

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3762208号
(P3762208)

(45) 発行日 平成18年4月5日(2006.4.5)

(24) 登録日 平成18年1月20日(2006.1.20)

(51) Int. Cl. F I
GO2B 6/12 (2006.01) GO2B 6/12 C
GO2B 6/13 (2006.01) GO2B 6/12 M

請求項の数 2 (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2000-301062 (P2000-301062)</p> <p>(22) 出願日 平成12年9月29日 (2000.9.29)</p> <p>(65) 公開番号 特開2002-107561 (P2002-107561A)</p> <p>(43) 公開日 平成14年4月10日 (2002.4.10)</p> <p>審査請求日 平成12年9月29日 (2000.9.29)</p> <p>審判番号 不服2003-14266 (P2003-14266/J1)</p> <p>審判請求日 平成15年7月24日 (2003.7.24)</p> <p>(出願人による申告) 「国などの委託研究の成果に係る特許出願 (平成11年度新エネルギー・産業技術総合開発機構「超高密度電子S1技術の研究開発 (エネルギーの使用合理化)」委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの)」</p>	<p>(73) 特許権者 000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号</p> <p>(74) 代理人 100058479 弁理士 鈴江 武彦</p> <p>(74) 代理人 100091351 弁理士 河野 哲</p> <p>(74) 代理人 100088683 弁理士 中村 誠</p> <p>(74) 代理人 100084618 弁理士 村松 貞男</p> <p>(74) 代理人 100092196 弁理士 橋本 良郎</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光配線基板の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板上に第1クラッド層をほぼ平坦に形成する工程と、第1クラッド層上にミラー形成部に開口を有し且つ該開口に対して下層側が上層側よりも後退しているマスクを設ける工程と、前記マスクの開口内にパターン端部が斜面を有するようにミラー金属を堆積して終端ミラーを形成する工程と、第1クラッド層上に前記終端ミラーの高さ以内の厚さで光導波コア層を所望の光配線パターンに形成する工程と、前記光導波コア層を覆うように第2クラッド層を形成する工程とを含むことを特徴とする光配線基板の製造方法。

【請求項2】

第2クラッド層上に遮光膜を形成し、該遮光膜上にカバー層を設け、該カバー層に搭載部品の光入出力端子を位置決めするための凹部を形成した後、該カバー層の凹部を窓として前記遮光膜をエッチング除去する工程を含むことを特徴とする請求項1記載の光配線基板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、LSIを高速実装するための技術に係わり、特に光導波路を備えた光配線基板の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

10

20

バイポーラトランジスタや電界効果トランジスタ等の電子デバイスの性能向上により、LSIは飛躍的な高速動作が可能になってきている。しかしながら、LSIの内部動作は高速化されているものの、これらを実装したプリント基板レベルでの動作速度はLSIの動作速度より低く抑えられ、そのプリント基板を装着したラックレベルでは更に動作速度が低く抑えられている。この理由は、動作周波数の上昇に伴って電気配線の伝送損失や雑音、電磁障害が増大し、信号を劣化させないために長い配線ほど動作周波数を下げる必要が出てくるためである。従って、電気配線装置では、能動素子であるLSIの動作速度を向上しても、その実装において速度低下を余儀なくされるという問題がある。

【0003】

一方、上述のような電気配線装置の問題を鑑み、LSI間を光で接続する光配線装置が幾つか提案されている。光による配線の特徴は、直流から数十GHz以上の周波数領域で損失等の周波数依存性が殆ど無く、また配線経路の電磁障害や接地電位変動雑音が無いので数十Gbpsの配線が可能にある。このため、光配線装置ではプリント基板やラックのレベルで非常に高速の動作が期待できる。

【0004】

この光配線装置を実現するためには、光導波路や光ファイバを用いた実装が必要となるが、一般に光接続は平板光導波路基板の突き合わせや光ファイバの突き合わせで行われ、電氣的なLSIのボード実装等と比較して生産性が低いという問題がある。特に、光導波路を設けた光配線基板への部品実装は、光導波路を一部切り込み、その部分に光素子（半導体レーザ、フォトダイオード等）を装着する形式のものが多く、汎用性に乏しい。また、光入出力を基板の垂直方向とし、実装基板面内方向に設けられた光導波路に90°の光路変換機構を設けることで光部品を表面実装する提案も幾つかあるが、実用性の高い90°変換機構、即ち、生産性の高い効果的な90°変換機構は未だ実現されていないという問題があった。

【0005】

従来、光部品の表面実装は、光ビームを直角に曲げるため光導波路を機械的に45°切断する、又は45°ミラー部品を別途装着するなどの方法が用いられてきた。光導波路を機械的に45°切断する方法は、ダイシングやレーザ加工により斜めに切り込む方法が一般的であり、また配線板の端部に限定されるが光導波路を基板毎斜めに研磨する方法なども広く知られている。一方、45°ミラー部品を別途装着する方法は、個別の微小45°ミラーを光端子位置に合わせて配置していく方法が最も単純であるが、機械的な配置工程を短縮するため、光導波路基板とミラー基板を別個に作成して張り合わせる方法（例えば、Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers:SPIE Vo1.3288,p.79）が提案されている。

【0006】

図18に、上記文献に記載された内容を模式的に示す。図中の1はミラー基板、3はミラー基板1に設けられた45°ミラー、15は光導波路基板、4は光導波コア層、2及び5はクラッド層である。また、図の矢印は光信号の流れを示しており、実装する光素子やLSI等は基板15の裏面に電気配線を設けて実装されている。

【0007】

これらの方法は確実に光ビームを直交変換できるが、光導波路を切断する方法では、光入出力部を基板内の任意の位置及び任意の向きに形成することが難しく、更に多数の光入出力部を形成する場合の生産性が乏しいという問題がある。また、外部ミラー部品を装着する方法では、基板の構成が複雑になるだけでなく、ミラー部品が機械的な装着であり、装着不良や汚染の問題が発生し易いという問題がある。これらの問題は光配線基板の生産性向上を阻害し、低コストで汎用性の高い光実装を実現するための大きな障害となっている。

【0008】

これに対し、光配線基板に能動素子（半導体レーザ、フォトダイオード、駆動IC等）を埋め込み、実装基板への実装を電気接続で行う方法（例えば、特開2000-11458

10

20

30

40

50

1号公報)、基板に凹凸を形成して下地クラッド層を変形させ、その変形部に埋め込みミラーを形成する方法(例えば、Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers:SPIE Vol.3288,p.133)等が提案されている。

【0009】

前者は、LSIの実装が通常の電気接続であるため、半田リフロー等の一般的な電気実装手法が適用できるが、実装基板に能動素子を埋め込む構造のため熱歪の影響により数10cm規模の大型化が難しく、また実装配線の変更が汎用的に行える構造ではないという問題を持っている。一方、後者は、光配線基板自体は光導波路や電気配線を形成するだけであり、大型化が容易であるほか、実装配線パターンの変更もフォトリソグラフィのマスク変更のみで行える方法である。

