図1(a)に示したA-A'線断面図に相当する要部断面図を、右側に

その直交する方向の要部断面図を示している。

[図5]本発明の光伝送機能内蔵基板の別の実施形態の断面図である。

[図6](a)～(i)は、図5の光伝送機能内蔵基板の製造方法を示す図である。

[図7](a)及び(b)は、図5の光伝送機能内蔵基板の製造方法を示す図である。

[図8]従来の光伝送機能内蔵基板の断面図である。

### 符号の説明

- [0098]
- 1 光半導体デバイス
  - 2' 液状の感光性高分子材料
  - 2、21、22 屈折率分布体
  - 2a 中心部(コア部:高屈折率領域)
  - 2b 周辺部(クラッド部:低屈折率領域)
  - 3 光路変換体
  - 3a 光路変換面
  - 4 光導波路
  - 4a コア部
  - 4b 上部クラッド部
  - 4c 下部クラッド部
  - 4d、4e 境界面における屈曲部
  - 5 上部基板
  - 5a 貫通孔
  - 6a、6b 電極および電気配線
  - 7 下部基板
  - 7a 突起
  - 8 信号光
  - 9 フォトマスク
  - 9a 透光部
  - 9b 遮光部
  - 31、32 光反射膜

31a、32a 光反射面

## 請求の範囲

- [1] 光導波路と、径方向において中心部から周辺部に向かって屈折率が低くなる円筒形状の屈折率分布体と、前記光導波路と前記屈折率分布体の間で光路を変換させるべく前記光導波路および前記屈折率分布体の双方に対して光学的に結合した光路変換面とを有する光結合構造。
- [2] 前記屈折率分布体は、径方向において中心部から周辺部に向かって階段状に低くなるように形成された屈折率分布を具備する、請求項1に記載の光結合構造。
- [3] 前記屈折率分布体は、径方向において中心部から周辺部に向かって同心円状に漸次低くなるように形成された屈折率分布を具備する、請求項1に記載の光結合構造。
- [4] 前記屈折率分布体は感光性高分子材料で形成され、紫外光の照射によって前記屈折率分布を形成されている、請求項1～3のいずれかに記載の光結合構造。
- [5] 前記光導波路は感光性高分子材料によって形成され、紫外光の照射によってコア部と前記コア部の周囲のクラッド部とが形成されている、請求項1～4のいずれかに記載の光結合構造。
- [6] 前記光路変換面が前記屈折率分布体の光軸に対して傾斜した光反射面を具備し、前記光反射面は前記光導波路のコア部とクラッド部との境界面における屈曲部に形成されている、請求項1～4のいずれかに記載の光結合構造。
- [7] 前記光路変換面は、前記屈折率分布体の光軸に対して45度傾斜した光反射面を具備する、請求項1～6のいずれかに記載の光結合構造。
- [8] 前記光路変換面と前記光導波路の端部が間隔を空けて対向している、請求項1～7のいずれかに記載の光結合構造。
- [9] 前記屈折率分布体および前記光路変換面を介して前記光導波路に光学的に結合しかつ活性領域を前記屈折率分布体に対向させた光半導体デバイスをさらに有する、請求項1～8のいずれかに記載の光結合構造。
- [10] 前記光半導体デバイスがそれぞれ面発光型レーザダイオードまたは面受光型フォトダイオードである、請求項9に記載の光結合構造。
- [11] 請求項1～8のいずれかに記載の光結合構造と、基板とを有し、前記光導波路およ

び前記光路変換面が前記基板上に形成され、前記屈折率分布体が前記基板を貫通して形成されている光伝送機能内蔵基板。

- [12] 請求項1～8のいずれかに記載の光結合構造と、第1の基板と、前記第1の基板と平行に配置された第2の基板とを有し、前記光導波路および前記光路変換面が前記第1と第2の基板の間に形成され、前記屈折率分布体が前記第1または第2の基板を貫通して形成されている光伝送機能内蔵基板。
- [13] 請求項9または10に記載の光結合構造と、基板とを有し、前記光導波路および前記光路変換面が前記基板の一方の面上に形成され、前記光半導体デバイスが前記基板の他方の面上に配置され、前記屈折率分布体が前記基板を貫通して形成されている光伝送機能内蔵基板。
- [14] 請求項9または10に記載の光結合構造と、第1の基板と、前記第1の基板と平行に配置された第2の基板とを有し、前記光導波路および前記光路変換面が前記第1と第2の基板の間に形成され、前記光半導体デバイスが前記第1または第2の基板における前記光導波路および前記光路変換面を形成した面と反対側の面上に配置され、前記屈折率分布体が前記第1または第2の基板を貫通して形成されている光伝送機能内蔵基板。
- [15] 第1の基板と、前記第1の基板と平行に配置された第2の基板と、前記第1と第2の基板の間に形成された光導波路と、前記光導波路上の離間した位置にて前記第1と第2の基板をそれぞれ貫通して形成された第1および第2の屈折率分布体と、前記光導波路と前記第1の屈折率分布体の間で光路を変換させるべく前記光導波路および前記第1の屈折率分布体の双方と光学的に結合した第1の光路変換面と、前記光導波路と前記第2の屈折率分布体の間で光路を変換させるべく前記光導波路および前記第2の屈折率分布体の双方と光学的に結合した第2の光路変換面とを有し、  
前記光導波路と、前記第1の屈折率分布体と、前記第1の光路変換面とが請求項1～10のいずれかに記載の光結合構造を形成し、かつ  
前記光導波路と、前記第2の屈折率分布体と、前記第2の光路変換面とが請求項1～10のいずれかに記載の光結合構造を形成する光伝送機能内蔵基板。
- [16] 基板内部に形成された光導波路と、円筒形状の屈折率分布体と、前記光導波路と

前記屈折率分布体の間で光路を変換させるべく前記光導波路および前記屈折率分布体の双方に対して光学的に結合した光路変換面とを有し、前記光路変換面が前記屈折率分布体の光軸に対して傾斜した光反射面を具備し、前記光反射面は前記光導波路のコア部とクラッド部の境界面を屈曲させて形成されている光伝送機能内蔵基板の製造方法において、

