

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5462073号
(P5462073)

(45) 発行日 平成26年4月2日(2014.4.2)

(24) 登録日 平成26年1月24日(2014.1.24)

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

請求項の数 10 (全 18 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2010-116920 (P2010-116920) (22) 出願日 平成22年5月21日 (2010.5.21) (65) 公開番号 特開2011-242706 (P2011-242706A) (43) 公開日 平成23年12月1日 (2011.12.1) 審査請求日 平成24年12月10日 (2012.12.10)</p>	<p>(73) 特許権者 000190688 新光電気工業株式会社 長野県長野市小島田町80番地 (74) 代理人 100091672 弁理士 岡本 啓三 (72) 発明者 柳沢 賢司 長野県長野市小島田町80番地 新光電気 工業株式会社内 審査官 林 祥恵</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光導波路装置及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板と、

前記基板の上に、第1クラッド層と、コア層と、第2クラッド層とが順に積層された光導波路と、

前記光導波路の両端側の前記第2クラッド層及び前記コア層にそれぞれ形成され、光路変換傾斜面と側壁面とを備えた溝部と、

前記溝部の光路変換傾斜面に配置された金属層から形成された光路変換ミラーと、

前記第2クラッド層の上に形成され、前記光路変換ミラーのミラー面を被覆して前記溝部を埋め込む保護絶縁層と、

前記溝部の側壁面に対応する部分に、前記保護絶縁層、第2クラッド層及び前記コア層を貫通して形成された凹部とを有し、

前記光路変換ミラーの端部側面が前記凹部の側壁をなす前記保護絶縁層から露出していることを特徴とする光導波路装置。

【請求項2】

基板と、

前記基板の上に、順に積層された第1クラッド層及びコア層と、

前記コア層及び前記第1クラッド層の両端側にそれぞれ形成され、光路変換傾斜面と側壁面とを備えた溝部と、

前記溝部の光路変換傾斜面に配置された金属層から形成された光路変換ミラーと、

10

20

前記第コア層の上に形成され、前記光路変換ミラーのミラー面を被覆して前記溝部を埋め込む第2クラッド層と、

前記溝部の側壁面に対応する部分に、前記第2クラッド層及び前記コア層を貫通して第1クラッド層の厚みの途中まで形成された凹部とを有し、

記光路変換ミラーの端部側面が前記凹部の側壁をなす前記第2クラッド層から露出していることを特徴とする光導波路装置。

【請求項3】

前記凹部の側面は垂直面であることを特徴とする請求項1又は2に記載の光導波路装置。

【請求項4】

前記凹部は空洞であるか、あるいは前記凹部に埋込樹脂が埋め込まれていることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか一項に記載の光導波路装置。

【請求項5】

前記光導波路の一端側に前記光路変換ミラーによって光結合された状態で、前記基板に実装された発光素子と、

前記光導波路の他端側に前記光路変換ミラーによって光結合された状態で、前記基板に実装された受光素子と、

前記発光素子及び前記受光素子の下側及び前記凹部に充填されたアンダーフィル樹脂とをさらに有することを特徴とする請求項1乃至4のいずれか一項に記載の光導波路装置。

【請求項6】

基板の上に、第1クラッド層、コア層及び第2クラッド層を順次形成して光導波路を得る工程と、

前記光導波路の両端側に、光路変換傾斜面とそれに交差する側壁面とを備えて前記第2クラッド層及び前記コア層を分断する溝部をそれぞれ形成する工程と、

前記溝部の前記光路変換傾斜面及び側壁面に金属層を選択的に形成する工程と、

前記光導波路の上に前記金属層を封止する保護絶縁層を形成する工程と、

前記保護絶縁層から前記コア層を厚み方向に加工することによって、前記溝部の前記側壁面に形成された前記金属層を除去して凹部を形成することにより、前記光路変換傾斜面に前記金属層からなる光路変換ミラーを得る工程とを有し、