10

【0010】

図19に、後者文献に基づく構成概念を示す。図中の1は基板、2はクラッド層、4は光導波コア層、5はクラッド層、3は光導波コア層4に直接接する埋め込みミラーであり、基板1に凹凸を設け、それを反映してクラッド層2に凹凸が形成され、3の埋め込みミラーはクラッド層2の凹凸境界斜面に金属を蒸着して形成している。この従来例は、光導波路の導波光を部分的に取り出す、即ち光バス中間端子(光タップ)としての機能を実現するものであり、ミラー3は光分岐ミラーとして機能している。

【0011】

この従来例の特徴は、分岐ミラー3の高さが光導波路コア層4の厚さより低く設定されて光導波路コア層4に直接埋め込まれているところにあり、導波光の一部が確実に垂直分岐されると共に、後段光導波路へ分配可能な点にある。また、用いている光導波路がマルチモード導波路であるため、光分岐部で分岐される光伝播モードと単純通過する光伝播モードの両方が混在可能であり、光線追跡等の手法により、光分配設計が比較的容易に行えるという特徴もある。また、光分岐の道として光挿入も可能という、信号バスとしての基本機能が単純な構成で実現されている。

20

【0012】

しかしながら、この従来例では基板1及び下地クラッド層3が凹凸を持っているためコア層4に凹凸が形成され、光導波路としての導波損失が過剰に大きくなるという問題がある。即ち、コア層4の凹凸により、導波される光が凹凸部の境界(コア層4の折曲がり部)でモード変換損失を生じ、平坦な光導波路に比し過剰な損失が生じるという欠点を持っている。従って、この従来例では必要以上に導波光を損失し、システム構成上の負荷を大きくするという問題がある。埋め込みミラー3(分岐ミラー)が部分分岐用であるため、光送信の光路変換ミラーとして用いた場合、光入射の開口面積が光導波路断面積に比し小さくなるという欠点がある。例えば、埋め込みミラー3の垂直分岐効率が10%(1/10分岐)とすると、基本的には、光送信ビームの断面積を光導波路断面積の1/10にしなければならない。

30

【0013】

一般に、光ビームを小さく絞ることはビームの放射角を大きくすることになり、光導波路の開口数(Numerical Aperture)を超える角度になるまで絞ることは無意味となる。従って、場合によって光送信部の光結合効率が低くなるという問題があり、これは光信号バスとしての適用においては原理的な必然性として受け入れざるを得ないが、クロック信号など、一方通行的な信号分配の光送信においては単なる損失となる問題である。また、光導波路の終端部においては、分岐光以外の導波光が導波路の外に放射又は逆向きに反射され、他の光導波路へのクロストークを生じさせたり、光導波路内の多重反射を起して遅延雑音信号を発生させたりするという問題も持っている。

40

【0014】

また、上記の従来例では埋め込みミラー3(分岐ミラー)を基板の変形により傾けており、基板への凹凸形成と下地クラッド層への凹凸の反映、又は下地クラッド層への凹凸の形成が必須であり、基板材料、基板サイズ等に制約があると共に、凹凸形状やその深さの制御等、製造工程の複雑さと共に製造工程の制御が難しくなり易いという問題がある。また

50

、この問題を回避するため金型により下地基板を製造する方法も考えられるが、この場合、全く同一の基板を大量生産する場合にのみ効果があり、一般には金型の初期投資が負担となり易いうえ、配線パターンの変更が容易でないなど、製造方法の一般性が乏しいという問題も持っている。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】

このように従来、LSI間を光で接続する光配線基板においては、実用性の高い90°光路変換機構が未だ実現されておらず、これが生産性の低下や製造コストの増大を招く要因となっていた。

【0016】

本発明は、上記事情を考慮して成されたもので、その目的とするところは、LSIを汎用的に光配線実装する際に、光結合損失を最小とし且つ確実な光終端の行える90°光路変換機構を実現することができ、生産性の向上及び製造コストの低減をはかり得る光配線基板の製造方法を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】

(構成)

上記課題を解決するために本発明は、次のような構成を採用している。

【0026】

即ち本発明は、光配線基板の製造方法において、基板上に第1クラッド層をほぼ平坦に形成する工程と、第1クラッド層上にミラー形成部に開口を有し且つ該開口に対して下層側が上層側よりも後退しているマスクを設ける工程と、前記マスクの開口内にパターン端部が斜面を有するようにミラー金属を堆積して終端ミラーを形成する工程と、第1クラッド層上に前記終端ミラーの高さ以内の厚さで光導波コア層を所望の光配線パターンに形成する工程と、前記光導波コア層を覆う如く第2クラッド層を形成する工程とを含むことを特徴とする。

【0027】

さらに、上記の光配線基板の製造方法において、第2クラッド層上に遮光膜を形成し、該遮光膜上にカバー層を設け、該カバー層に搭載部品の光入出力端子を位置決めするための凹部を形成した後、該カバー層の凹部を窓として前記遮光膜をエッチング除去する工程を含むことを特徴とする。

【0028】

(作用)

本発明の光配線基板においては、光結合方向を90°変換する45°ミラーを光導波路内に内蔵しているため、光導波路の機械加工部分や外部ミラーが無く、外見上は全くの平坦基板であるという特徴を持っている。このため、実装部品の実装工程や配線パターン設計において、光配線による凹凸の考慮が不要であり、また機械的な加工部分が基本的に無いため、半田のリフロー工程やフラックスなどの洗浄工程などにおいて、ミラー面や機械加工部が汚染される、残渣が残るといったトラブルが無いという特徴を持っている。

【0029】

また本発明は、分岐ミラーにより従来技術と同様な光バス機能を実現すると共に、終端ミラーにより光導波路端部における光導波路外への光放射や逆向きに光導波する反射光を防ぐことで確実な光終端を行い、他の光導波路へのクロストークや光導波路内の多重反射を抑制できるという特徴を持っている。

【0030】

また本発明は、終端ミラーを光分配型配線の送信部光結合器とすることにより、光送信結合効率を基本的に100%とすることができる特徴を持っている。即ち、本発明の光配線基板は、光導波路間クロストークや光導波路内の多重反射雑音が少なく、光入出力部の光結合損失を最小とした表面実装型の光配線基板が得られるという特徴を持っている。

【0031】

10

20

30

40

50

また、本発明の光配線基板の製造方法は、分岐ミラー及び終端ミラーを基本的に平坦基板の上で作製し、しかもその形成は平坦面へのフォトリソグラフィやメタルマスク蒸着などでパターン決定できるため、通常の電気配線基板における多層積層基板などと同様な生産性を有し、更に配線パターンやミラー向きの変更がフォトマスクやメタルマスクの変更で容易に行えるという特徴を持っている。従って、本発明による光配線基板及びその製造方法は、光配線実装の低コスト化と汎用化を促進し、システム適用を容易として、超高速情報通信システムなどの高度化に貢献するという効果を奏する。

【0032】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の詳細を図示の実施形態によって説明する。

10

【0033】

(第1の実施形態)

図1は、本発明の第1の実施形態を説明するためのもので、光配線基板の一部を模式的に示す斜視図である。

【0034】

図中の1は光導波路を形成する基板、2は光閉じ込めのための下地クラッド層(第1クラッド層)、3は終端ミラー、4は光導波路コア(光導波コア層)、5(破線で仮想的に図示)は光閉じ込めのための上部クラッド層(第2クラッド層)であり、図示した矢印は光信号の流れを表している。