前記光路変換面を形成する工程が、

コア部を形成した後、前記屈折率分布体の光軸と交わる位置において前記コア部を除去することにより前記コア部の表面に傾斜面を形成する工程と、

前記傾斜面を光反射膜で覆うことにより前記光反射面を形成する工程と、

前記光反射膜上を含む前記コア部上にクラッド部を形成する工程とを含むことを特徴とする光伝送機能内蔵基板の製造方法。

[17] 基板内部に形成された光導波路と、円筒形状の屈折率分布体と、前記光導波路と前記屈折率分布体の間で光路を変換させるべく前記光導波路および前記屈折率分布体の双方に対して光学的に結合した光路変換面とを有し、前記光路変換面が前記屈折率分布体の光軸に対して傾斜した光反射面を具備し、前記光反射面は前記光導波路のコア部とクラッド部の境界面を屈曲させて形成されている光伝送機能内蔵基板の製造方法において、

前記光路変換面を形成する工程が、

クラッド部を形成するに先立って、前記屈折率分布体の光軸と交わる位置において突起を形成する工程と、

前記突起上に前記突起の外郭形状に沿ってクラッド部を形成することにより前記クラッド部の表面に傾斜面を形成する工程と、

前記傾斜面を光反射膜で覆うことにより前記光反射面を形成する工程と、

前記光反射膜上を含む前記クラッド部上にコア部を形成する工程とを含むことを特徴とする光伝送機能内蔵基板の製造方法。

## 補正書の請求の範囲

[2006年9月11日 (11. 09. 2006) 国際事務局受理]

1. (補正後) 光導波路と、径方向において中心部から周辺部に向かって屈折率が低くなる円筒形状の第1および第2の屈折率分布体と、前記光導波路上において前記第1の屈折率分布体と前記第2の屈折率分布体との間で光路を変換させるべく前記光導波路および前記第1の屈折率分布体の双方に対して光学的に結合した第1の光路変換面と、前記光導波路上における前記第1の光路変換面と離間した位置において前記第2の屈折率分布体との間で光路を変換させるべく前記光導波路および前記第2の屈折率分布体の双方に対して光学的に結合した第2の光路変換面とを有し、前記第1の屈折率分布体及び前記第2の屈折率分布体の各々の円筒軸が、前記光導波路に対して異なる向きとなるべく配置されていることを特徴とする光結合構造。
2. (補正後) 前記第1および第2の屈折率分布体は、径方向において中心部から周辺部に向かって階段状に低くなるように形成された屈折率分布を具備する、請求項1に記載の光結合構造。
3. (補正後) 前記第1および第2の屈折率分布体は、径方向において中心部から周辺部に向かって同心円状に漸次低くなるように形成された屈折率分布を具備する、請求項1に記載の光結合構造。
4. (補正後) 前記第1および第2の屈折率分布体は感光性高分子材料で形成され、紫外光の照射によって前記屈折率分布を形成されている、請求項1～3のいずれかに記載の光結合構造。
5. 前記光導波路は感光性高分子材料によって形成され、紫外光の照射によってコア部と前記コア部の周囲のクラッド部とが形成されている、請求項1～4のいずれかに記載の光結合構造。
6. (補正後) 前記第1および第2の光路変換面の各々が前記第1および第2の屈折率分布体の各々の光軸に対して傾斜した光反射面をそれぞれ具備し、前記光反射面は前記光導波路のコア部とクラッド部との境界面における屈曲部に形成されている、請求項1～4のいずれかに記載の光結合構造。
7. (補正後) 前記第1および第2の光路変換面の各々は、前記第1および第2の屈折率分布体の各々の光軸に対して45度傾斜した光反射面を具備する、請求項1～6のいずれかに記載の光結合構造。
8. (補正後) 前記第1および第2の光路変換面の各々と前記光導波路の端部が間隔を空けて対向している、請求項1～7のいずれかに記載の光結合構造。
9. (補正後) 前記第1および第2の屈折率分布体および前記第1および第2の光路変換面を介して前記光導波路に光学的に結合しかつ活性領域を前記第1および第2の屈折率分布体

の各々にそれぞれ対向させた第1および第2の光半導体デバイスをさらに有する、請求項1～8のいずれかに記載の光結合構造。

10. 前記光半導体デバイスがそれぞれ面発光型レーザダイオードまたは面受光型フォトダイオードである、請求項9に記載の光結合構造。

11. (補正後) 請求項1～8のいずれかに記載の光結合構造と、基板とを有し、前記光導波路並びに前記第1および第2の光路変換面が前記基板上に形成され、前記第1および第2の屈折率分布体の各々が前記基板を貫通して形成されている光伝送機能内蔵基板。

12. (補正後) 請求項1～8のいずれかに記載の光結合構造と、第1の基板と、前記第1の基板と平行に配置された第2の基板とを有し、前記光導波路並びに前記第1および第2の光路変換面が前記第1と第2の基板の間に形成され、前記第1および第2の屈折率分布体の各々が前記第1および第2の基板をそれぞれ貫通して形成されている光伝送機能内蔵基板。

13. (補正後) 請求項9または10に記載の光結合構造と、基板とを有し、前記光導波路並びに前記第1および第2の光路変換面が前記基板の一方の面上に形成され、前記光半導体デバイスが前記基板の他方の面上に配置され、前記第1および第2の屈折率分布体の各々が前記基板を貫通して形成されている光伝送機能内蔵基板。

14. (補正後) 請求項9または10に記載の光結合構造と、第1の基板と、前記第1の基板と平行に配置された第2の基板とを有し、前記光導波路並びに前記第1および第2の光路変換面が前記第1と第2の基板の間に形成され、前記光半導体デバイスが前記第1および第2の基板における前記光導波路並びに前記第1および第2光路変換面を形成した面と反対側の面上にそれぞれ配置され、前記第1および第2の屈折率分布体の各々が前記第1および第2の基板をそれぞれ貫通して形成されている光伝送機能内蔵基板。

15. (削除)

16. 基板内部に形成された光導波路と、円筒形状の屈折率分布体と、前記光導波路と前記屈折率分布体の間で光路を変換させるべく前記光導波路および前記屈折率分布体の双方に対して光学的に結合した光路変換面とを有し、前記光路変換面が前記屈折率分布体の光軸に対して傾斜した光反射面を具備し、前記光反射面は前記光導波路のコア部とクラッド部の境界面を屈曲させて形成されている光伝送機能内蔵基板の製造方法において、