前記光路変換ミラーを得る工程で、前記光路変換ミラーの端部が前記凹部の側壁から露出することを特徴とする光導波路装置の製造方法。

【請求項7】

基板の上に、第1クラッド層及びコア層を順次形成して積層体を得る工程と、

前記積層体の両端側に、光路変換傾斜面とそれに交差する側壁面とを備えて前記コア層を分断する溝部をそれぞれ形成する工程と、

前記溝部の前記光路変換傾斜面及び側壁面に金属層を選択的に形成する工程と、

前記積層体の上に前記金属層を封止する第2クラッド層を形成して、前記コア層が前記第1クラッド層及び前記第2クラッド層で囲まれた光導波路を得る工程と、

前記第2クラッド層から前記コア層を厚み方向に加工することによって、前記溝部の前記側壁面に形成された前記金属層を除去して凹部を形成することにより、前記光路変換傾斜面に前記金属層からなる光路変換ミラーを得る工程とを有し、

前記光路変換ミラーを得る工程で、前記光路変換ミラーの端部が前記凹部の側壁から露出することを特徴とする光導波路装置の製造方法。

【請求項8】

前記光路変換ミラーを得る工程の後に、

前記凹部に埋込樹脂を埋め込む工程をさらに有することを特徴とする請求項6又は7に記載の光導波路装置の製造方法。

【請求項9】

前記光路変換ミラーを得る工程の後に、

前記光導波路の一端側に前記光路変換ミラーによって光結合されるように、前記基板に

10

20

30

40

50

発光素子を実装し、前記光導波路の他端側に前記光路変換ミラーによって光結合されるように、前記基板に受光素子を実装する工程をさらに有することを特徴とする請求項 6 乃至 8 のいずれか一項に記載の光導波路装置の製造方法。

【請求項 10】

前記発光素子及び前記受光素子を実装する工程の後に、

前記発光素子及び前記受光素子の下側にアンダーフィル樹脂を充填すると同時に、前記凹部を前記アンダーフィル樹脂で埋め込む工程をさらに有すること特徴とする請求項 9 に記載の光導波路装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は光導波路装置及びその製造方法に係り、さらに詳しくは、光を伝播する光導波路を備えた光導波路装置及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、光ファイバ通信技術を中心に基幹系の通信回線の整備が着々と進行する中でボトルネックとなりつつあるのが情報端末内の電氣的配線である。このような背景から、すべての信号伝達を電気信号によって行う従来の電気回路基板に代わって、電気信号の伝達速度の限界を補うために、高速部分を光信号で伝達するタイプの光電気複合基板（光導波路装）置が提案されている。

20

【0003】

光電気複合基板において、光信号は、コア層がクラッド層で囲まれた構造の光導波路によって伝達される。

【0004】

特許文献 1 には、基板上に、下部クラッド層、コア層及び上部クラッド部を順次形成し、上部クラッド層側からコア層を分断する第 1、第 2 の溝部を形成した後に、第 1、第 2 の溝部に金属膜を設けて第 1、第 2 のミラーを形成することが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

30

【特許文献 1】特開 2006 - 119216 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

後述する関連技術で説明するように、光導波路に光結合される光路変換ミラーの形成方法では、まず、光導波路の両端側に、外側に配置される光路変換傾斜面とそれに交差する側壁面（垂直面）を備えた溝部をそれぞれ形成する。次いで、溝部の内面に金属層を選択的に形成した後に、側壁面に形成された不要な金属層を除去することにより、光路変換傾斜面に金属層からなる光路変換ミラーを得る。

【0007】

40

しかしながら、溝部の側壁面の金属層を除去するには、微細加工が必要となるので、エキシマレーザで加工したり、高性能なフォトリソグラフィを特別に使用する必要があるため、コスト上昇を招く問題がある。

【0008】

また、切削装置によって溝部の側壁面の金属層を切削して除去する方法があるが、光路変換傾斜面の金属層（光路変換ミラー）に切削カスが付着したり、その金属層が剥離したり、変形する問題がある。