【0035】

20

また、図2は、図1の実施形態を光導波路コア4の中心上で縦に切断した場合の断面図であり、図1と同一の部分は同一の符号を用いて示した。終端ミラー3は、光導波路コア4を完全に分断する高さで光導波路の光導波方向に略45°の傾斜面を持つように構成する。これにより、導波光は終端ミラー3の部分で90°の角度で上方に反射される。

【0036】

各要素の具体的構成例としては、基板1はSi, セラミック, ガラス添加エポキシなど、基本的に光導波路材料を形成できる材料であれば特に制限は無い。クラッド層2, 5及び光導波路コア4は、例えば石英(SiO₂)や多成分ガラスに不純物添加して屈折率調整したガラス系材料、弗化ポリイミドやアクリル, エポキシなどのポリマ材料などを用いることができ、光導波路コア4の屈折率がクラッド層2, 5の屈折率より所定比だけ高くなるよう設定する。光導波路コア4の寸法例としては、高さ(厚さ)を5µmとし幅を20µmとする。

30

【0037】

終端ミラー3は、金属等のように材料自体が光を反射する材料や45°入射で全反射となる屈折率差を持つ低屈折率材料を埋め込む、或いはスペーサ等を用いて空隙を作る等の手法により形成できる。終端ミラー3の寸法は、前述した光導波路コアの寸法の場合、頂点高さを5µmとし光導波路コア4を横断する方向の幅を例えば30µmとすれば良い。

【0038】

ここでは1対1光配線の例を示しており、図2左側の終端ミラー3を光入力の結合器とし、光信号は表面から垂直に入力する。このとき、終端ミラー3は光導波路コア4を完全に横断しているため、光導波路コア4の開口数以内の入射角で終端ミラー3と導波路コア4の重なる範囲に入射する光は殆どが光導波路に結合する。また、終端ミラー3を光導波路コア4の部分に埋め込む構造としているため上部クラッド層5は平坦化が容易であり、45°の光導波路切断部や外部ミラー, 基板凹凸などが無いため、光配線基板全体の表面も平坦にできる。

40

【0039】

また、光導波路の光配線端部、即ち終端ミラー部では、導波される光の殆どが90°反射されるため、図1、図2のように終端ミラー3より先に光導波路が延在していても、終端ミラー3より先に光が漏れ出すことは無い。このため、終端ミラー3を境に別の光配線路を続けて形成でき、光導波路端部に配線分離のためのスペースを設ける必要が無いため、

50

光配線基板として高密度の配線（光導波路）が形成可能という効果も持っている。

【0040】

（第2の実施形態）

図3、4は、本発明の第2の実施形態を説明するためのもので、図3は光配線基板の一部を模式的に示す斜視図、図4は図3の光導波路コア4の中心上で縦に切断した場合の断面図である。なお、図1、図2と同一部分には同一符号を付して、その詳しい説明は省略する。

【0041】

本実施形態が先の第1の実施形態と異なる点は、2つの終端ミラー3間に光分岐のための3つの分岐ミラー6を設けたことである。これらの分岐ミラー6は、終端ミラー3と同様に光導波路の光導波方向に略45°の傾斜面を持つように構成され、さらに終端ミラー3とは異なり光導波路コア5を部分的に横断する高さに形成される。これにより、導波光は分岐ミラー6の部分では一部の光が90°上方に反射され、終端ミラー3の部分では全ての光が90°上方に反射される。

10

【0042】

各要素の具体的構成例としては、第1の実施形態で述べた通りであり、分岐ミラー6は終端ミラー3と同様に、金属等のように材料自体が光を反射する材料や45°入射で全反射となる屈折率差を持つ低屈折率材料を埋め込む、或いはスペーサ等を用いて空隙を作る等の手法により形成できる。また、終端ミラー3の寸法は、第1の実施形態と同様に、頂点高さを5μmとし光導波路コアを横断する方向の幅を例えば30μmとすれば良い。そして、分岐ミラー6の寸法は、前述した光導波路コアの寸法の場合、頂点高さを例えば1.5μmとし光導波路コアを横断する方向の幅を例えば30μmとすれば良い。

20

【0043】

この実施形態は、クロック信号などの一方通行の信号を分配する場合の例であり、図4左側の終端ミラー3を光入力結合器とし、光信号は表面から垂直に入力する。このとき、終端ミラー3は光導波路コア4を完全に横断しているため、光導波路コア4の開口数以内の入射角で終端ミラー3と導波路コア4の重なる範囲に入射する光は殆どが光導波路に結合する。

【0044】

結合した光は光導波路中を導波されて伝播していくが、分岐ミラー6の位置にくると分岐ミラー6の断面積に応じた光が90°上方に反射される。また、分岐ミラー6の反射面で反射されなかった残りの光は、光導波路を更に導波して次の分岐ミラー6又は終端ミラー3に達する。前記の光導波路コア4と分岐ミラー6の寸法例の場合、例えば最初の分岐ミラー6で30%、2番目の分岐ミラー6で21%、3番目の分岐ミラー6で15%、最終段の終端ミラー3で34%といった比率で光信号を分配できる。

30

【0045】

（第3の実施形態）

図5は、本発明の第3の実施形態を説明するためのもので、光配線基板の一部を模式的に示した断面図である。なお、図4と同一部分には同一符号を付して、その詳しい説明は省略する。

40

【0046】

本実施形態が先の第2の実施形態と異なる点は、不要な光を吸収する光吸収体7を設けたことにある。即ち、上部クラッド層5上で終端ミラー3の上方に位置する領域に光吸収体7が形成されている。各要素の具体的構成例としては、第1及び第2の実施形態で述べた通りであり、光吸収体7は使用する波長に合わせ適宜材料が選択可能であり、例えば光配線の光波長が0.85μmの場合、SiやGe等の半導体材料、カーボンや染料等を含むポリマ材料等を積層して吸収体とすることができる。

【0047】

この実施形態は、各々分岐ミラー6が光タップとして機能し、分配型光バスを構成する場合の例であり、図5右側の分岐ミラー6が光送信している状態を示している。

50

【0048】

光送信端子では分岐ミラー6の頂点に光ビームの中心を合わせて入力し、光信号を図の左右に分配するようにする。分配された光は光導波路中を導波され、分岐ミラー6の位置にくると分岐ミラー6の断面積に応じた光が90°上方に反射される。また、分岐ミラー6の反射面で反射されなかった残りの光は、光導波路を更に導波して次の分岐ミラー6又は終端ミラー3に達する。この場合、終端ミラー3に達した光が反射して戻ってくると各分岐ミラー6で再び信号を受信することになり、最初に受けた信号に重畳してデータエラーを起こすが、ここでは光吸収体7を設けているため光信号の多重受信が起こらなくなる。

【0049】

なお、光送信端子は、図5のように右側の分岐ミラー6に固定されるものではなく、各分岐ミラー6が光送信及び光受信の機能を持っており、動的にその機能を切替えることができる。また、図5では両側の光吸収体7が単に光を吸収するだけの機能で示しているが、これは受光素子に置き換えて光バスモニタとすることも可能である。

10

【0050】

また、前述した光送信端子では光ビームの中心を分岐ミラーの頂点に合わせるようにしたが、これを敢えてずらして左右の光分配比率を変えることもできる。例えば、図5の動作状態において、右側は終端ミラー、即ち光終端端子若しくは光バスモニタのみであるが、左側は分岐ミラーが2つあり、左側に光信号を多く分配することが望ましい。従って、この場合は光ビームの中心を分岐ミラーの頂点より左側に置くことが望ましく、その設定は光配線の構成内容によって決定することができる。