前記光路変換面を形成する工程が、

コア部を形成した後、前記屈折率分布体の光軸と交わる位置において前記コア部を除去することにより前記コア部の表面に傾斜面を形成する工程と、

前記傾斜面を光反射膜で覆うことにより前記光反射面を形成する工程と、

前記光反射膜上を含む前記コア部にクラッド部を形成する工程とを含むことを特徴とする光伝送機能内蔵基板の製造方法。

17. 基板内部に形成された光導波路と、円筒形状の屈折率分布体と、前記光導波路と前

記屈折率分布体の間で光路を変換させるべく前記光導波路および前記屈折率分布体の双方に対して光学的に結合した光路変換面とを有し、前記光路変換面が前記屈折率分布体の光軸に対して傾斜した光反射面を具備し、前記光反射面は前記光導波路のコア部とクラッド部の境界面を屈曲させて形成されている光伝送機能内蔵基板の製造方法において、

前記光路変換面を形成する工程が、

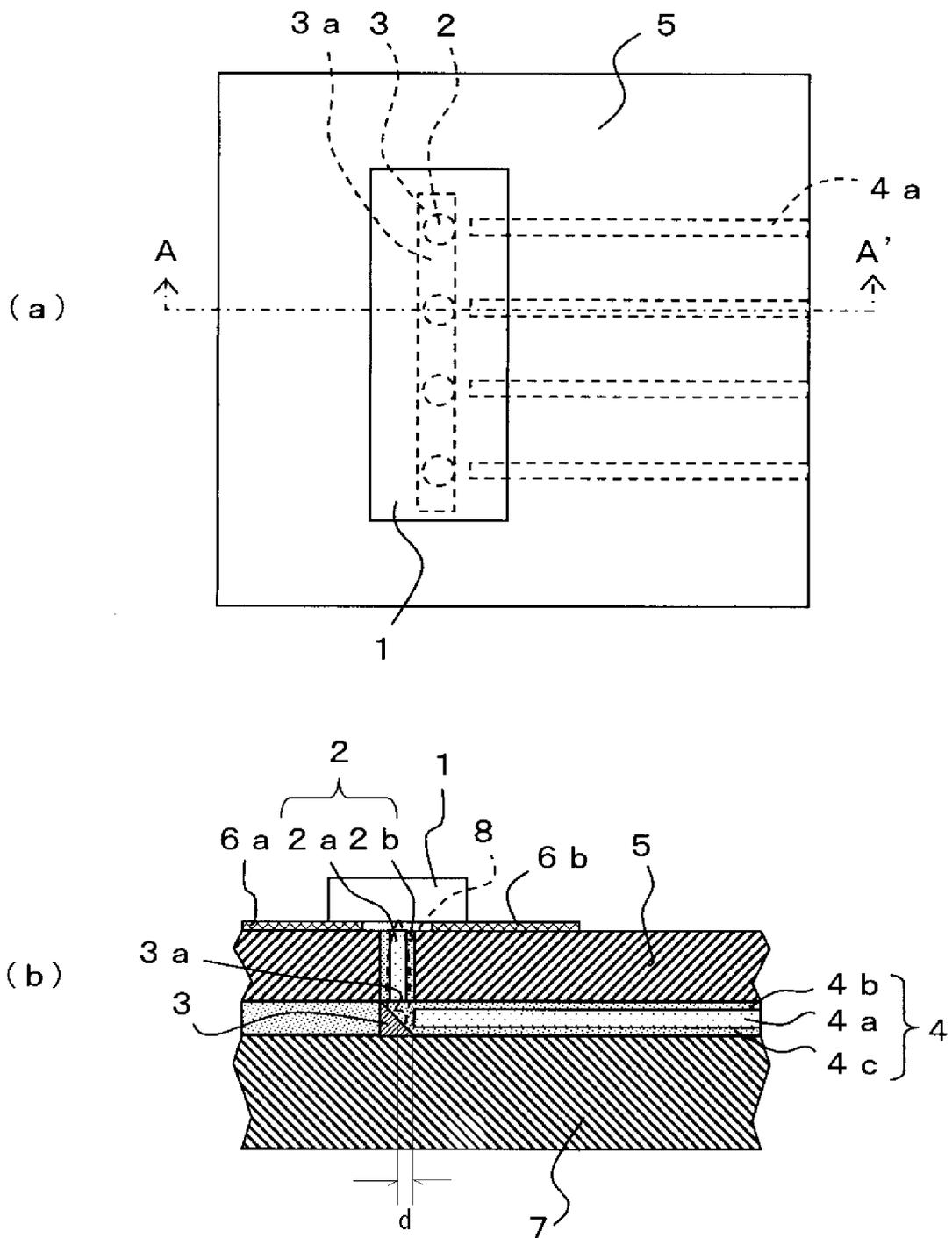
クラッド部を形成するに先立って、前記屈折率分布体の光軸と交わる位置において突起を形成する工程と、