20

【0051】

(第4の実施形態)

図6、7は、図5に示した第3の実施形態の製造工程を示す断面図である。ここでは、光配線MCM(Multi-Chip Module)を想定し、Si基板上にポリマ系光導波路を形成する例を示していく。

【0052】

図6(a)は、Si基板1に下地クラッド層2と分岐ミラー材料6'を平坦に全面形成し、フォトレジスト8により分岐ミラー形成のためのマスクパターンを形成した状態である。下地クラッド層2は、例えば低屈折率弗素化ポリイミドとし、スピコート、スプレーコート、ディスペンサ塗布などの方法で最終的に例えば50µmの厚さになるよう形成し、加熱キュアする。続いて、分岐ミラー材料6'を例えば銅とし、スパッタ、蒸着等の手法により例えば1.5µmの厚さに形成する。そして、フォトレジスト8をパターンニングすることにより、図6(a)の状態となる。

30

【0053】

このとき、フォトレジスト8は、分岐ミラー6の最終パターン幅より分岐ミラー材料6'の厚さの数倍、例えば2倍の3µm、大きなパターンとする。即ち、分岐ミラー6が高さ1.5µm、幅が30µmとすると、光導波路の導波方向幅は3µmとなるため、フォトレジスト8のパターンは6µm×33µmの長方形とする。この理由は後述する。

【0054】

次いで、図6(b)に示すように、エッチングにより45°ミラー(分岐ミラー6)を形成し、フォトレジスト8を除去する。

40

【0055】

次いで、図6(c)に示すように、分岐ミラー6をフォトレジスト9により保護し、終端ミラー材料3'を全面形成し、フォトレジスト10により分岐ミラー形成のためのマスクパターンを形成する。終端ミラー材料3'は、例えば銅とし、スパッタ、蒸着等の手法により例えば5µmの厚さに形成する。また、フォトレジスト10は、終端ミラー3の最終パターン幅より終端ミラー材料3'の厚さの数倍、例えば2倍の10µm、大きなパターンとする。即ち、分岐ミラー6が高さ5µm、幅が30µmとすると、光導波路の導波方向幅は10µmとなるため、フォトレジスト10のパターンは20µm×40µmの長方形とする。この理由も後述する。

50

【 0 0 5 6 】

次いで、図7(d)に示すように、エッチングにより45°ミラー(終端ミラー3)を形成し、フォトレジスト10及び9を除去する。続いて、光導波路コア4を全面形成する。光導波路コア4は、例えば高屈折率弗素化ポリイミドとし、スピコート、スプレーコート、ディスペンサ塗布などの方法で最終的に例えば5 μ mの厚さになるよう形成し、加熱キュアする。このとき、光導波路コア4は分岐ミラー6と終端ミラー3を覆い、各ミラー部で盛り上がる形状になる。これを、研磨やダミーレジスト塗布による平坦化とドライエッチングなどの手法により終端ミラー3の頂部が現れるように平坦化加工する。そして、所望幅、例えば20 μ m幅の配線パターンとなるように光導波路コア4をパターン化加工する。これには、フォトレジストを用いたドライエッチング、即ちパターン部以外の除去や、光導波路コア材料の光照射による屈折率シフト、即ち屈折率パターンの加工により行う。

10

【 0 0 5 7 】

次いで、図7(e)に示すように、上部クラッド層5を平坦になるよう全面形成する。上部クラッド層5は、例えば低屈折率弗素化ポリイミドとし、スピコート、スプレーコート、ディスペンサ塗布などの方法で最終的に例えば20 μ mの厚さになるよう形成し、加熱キュアする。ここで、光導波路コア4がパターン部以外を除去する方法で形成されている場合、光導波路コア4の有る部分と無い部分で表面に段差が形成されることがある。その場合、光導波路パターンの無い部分にダミーの光導波路コアを残す方法や、上部クラッド層5を予め厚く形成しておいて研磨等で所望厚さまで削る等の平坦化方法が適用できる。

20

【 0 0 5 8 】

次いで、図7(f)に示すように、全面に光吸収体7を形成する。光吸収体7は、例えばGeとし、スパッタ、蒸着等の手法により例えば5 μ mの厚さに形成する。この後、フォトレジストを用いたエッチング等により、光吸収体7が終端ミラー3の上部に部分的に残るように加工する。また、光吸収体7は、リフトオフやメタルマスクを用いた選択堆積によって作製しても構わない。これによって、前記図5に示す構造が作成できることになる。

【 0 0 5 9 】

本実施形態の方法では、45°ミラーを機械的な切削で形成したり、外部部品を装着したりする工程が無く、通常の積層プロセス、即ち既に実用化されているプリント基板や半導体の量産プロセスで形成できるため、量産性、低コスト性に優れた光配線基板を得ることができる。

30

【 0 0 6 0 】

次に、本実施形態における45°ミラーの加工工程の詳細を示す。図8は、エッチングによる45°ミラーの形成工程を示す工程断面図であり、ここでは終端ミラー3を形成する工程について示していく。

【 0 0 6 1 】

この方法では、まず図8(a)に示すように、下部クラッド層2上にミラー材料3'を形成し、フォトレジスト10による45°ミラーのパターンを形成する。ミラー材料3'は、近赤外から赤外の波長、例えば0.85 μ m, 1.3 μ mといった波長領域では、銅, 金, 銀, アルミニウムなどの材料が適用でき、スパッタ, 蒸着等の手法により、例えば5 μ mの厚さに形成する。

40

【 0 0 6 2 】

また、フォトレジスト10は、終端ミラー3の最終パターン幅よりミラー材料3'の厚さの数倍、例えば2倍の10 μ m、大きなパターンとする。即ち、分岐ミラー6が高さ5 μ m、幅が30 μ mとすると、光導波路の導波方向幅は10 μ mとなるため、フォトレジスト10のパターンは20 μ m \times 40 μ mの長方形とする。

【 0 0 6 3 】

その後、図8(b)に示すように、ミラー材料3'のエッチングを行う。エッチングの手

50

法としては、ウェットエッチングやドライエッチングがあり、条件設定によりいずれの方法も適用可能であるが、ここでは、例としてウェットエッチングを用いた場合を示していく。

【0064】

ミラー金属が銅の場合、用いるエッチング液は塩化第二鉄溶液、塩化第二銅溶液、硫酸と過酸化水素の混合液、希塩酸など、またミラー金属が金の場合、用いるエッチング液は王水（塩酸、硝酸混合液）、沃素と沃化カリウムと水酸化カリウムの混合水溶液、塩酸と過酸化水素の混合液など、またミラー金属が銀の場合、用いるエッチング液は希硝酸、アンモニアと過酸化水素の混合液など、またミラー金属がアルミニウムの場合、用いるエッチング液は水酸化ナトリウム水溶液、燐酸と硝酸と酢酸の混合液など、それぞれの材料に応じて多くの種類のエッチング液が適用できる。これらのエッチング液は用いる材料に応じて適宜選択可能である。

10

【0065】

通常、金属のエッチングは所謂等方性エッチングであり、図8(a)に破線で示したようにエッチングがフォトレジストの端部で弧を描くように進行していく。一般的には、図8(a)の状態のエッチングが終了となるが、ここでミラー材料3'に45°近傍の斜面を形成するため、更にエッチングを続行する。その結果、レジスト下部のミラー材料3'がエッチングされていく、所謂アンダーカットが生じるが、強固なレジストを用いた場合、アンダーカットによりその端部が垂直に近い形状になっていく傾向がある。

【0066】

逆に、薄いフォトレジストの場合のように、レジストがエッチング進行に伴ってめくれる傾向にある場合、アンダーカットの端部がなだらかに傾斜するようになる。これにより、フォトレジストの種類と厚さ、加熱処理条件を適当に選ぶことで45°付近の傾斜を持つアンダーカットの形成が可能であった。その状態を図8(b)に示した。前述したフォトレジストパターンをミラー材料3'の厚さの数倍大きく形成する理由はここにあり、アンダーカットエッチングにより実際のパターンが縮小するのを補正することが目的である。

20

【0067】

このアンダーカットエッチングを更に進めていくと、最後にはフォトレジストとミラー材料3'の接触部分が無くなり、フォトレジストが剥離してしまう。その状態で即座にエッチングを停止できれば問題は無いが、一般にはこれが困難であり、また基板全体のエッチングむらによりフォトレジストが剥離するタイミングが揃わないため、ある程度フォトレジストとミラー材料の接触部が残っている段階で終了することが望ましい。例えば、フォトレジストとミラー材料の接触部は1μm程度残るように工程を管理する。また、エッチングを停止するタイミングを制御しやすいよう、エッチング速度は比較的遅く、例えば毎分0.5μm以下とすれば製造管理が容易になる。

30

【0068】

なお、アンダーカットによるエッチング端部の傾斜を再現性良く形成するため、フォトレジストとミラー材料3'の間にミラー材料よりややエッチング速度の速い材料を薄く挿入してエッチングする方法も有効である。例えば、ミラー材料3'がアルミニウムこの場合、その表面を陽極酸化により酸化させておき、燐酸と酢酸と硝酸と水と弗化アンモニウムの混合エッチング液（容積比76:15:3:5:1）を用いると、陽極酸化膜の方がアルミニウムよりエッチングが速くなり、レジスト材料のめくれ上がりを用いずともエッチング端部に傾斜面を作ることができる。

40

【0069】

（第5の実施形態）

図9は、本発明の第5の実施形態に係わる製造工程を示す断面図であり、第4の実施形態と同様な製造過程の中で、45°ミラーの製造過程を抜き出して示したものである。

【0070】

ここで示す方法は、ミラー材料を一旦全面形成するのではなく、所望部分にミラー材料を選択堆積してミラーを形成する方法である。図9(a)は、下部クラッド層上に二重マス

50

クを形成した状態を示している。この二重マスクは、多層レジストやフォトレジスト上にメタルマスクを重ねるなどの手法が適用できる。ここでは、マスク精度の観点で優れる多層レジストについて示していく。

【0071】

図9(a)の10は下地レジスト、10'は上部レジストであり、例えばフォトレジストの形成工程を2回重ねて行って形成する。その際、図に示すように、下部のレジストは上部のレジストより引っ込むように形成しておく。また、ネガ型のフォトレジストを用いた場合、露光工程の露光量を少なめにする事でフォトレジストの表面から下部クラッド層2に向かってパターンが広がる所謂逆テーパーを形成することができるが、これを利用しても良い。更に、上部レジスト10'と下部レジスト10を異種レジストとし、一括露光現像したときの現像特性差を利用してても良い。

10

【0072】

次に、図9(a)の状態ミラー材料3'をスパッタ、蒸着等の手法で堆積していく。一般に、スパッタ、蒸着等の膜堆積は、フォトレジストのパターン端部で図9(b)に示すような堆積膜のせり出しが起こる。これはレジスト端部の側壁で側壁堆積物を踏み台とする上面堆積が起こるため、徐々に側壁堆積がせり出してくることによる。側壁堆積が徐々にせり出してくる結果、せり出し部の下部が陰となって膜厚が減少し、レジストのパターン端部での膜厚の増加と共に側部の斜面が形成されていく。

【0073】

この実施形態の場合、図8で示した実施形態のようにミラー3の頂部に一部平坦面を残す必要はなくなる。即ち、図9(b)の状態を終了するのではなく、更にミラー材料3'の堆積を続け、左右の側壁堆積のせり出しが完全に結合するまで継続し、頂部の平坦面が無くなるまで続けて構わない。これにより、分岐ミラー6を形成した場合など、頂部に平坦面が無くなるため一部の入射光がもとの方向に反射するといった損失が低減できる。

20

【0074】

ここで、フォトレジストを二層にし、下部レジストを上部レジストより引っ込めている理由は、傾斜面を持つミラー3とフォトレジスト上に堆積するミラー材料3'が接触して分離し難くなることを防ぐため、また、接触によりミラー3の斜面が荒れることを防ぐためである。また、この実施形態において、ミラー3の斜面角度はミラー材料の堆積速度で調整でき、また、スパッタや蒸着の際、基板を傾けて回転させ、その傾け方で角度を調整することも可能である。

30

【0075】

(第6の実施形態)

図10は、本発明の第6の実施形態を説明するためのもので、光配線基板の一部を模式的に示す断面図である。なお、図4と同一部分には同一符号を付して、その詳しい説明は省略する。

【0076】

本実施形態が先の第2の実施形態と異なる点は、光端子をガイドするためのカバー層11を新たに設けたことにある。このカバー層11は、前記図4に示した構成に加え、上部クラッド層5上にポリイミド等を塗布し、光入出力部を選択的に除去して形成する。光入出力部に設けられた凹部は、光配線基板に搭載する部品の光端子を機械的にガイドする機能を持っている。

40

【0077】

搭載部品の光端子は、例えば先球テーパーの光ロッドとし、図11に示すようにカバー層11の凹部に機械的に挿入するようにする。これにより、搭載部品の光端子と光配線基板の光軸調整が不要となり、光配線基板への部品実装工程が大幅に短縮できるという効果を持つ。

【0078】

(第7の実施形態)

図12は、本発明の第7の実施形態を説明するためのもので、光配線基板の一部を模式的

50

に示した上面図である。なお、図 4 と同一部分には同一符号を付して、その詳しい説明は省略する。

【0079】

この実施形態は、図 4 で示したクロック分配等の一方通行型の配線に適用するものであり、終端ミラー 3 a に入力された光が、各分岐ミラー 6 a, 6 b, 6 c 及び終端ミラー 3 b に均一に光が分配されるよう、各分岐ミラー 6 a, 6 b, 6 c の幅を変えたものがある。例えば、図 1 2 のように、終端ミラーも含めて 4 つの光入出力部に光を分配する場合、即ちそれぞれ 25% の光出力とするには、分岐ミラー 6 a が 25%、分岐ミラー 6 b が約 33%、分岐ミラー 6 c が 50% の光分岐率となるよう設定すれば良い。この場合、分岐ミラー 6 a, 6 b, 6 c は終端ミラー 3 の幅を狭くしたものをを用いることができる。