前記突起上に前記突起の外郭形状に沿ってクラッド部を形成することにより前記クラッド部の表面に傾斜面を形成する工程と、

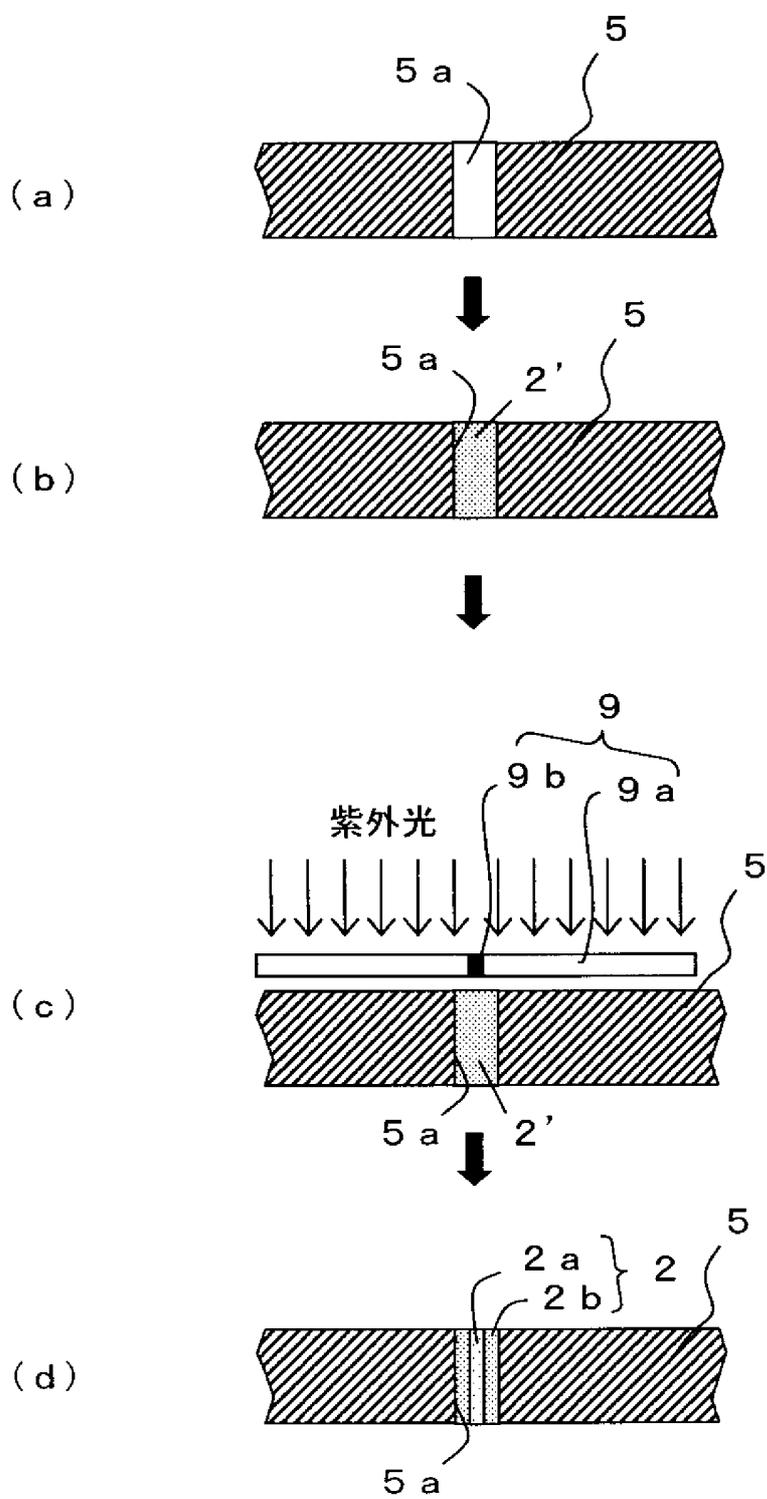
前記傾斜面を光反射膜で覆うことにより前記光反射面を形成する工程と、

前記光反射膜上を含む前記クラッド部上にコア部を形成する工程とを含むことを特徴とする光伝送機能内蔵基板の製造方法。

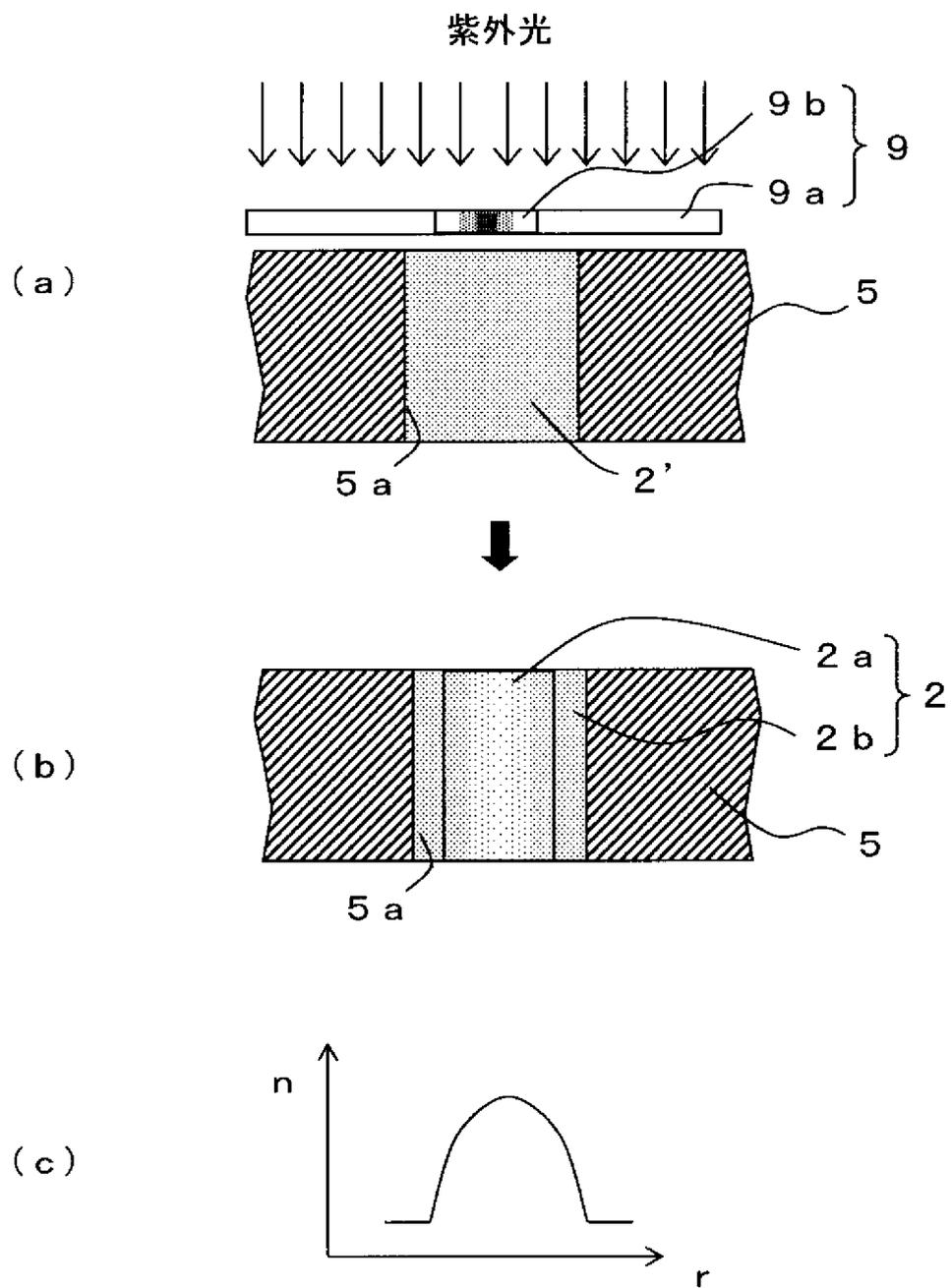
[図1]



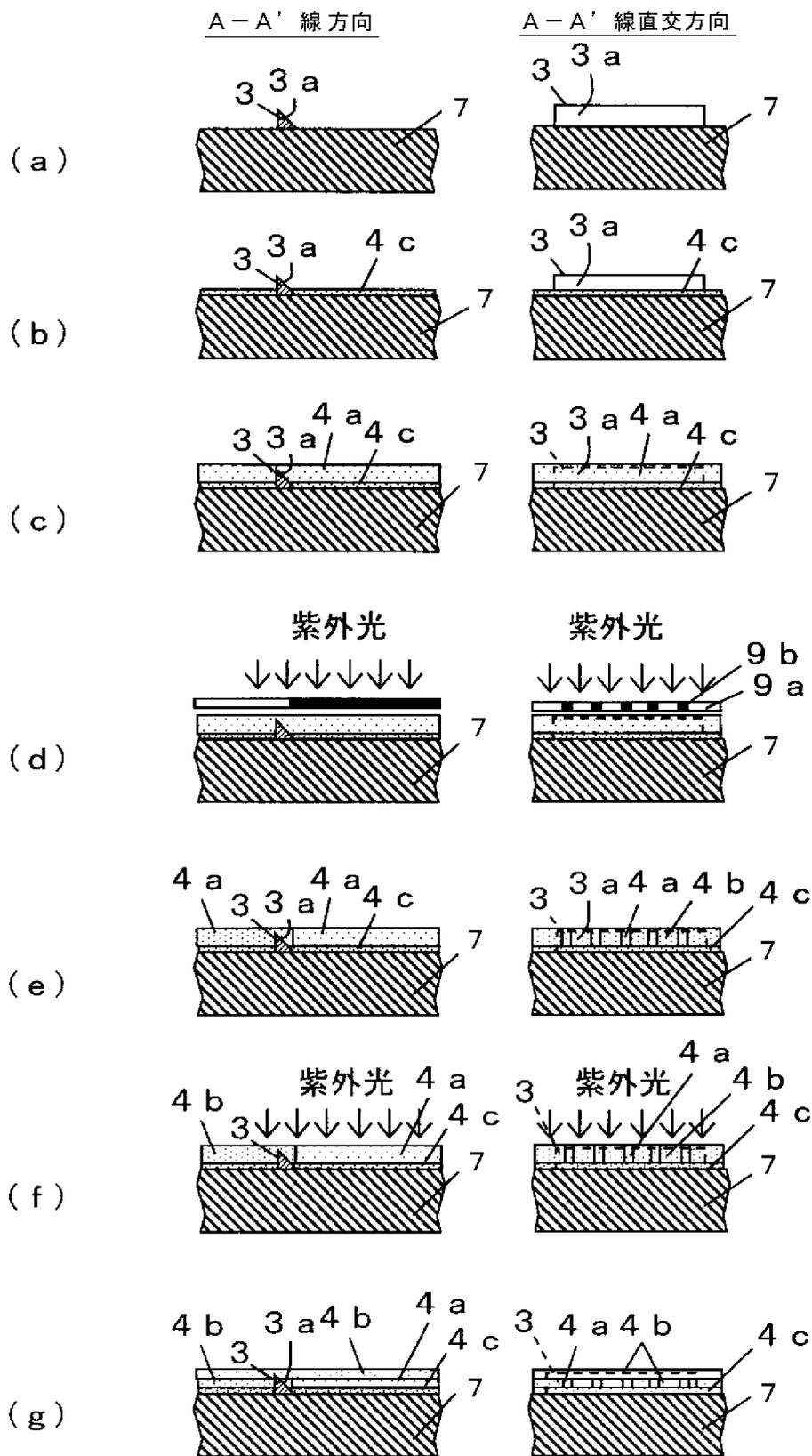
[図2]



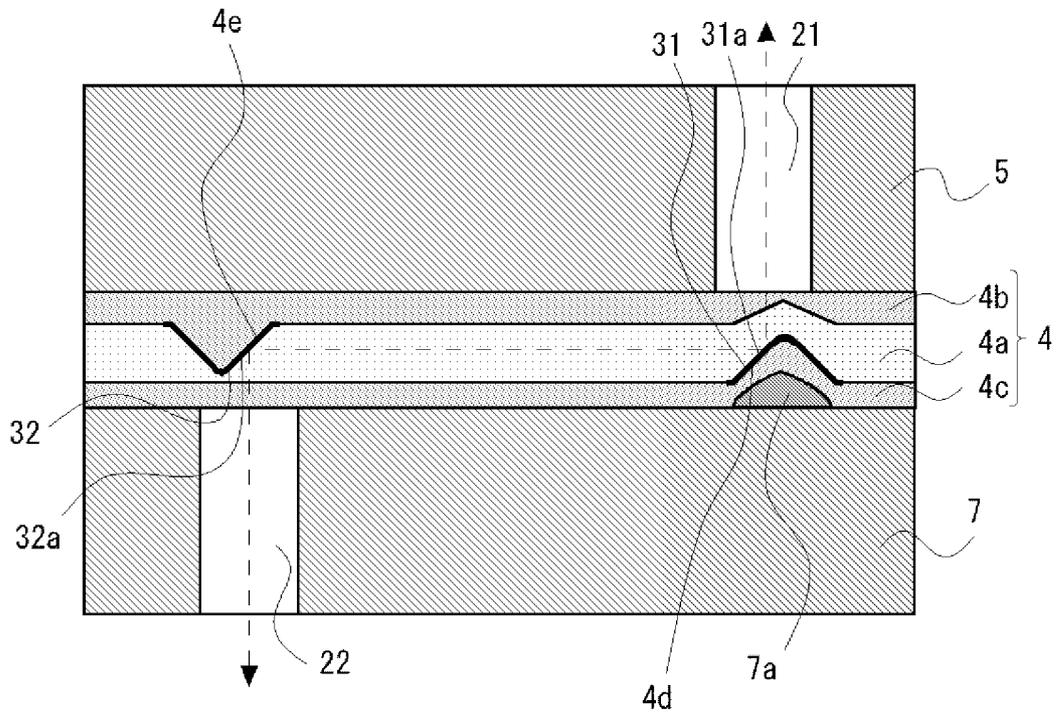
[図3]