10

【0080】

例えば、光導波路コア 4 を厚さ $5\ \mu\text{m}$ 、幅 $30\ \mu\text{m}$ とし、終端ミラー 3 を高さ $5\ \mu\text{m}$ 、幅 $40\ \mu\text{m}$ とする。このとき、分岐ミラー 6 a, 6 b, 6 c は、垂直断面積が導波路コア 4 の垂直断面積の比で前述の割合となる終端ミラーを形成すればよく、各斜面が 45° 、頂部の幅が W 、高さが t 、導波路コア 4 の幅が W_0 とすると、光分岐率 $= (W + t) / W_0$ という関係式で決定することができる。即ち、頂部の幅が $2.5\ \mu\text{m}$ (6 a)、 $4.9\ \mu\text{m}$ (6 b)、 $10\ \mu\text{m}$ (6 c) となるように形成すれば、前述の比率になる。

【0081】

図 1 3 にその斜視図を示す。但し、実際の終端ミラーでは頂部の端及び側面の角は形状がなまるため、有効断面積でパターン幅を補正する必要がある。

20

【0082】

(第 8 の実施形態)

図 1 4 は、本発明の第 8 の実施形態を説明するためのもので、光配線基板の一部を模式的に示した断面図である。なお、図 1 0 と同一部分には同一符号を付して、その詳しい説明は省略する。

【0083】

この実施形態が先の第 6 の実施形態と異なる点は、上部クラッド層 5 の上面に遮光膜 1 3 を設け、光配線基板の外部や他の光入出力端子から迷光、即ち雑音光が入射するのを防ぐ構造としたことにある。これにより、内部で光配線するときの外来光を考慮した光パワーの余裕分が不要となり、動作光パワーを最小として低消費電力化が図れるようになる。遮光膜 1 3 には 3 及び 6 のミラー材料と同じ金属 (反射膜) や吸収体 7 と同じ材料 (吸収膜) を用いることができる。

30

【0084】

(第 9 の実施形態)

図 1 5 は、本発明の第 9 の実施形態を説明するためのもので、図 1 4 で示した第 8 の実施形態を効果的に作製できる製造過程を示す工程断面図である。

【0085】

図 1 5 (a) は、図 7 (e) の工程の後、遮光膜 1 3 を全面に形成した状態、図 1 5 (b) は、カバー層 1 1 を更に全面に形成し、フォトレジスト 1 4 をマスクとしてカバー層 1 1 に光入出力部の凹部を形成した状態、図 1 5 (c) は、更にカバー層 1 1 をマスクとして遮光膜 1 3 を選択除去した状態であり、フォトレジスト 1 4 をもとに白己整合的にカバー層 1 1 及び遮光膜 1 3 の光入出力部を形成している。

40

【0086】

この実施形態は、カバー層 1 1 の凹部を遮光膜 1 3 をエッチングのストッパーとして用いることで正確な深さに形成でき、またカバー層 1 1 の凹部と遮光膜 1 3 の窓部の位置合わせが正確に行えること、更には光入出力部の表面が上部クラッド層 5 を形成したときの平坦状態に保ちやすいといった効果がある。これにより、図 1 4 で示した実施形態を効果的に製造することができる。

【0087】

(第 10 の実施形態)

50

図16は、本発明の第10の実施形態を説明するためのもので、光配線基板の一部を模式的に示した上面図である。この実施形態は、終端ミラー3を光の上方取り出しのための90°変換ミラーではなく、水平面内の90°方向に光を折り曲げるために利用した例である。

【0088】

この実施形態は、図14で示した実施形態を基本構造とし、遮光膜13を反射鏡として利用している。即ち、ここでは13は反射膜に限定されており、前述のミラー材料を適用する。また、3の終端ミラーは光導波路の導波方向に対し、45°の角度で配置され、光導波コア4から入射した光は斜め上方に反射され、反射膜13で斜め下方に折り返される。

【0089】

このとき、光は終端ミラー3の反射面上を移動するような射影軌跡を持ち、図17に示すように終端ミラー3の反射面と反射膜13の距離に応じてシフトした終端ミラー3の反射面に戻ってくる。そして、終端ミラー3により再び反射された光は水平面内の90°方向に出力され、光導波コア4'に導入される。この結果、光導波路の90°折り曲げが実現する。

【0090】

この実施形態の応用として、反射膜13で反射された光が到達する面を逆向きの45°斜面としておけば光の進行方向は入射方向と一致し、導波光を平行に移動したような出力が得られる。これによりビームシフトを構成することができる。また、終端ミラー3の替わりに高さが光導波コア4の厚さより低い分岐ミラー6を用いると水平面内で90°分岐、

【0091】

なお、本発明は上述してきた各実施形態に限定されるものではない。例えば、使用する材料や寸法はここに示した内容に限定されるものではなく、またここでは電気配線を複合形成する内容について触れていないが、光導波路の下部又は上部に電気配線を形成することが可能であり、ミラーが金属の場合、これを電気配線の一部とすることもでき、光導波路コアと同一平面内に電気配線を形成することも可能である。さらに、光導波路自体を多層化して、光配線路を3次元的に形成することも可能であるなど、本発明はその主旨と範囲を逸脱することなく種々の変形が可能である。

【0092】

【発明の効果】

以上詳述したように本発明によれば、光導波路末端部分に導波光を方向変換するための終端ミラーを埋め込むと共に、その終端ミラーの埋め込み位置を光導波路のコア部分に限定して光導波路表面を平坦化することにより、また分岐のための分岐ミラーと導波光を遮断、方向変換するための終端ミラーを設けることにより、光配線基板の実用性と生産性及びLSI等の実装性を格段に向上することができ、光配線実装を汎用的且つ低コストに実現して高速大容量の情報機器や通信機器の大幅な性能向上を促すことができる。即ち、高度情報社会及び産業の発展に大きく寄与するという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態に係わる光配線基板の一部を模式的に示す斜視図。

【図2】図1の光配線基板を光導波路コアの中心上で縦に切断した場合の断面図。

【図3】第2の実施形態に係わる光配線基板の一部を模式的に示す斜視図。

【図4】図3の光配線基板を光導波路コアの中心上で縦に切断した場合の断面図。

【図5】第3の実施形態に係わる光配線基板の一部を模式的に示した断面図。

【図6】第4の実施形態に係わる光配線基板の製造工程の前半を示す断面図。

【図7】第4の実施形態に係わる光配線基板の製造工程の後半を示す断面図。

【図8】第4の実施形態におけるミラー部分の製造工程を示す断面図。

【図9】第5の実施形態におけるミラー部分の製造工程を示す断面図。

【図10】第6の実施形態に係わる光配線基板の一部を模式的に示す断面図。

【図11】第6の実施形態において光ロッドを結合した状態を示す断面図。

10

20

30

40

50

- 【図12】第7の実施形態に係わる光配線基板の一部を模式的に示す上面図。
- 【図13】第7の実施形態に係わる光配線基板の一部を模式的に示す斜視図。
- 【図14】第8の実施形態に係わる光配線基板の一部を模式的に示す断面図。
- 【図15】第9の実施形態に係わる光配線基板の製造工程を示す断面図。
- 【図16】第10の実施形態に係わる光配線基板の一部を模式的に示す上面図。
- 【図17】第10の実施形態に係わる光配線基板の一部を模式的に示す斜視図。
- 【図18】従来の光配線基板の基本構成を示す断面図。
- 【図19】従来の光配線基板の基本構成を示す断面図。