[圖4]



[図5]

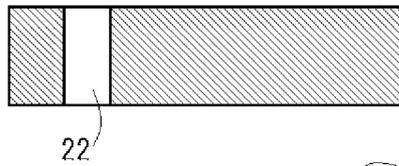


[図6]

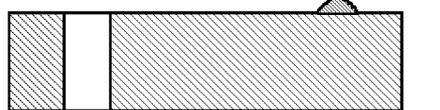
(a)



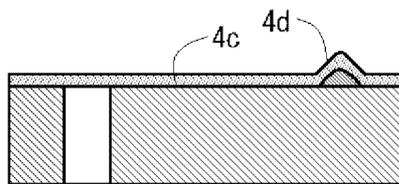
(b)



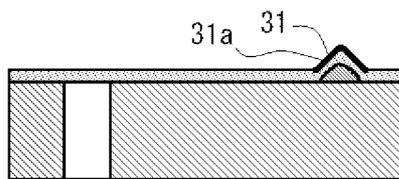
(c)



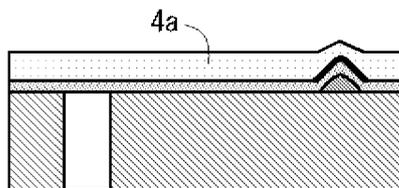
(d)



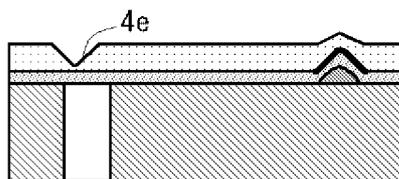
(e)



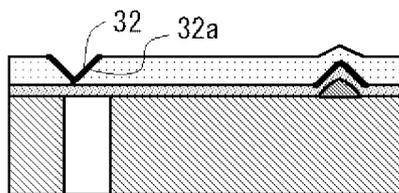
(f)



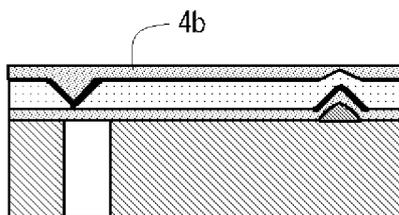
(g)



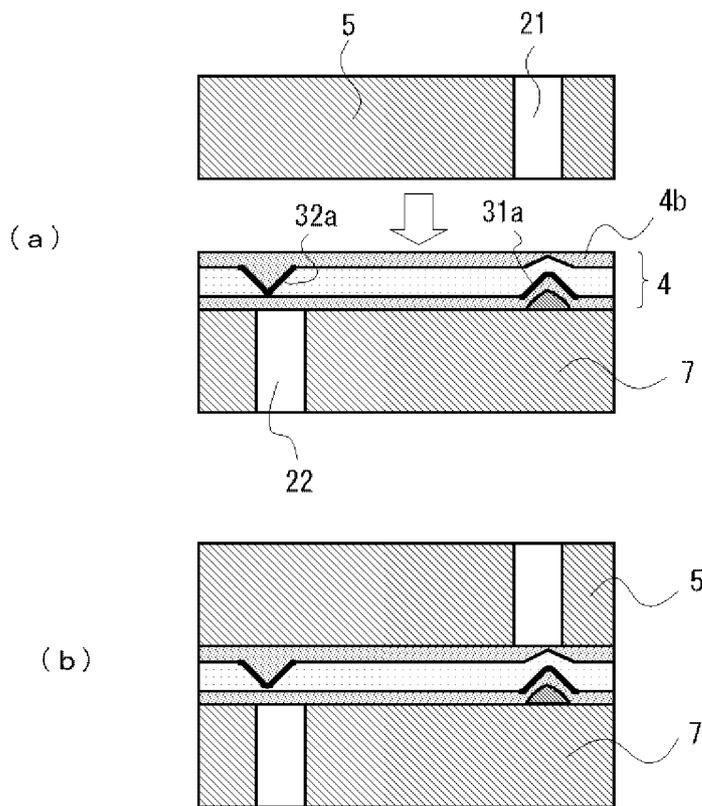
(h)



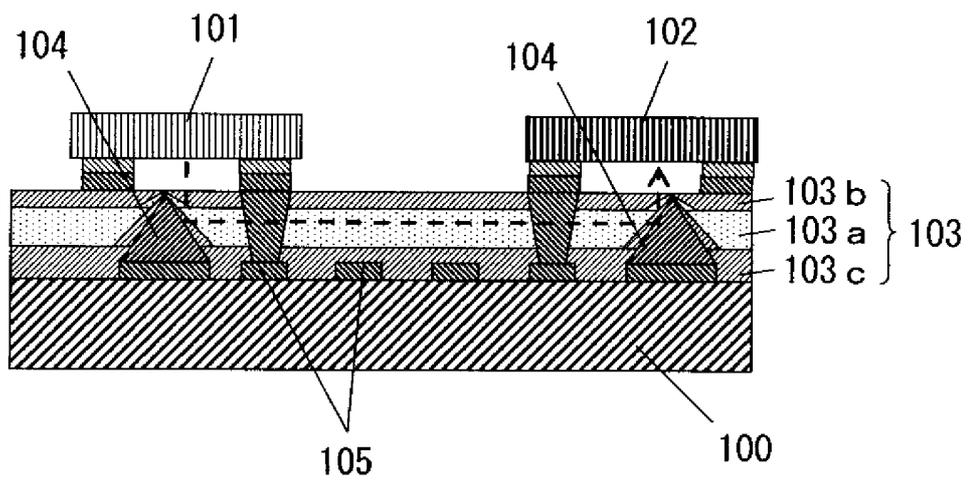
(i)



[図7]



[図8]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/308576

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B6/42 (2006.01), G02B6/43 (2006.01), G02B6/122 (2006.01)

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

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B6/12-6/43, H05K1/02, H01S5/00-5/50, H01L31/0232, H01L33/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

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

WPI, JST7580 (JDream2), JSTPlus (JDream2)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1359441 A1 (TOPPAN PRINTING CO., LTD.), 05 November, 2003 (05.11.03), Full text; Figs. 1 to 13	1, 2, 4, 5, 7, 9-14
Y	& EP 1215514 A1 & US 2002/51599 A1 & WO 2001/1176 A1	3, 6, 8, 15-17
X	JP 2001-188150 A (Canon Inc.), 10 July, 2001 (10.07.01), Particularly, Par. No. [0029]; Figs. 1 to 6 (Family: none)	1, 2, 4, 5, 7-14 3, 6, 15-17
Y		
X	JP 2004-191903 A (TOPPAN PRINTING CO., LTD.), 08 July, 2004 (08.07.04), Full text; Figs. 1 to 11 (Family: none)	1, 2, 4, 5, 7, 9-14
Y		3, 6, 8, 15-17

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
04 July, 2006 (04.07.06)Date of mailing of the international search report  
18 July, 2006 (18.07.06)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/308576

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2004-94070 A (TOPPAN PRINTING CO., LTD.), 25 March, 2004 (25.03.04), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1, 2, 4, 5, 7, 9-14 3, 6, 8, 15-17
X Y	JP 2004-54003 A (Mitsubishi Electric Corp.), 19 February, 2004 (19.02.04), Particularly, Par. Nos. [0017], [0030]; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1, 2, 4, 5, 7-14 3, 6, 15-17
X Y	JP 2000-298216 A (TOPPAN PRINTING CO., LTD.), 24 October, 2000 (24.10.00), Particularly, Par. No. [0026]; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1, 2, 4, 5, 7, 9-14, 16 3, 6, 8, 15, 17
X Y	JP 11-248956 A (Brother Industries, Ltd.), 17 September, 1999 (17.09.99), Full text; Figs. 1 to 6 & US 6236786 B1	1, 2, 4, 5, 7, 9-14 3, 6, 8, 15-17
X Y	JP 2002-43611 A (Fuji Xerox Co., Ltd.), 08 February, 2002 (08.02.02), Particularly, Par. No. [0034]; Figs. 1 to 8 (Family: none)	1, 2, 4, 5, 7-14 3, 6, 15-17
X Y	JP 2003-114365 A (Mitsubishi Electric Corp.), 18 April, 2003 (18.04.03), Particularly, Par. No. [0015]; Figs. 1 to 13 (Family: none)	1, 2, 4, 5, 7, 9-14 3, 6, 8, 15-17
X Y	JP 2003-140061 A (Seiko Epson Corp.), 14 May, 2003 (14.05.03), Particularly, Par. No. [0031]; Figs. 1 to 6 (Family: none)	1, 2, 4, 5, 7-14 3, 6, 15-17
X Y	JP 2003-140062 A (Seiko Epson Corp.), 14 May, 2003 (14.05.03), Particularly, Par. No. [0030]; Figs. 1 to 7 (Family: none)	1, 2, 4, 5, 7-14 3, 6, 15-17
X Y	US 2002/71636 A1 (BAZYLENKO M.), 13 June, 2002 (13.06.02), Full text; Fig. 12 & WO 2002/44783 A1 & AU 2327802 A	1, 2, 4, 5, 7, 9-14 3, 6, 8, 15-17
X Y	JP 2004-157438 A (Tokai University), 03 June, 2004 (03.06.04), Particularly, Par. Nos. [0008], [0033]; Figs. 1 to 14 (Family: none)	1, 3-5, 7-14 2, 6, 15-17

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/308576

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2004-318081 A (Mitsui Chemicals, Inc.), 11 November, 2004 (11.11.04), Particularly, Par. No. [0029]; Fig. 8 (Family: none)	1, 3-5, 7, 9-14 2, 6, 8, 15-17
X Y	JP 2003-131081 A (Canon Inc.), 08 May, 2003 (08.05.03), Full text; Figs. 1 to 8 (Family: none)	1, 4, 5, 7-14 2, 3, 6, 15-17
Y	JP 2003-227951 A (Canon Inc.), 15 August, 2003 (15.08.03), Particularly, Par. Nos. [0035], [0036]; Fig. 2 & EP 1286194 A2 & US 2003/39455 A1	6, 16, 17
Y	JP 2001-330746 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 30 November, 2001 (30.11.01), Particularly, Par. Nos. [0086] to [0092]; Fig. 14 & US 2001/53260 A1	6, 17
Y	JP 11-305081 A (NEC Corp.), 05 November, 1999 (05.11.99), Full text; Figs. 3, 4, 12 & US 6381386 B1 & US 2002/57872 A1	6, 17
Y	JP 2003-50329 A (TOPPAN PRINTING CO., LTD.), 21 February, 2003 (21.02.03), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	6, 17
Y	JP 2003-279771 A (Canon Inc.), 02 October, 2003 (02.10.03), Particularly, Par. Nos. [0040] to [0042]; Fig. 8 & US 2003/179979 A1	15
Y	JP 2000-98153 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 07 April, 2000 (07.04.00), Full text; Fig. 1 (Family: none)	15
Y	JP 2002-311270 A (Hitachi Cable, Ltd.), 23 October, 2002 (23.10.02), Particularly, Par. Nos. [0051] to [0054]; Fig. 6 (Family: none)	15

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/308576

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2000-114581 A (Fujitsu Ltd.), 21 April, 2000 (21.04.00), Particularly, Par. No. [0042]; Fig. 10 & US 6845184 B1 & US 6343171 B1 & US 2002/28045 A1 & US 2002/39464 A1 & US 2002/97962 A1 & US 6611635 B1 & US 6690845 B1	16
Y	JP 2004-101678 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 02 April, 2004 (02.04.04), Particularly, Par. Nos. [0028] to [0030]; Fig. 9 (Family: none)	16
Y	JP 2002-182049 A (Dainippon Printing Co., Ltd.), 26 June, 2002 (26.06.02), Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	16

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2006/308576

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

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

1.  Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2.  Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3.  Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

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

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

The feature common to claims 1-17 is an optical coupling structure depicted in claim 1. Since such common feature is well-known and makes no contribution over the prior art, it is not a special technical feature in the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence. Therefore, there is no special technical feature common to all the claims 1-17. Consequently, it is clear that claims 1-17 do not satisfy unity of invention.