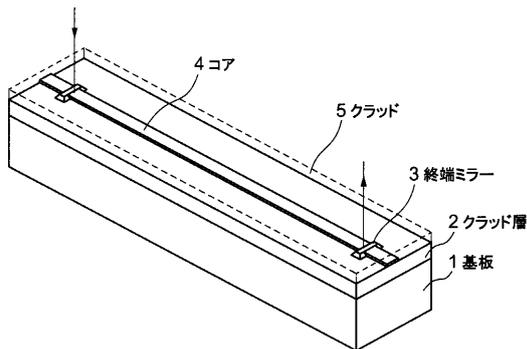
【符号の説明】

- 1 ... 基板
- 2 ... 下地クラッド層
- 3 ... 終端ミラー
- 4 ... 光導波コア層
- 5 ... 上部クラッド層
- 6 ... 分岐ミラー
- 7 ... 光吸収体
- 8, 9, 10, 14 ... フォトリソスト
- 11 ... カバー層
- 12 ... 光端子
- 13 ... 遮光膜
- 15 ... 基板

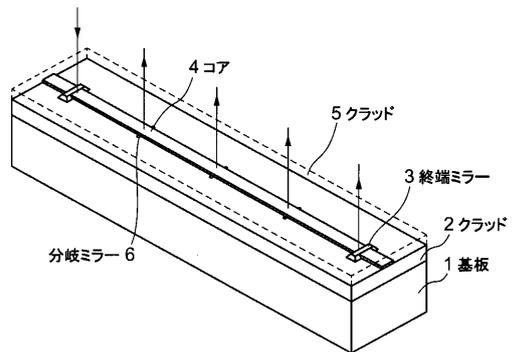
10

20

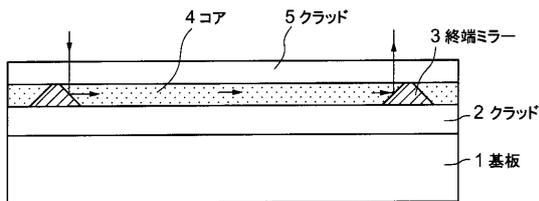
【図1】



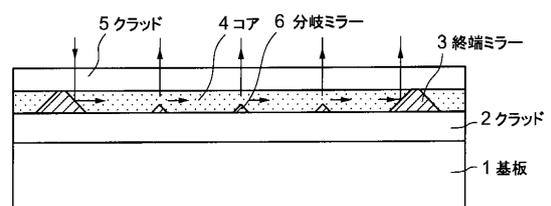
【図3】



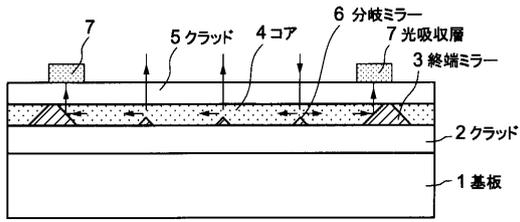
【図2】



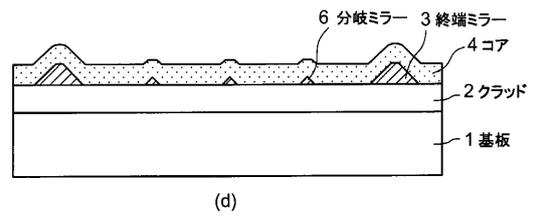
【図4】



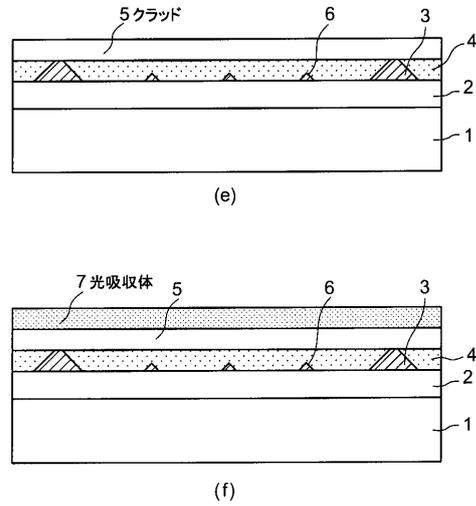
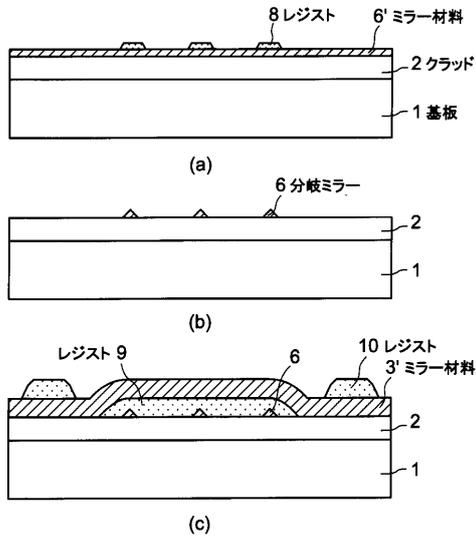
【 図 5 】