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**  
the

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. G02B6/42 (2006.01), G02B6/43 (2006.01), G02B6/122 (2006.01)

B. 調査を行った分野  
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. G02B6/12-6/43, H05K1/02, H01S5/00-5/50, H01L31/0232, H01L33/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの  
 日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2006年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2006年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2006年

国際調査で利用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)  
 WPI, JST7580(JDream2), JSTPlus(JDream2)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	EP 1359441 A1 (TOPPAN PRINTING CO., LTD.) 2003. 11. 05 全文, 第 1-13 図 & EP 1215514 A1 & US 2002/51599 A1 & WO 2001/1176 A1	1, 2, 4, 5, 7, 9-14 3, 6, 8, 15-17
X Y	JP 2001-188150 A (キャノン株式会社) 2001. 07. 10 特に段落【0029】, 第 1-6 図 (ファミリーなし)	1, 2, 4, 5, 7-14 3, 6, 15-17

C 欄の続きにも文献が列挙されている。  パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 04. 07. 2006	国際調査報告の発送日 18. 07. 2006
----------------------------	----------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号	特許庁審査官 (権限のある職員) ▲高▼ 芳徳 電話番号 03-3581-1101 内線 3294	2X	9813
--	---	----	------

## 第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

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

## 第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

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

請求の範囲1-17に共通の事項は、請求の範囲1に記載された光結合構造である。しかしながら、前記共通の事項は周知であり、先行技術の域を出ないから、PCT規則13.2の第2文の意味における特別な技術的事項ではない。それ故、請求の範囲1-17の全てに共通の特別な技術的事項はない。従って、請求の範囲1-17は、発明の単一性を満たしていないことが明らかである。

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

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

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

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 2004-191903 A (凸版印刷株式会社) 2004. 07. 08 全文, 第 1-11 図 (ファミリーなし)	1, 2, 4, 5, 7, 9-14 3, 6, 8, 15-17
X Y	JP 2004-94070 A (凸版印刷株式会社) 2004. 03. 25 全文, 第 1-5 図 (ファミリーなし)	1, 2, 4, 5, 7, 9-14 3, 6, 8, 15-17
X Y	JP 2004-54003 A (三菱電機株式会社) 2004. 02. 19 特に段落【0017】, 【0030】, 第 1-4 図 (ファミリーなし)	1, 2, 4, 5, 7-14 3, 6, 15-17
X Y	JP 2000-298216 A (凸版印刷株式会社) 2000. 10. 24 特に段落【0026】, 第 1-3 図 (ファミリーなし)	1, 2, 4, 5, 7, 9-14, 16 3, 6, 8, 15, 17
X Y	JP 11-248956 A (ブラザー工業株式会社) 1999. 09. 17 全文, 第 1-6 図 & US 6236786 B1	1, 2, 4, 5, 7, 9-14 3, 6, 8, 15-17
X Y	JP 2002-43611 A (富士ゼロックス株式会社) 2002. 02. 08 特に段落【0034】, 第 1-8 図 (ファミリーなし)	1, 2, 4, 5, 7-14 3, 6, 15-17
X Y	JP 2003-114365 A (三菱電機株式会社) 2003. 04. 18 特に段落【0015】, 第 1-13 図 (ファミリーなし)	1, 2, 4, 5, 7, 9-14 3, 6, 8, 15-17
X Y	JP 2003-140061 A (セイコーエプソン株式会社) 2003. 05. 14 特に段落【0031】, 第 1-6 図 (ファミリーなし)	1, 2, 4, 5, 7-14 3, 6, 15-17
X Y	JP 2003-140062 A (セイコーエプソン株式会社) 2003. 05. 14 特に段落【0030】, 第 1-7 図 (ファミリーなし)	1, 2, 4, 5, 7-14 3, 6, 15-17
X Y	US 2002/71636 A1 (BAZYLENKO M.) 2002. 06. 13 全文, 第 12 図 & WO 2002/44783 A1 & AU 2327802 A	1, 2, 4, 5, 7, 9-14 3, 6, 8, 15-17
X Y	JP 2004-157438 A (学校法人東海大学) 2004. 06. 03 特に段落【0008】, 【0033】, 第 1-14 図 (ファミリーなし)	1, 3-5, 7-14 2, 6, 15-17

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 2004-318081 A (三井化学株式会社) 2004. 11. 11 特に段落【0029】，第8図 (ファミリーなし)	1, 3-5, 7, 9-14 2, 6, 8, 15-17
X Y	JP 2003-131081 A (キャノン株式会社) 2003. 05. 08 全文，第1-8図 (ファミリーなし)	1, 4, 5, 7-14 2, 3, 6, 15-17
Y	JP 2003-227951 A (キャノン株式会社) 2003. 08. 15 特に段落【0035】，【0036】，第2図 & EP 1286194 A2 & US 2003/39455 A1	6, 16, 17
Y	JP 2001-330746 A (松下電器産業株式会社) 2001. 11. 30 特に段落【0086】 - 【0092】，第14図 & US 2001/53260 A1	6, 17
Y	JP 11-305081 A (日本電気株式会社) 1999. 11. 05 全文，第3, 4, 12図 & US 6381386 B1 & US 2002/57872 A1	6, 17
Y	JP 2003-50329 A (凸版印刷株式会社) 2003. 02. 21 全文，第1-5図 (ファミリーなし)	6, 17
Y	JP 2003-279771 A (キャノン株式会社) 2003. 10. 02 特に段落【0040】 - 【0042】，第8図 & US 2003/179979 A1	15
Y	JP 2000-98153 A (日本電信電話株式会社) 2000. 04. 07 全文，第1図 (ファミリーなし)	15
Y	JP 2002-311270 A (日立電線株式会社) 2002. 10. 23 特に段落【0051】 - 【0054】，第6図 (ファミリーなし)	15
Y	JP 2000-114581 A (富士通株式会社) 2000. 04. 21 特に段落【0042】，第10図 & US 6845184 B1 & US 6343171 B1 & US 2002/28045 A1 & US 2002/39464 A1 & US 2002/97962 A1 & US 6611635 B1 & US 6690845 B1	16
Y	JP 2004-101678 A (日本電信電話株式会社) 2004. 04. 02 特に段落【0028】 - 【0030】，第9図 (ファミリーなし)	16
Y	JP 2002-182049 A (大日本印刷株式会社) 2002. 06. 26 全文，第1-4図 (ファミリーなし)	16