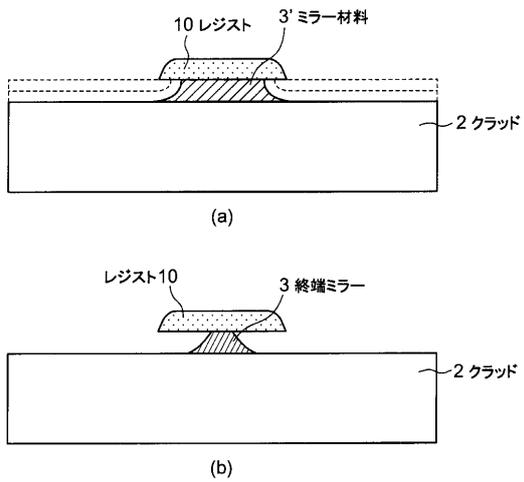
【 図 7 】



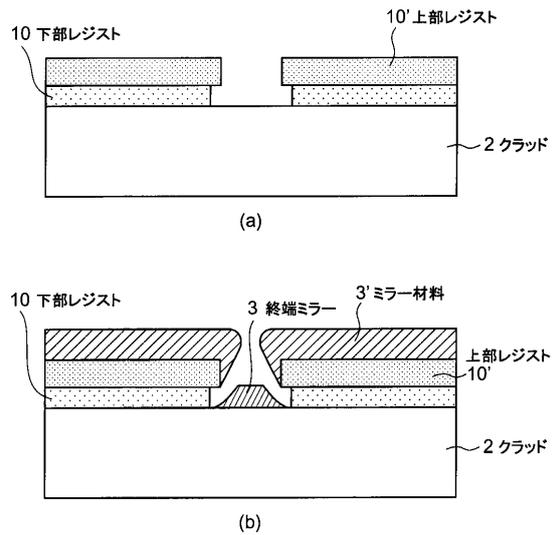
【 図 6 】



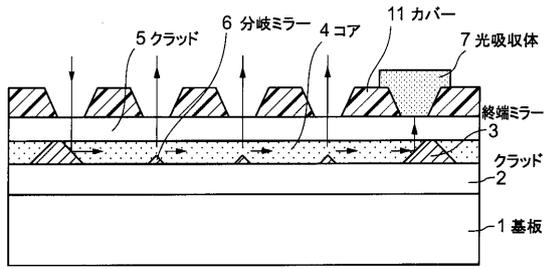
【 図 8 】



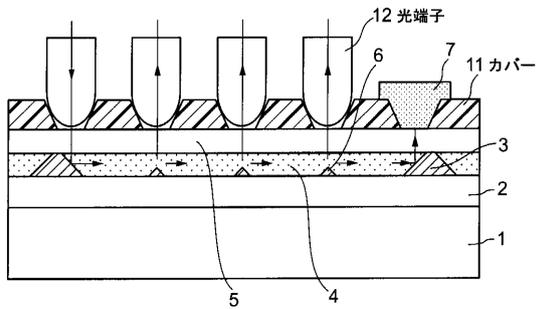
【 図 9 】



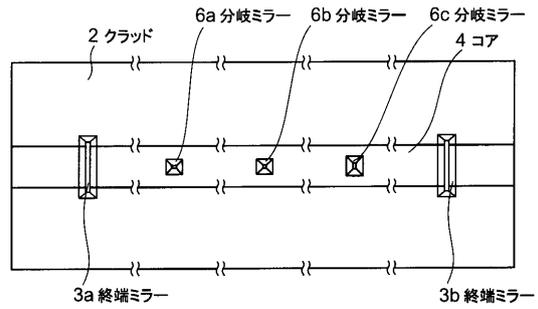
【図10】



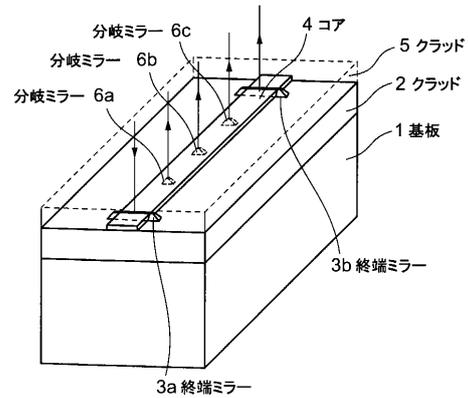
【図11】



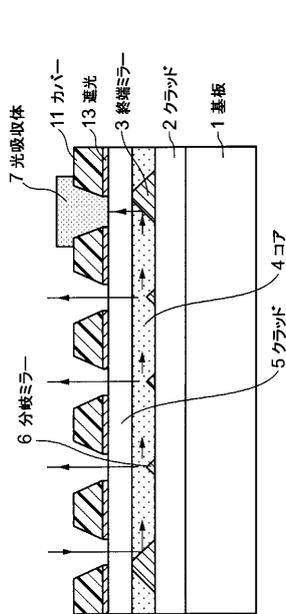
【図12】



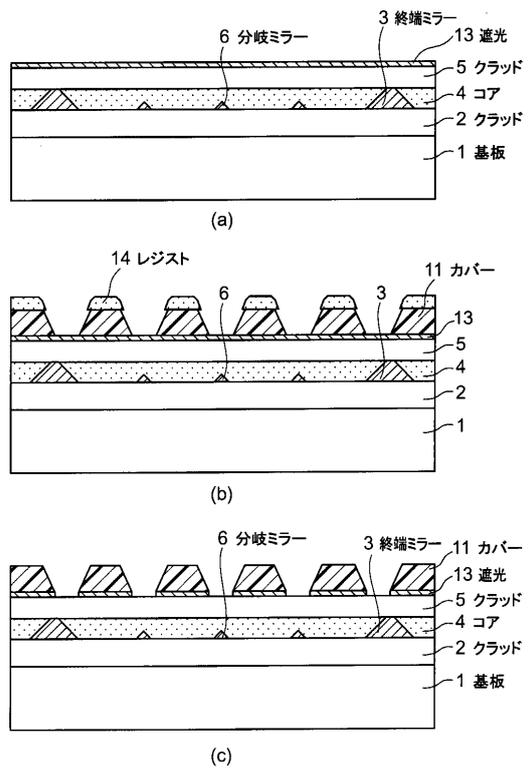
【図13】



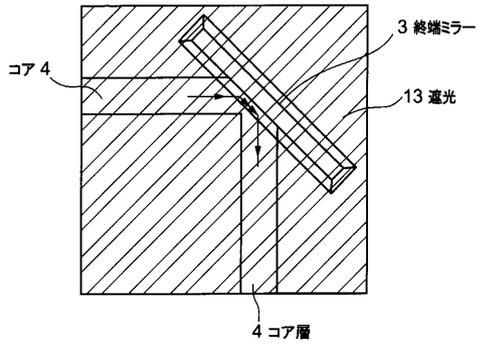
【図14】



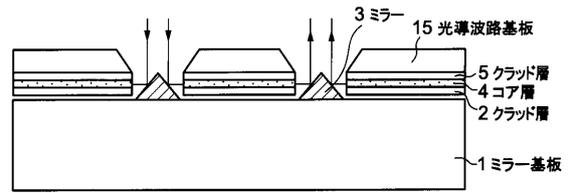
【図15】



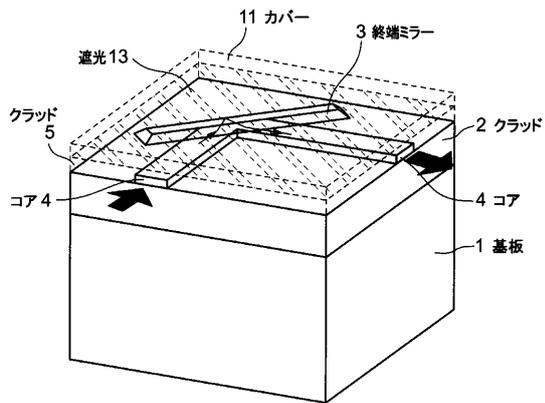
【 図 1 6 】



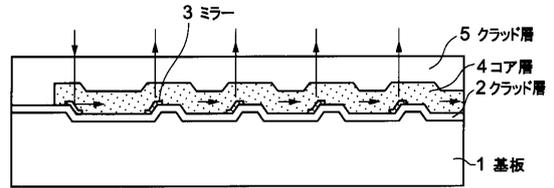
【 図 1 8 】



【 図 1 7 】



【 図 1 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 古山 英人

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

合議体

審判長 向後 晋一

審判官 平井 良憲

審判官 吉野 三寛

(56)参考文献 特開平7 - 3 2 5 2 3 1 (J P , A)
特開平8 - 2 6 4 7 4 8 (J P , A)
特開平5 - 2 6 4 8 3 3 (J P , A)
特開平11 - 7 2 6 3 6 (J P , A)
特開2000 - 4 7 0 4 4 (J P , A)
特開平3 - 4 5 9 0 9 (J P , A)
特開平10 - 4 8 4 4 8 (J P , A)
特開昭56 - 6 9 8 3 5 (J P , A)
特開平2 - 2 1 8 0 1 0 (J P , A)
特開平2 - 1 7 6 4 3 (J P , A)
米国特許第4 2 5 6 8 1 6 (U S , A)
米国特許第4 5 3 3 6 2 4 (U S , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G02B6/12-6/14