【0009】

本発明は以上の課題を鑑みて創作されたものであり、不具合が発生することなく低コストで歩留りよく光路変換ミラーを備えた光導波路を形成できる光導波路装置の製造方法及

50

び光導波路装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するため、本発明は光導波路装置の製造方法に係り、基板の上に、第1クラッド層、コア層及び第2クラッド層を順次形成して光導波路を得る工程と、前記光導波路の両端側に、光路変換傾斜面とそれに交差する側壁面とを備えて前記第2クラッド層及び前記コア層を分断する溝部をそれぞれ形成する工程と、前記溝部の前記光路変換傾斜面及び側壁面に金属層を選択的に形成する工程と、前記光導波路の上に前記金属層を封止する保護絶縁層を形成する工程と、前記保護絶縁層から前記コア層を厚み方向に加工することによって、前記溝部の前記側壁面に形成された前記金属層を除去して凹部を形成することにより、前記光路変換傾斜面に前記金属層からなる光路変換ミラーを得る工程とを有し、前記光路変換ミラーを得る工程で、前記光路変換ミラーの端部が前記凹部の側壁から露出することを特徴とする。

10

【0011】

本発明では、基板の上に光導波路を形成した後に、光導波路の両端側に、外側に配置される光路変換傾斜面とそれに交差する側壁面とを備えた溝部をそれぞれ形成する。溝部は2クラッド層及びコア層を分断するように形成される。

【0012】

次いで、溝部の内面に光反射性の金属層を選択的に形成する。さらに、溝部の金属層を封止する保護絶縁層を形成する。続いて、溝部の側壁面に形成された不要な金属層を厚み方向に加工して除去して凹部を形成する。好適には、凹部は側面が垂直面となって形成される。

20

【0013】

このとき、溝部内の金属層は保護絶縁層で封止されているため、光路変換ミラーとなる光路変換傾斜面の金属層に切削カスなどが付着したり、その金属層が剥離したり、変形する不具合が解消される。

【0014】

本発明では、溝部の側壁面に形成された不要な金属層を除去する際に、コスト上昇を招くエキシマレーザ加工や高精度なフォトリソグラフィを使用することなく、一般的な切削装置などで容易に行うことができる。

30

【0015】

従って、所望の光路変換ミラーを備えた光導波路を低コストで歩留りよく形成することができる。

【0016】

あるいは、保護絶縁層を省略し、第1クラッド層及びコア層を形成した後に、同様に溝部及び金属層を形成し、金属層を第2クラッド層で封止した状態で、溝部の側壁面の不要な金属層を除去してもよい。この態様では、保護絶縁層を省略できるのでさらなる低コスト化を図ることができる。

【0017】

また、上記課題を解決するため、本発明は光導波路装置に係り、基板と、前記基板の上に、第1クラッド層と、コア層と、第2クラッド層とが順に積層された光導波路と、前記光導波路の両端側の前記第2クラッド層及び前記コア層にそれぞれ形成され、光路変換傾斜面と側壁面とを備えた溝部と、前記溝部の光路変換傾斜面に配置された金属層から形成された光路変換ミラーと、前記第2クラッド層の上に形成され、前記光路変換ミラーのミラー面を被覆して前記溝部を埋め込む保護絶縁層と、前記溝部の側壁面に対応する部分に、前記保護絶縁層、第2クラッド層及び前記コア層を貫通して形成された凹部とを有し、前記光路変換ミラーの端部側面が前記凹部の側壁をなす前記保護絶縁層から露出していることを特徴とする。

40

【0018】

本発明の光導波路装置は、上記した製造方法で製造されるため、光路変換ミラーの内側

50

端部近傍に、溝部の側壁面の不要な金属層を除去する際に生じた凹部が形成されている。

【0019】

本発明の光導波路装置では、上記した理由により所望の光路変換ミラーを備えた光導波路が低コストで歩留りよく形成される。

【発明の効果】

【0020】

以上説明したように、本発明では、低コストで歩留りよく光路変換ミラーを備えた光導波路を形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】図1(a)～(c)は関連技術における光導波路に光路変換ミラーを形成する方法を示す断面図(その1)である。

【図2】図2(a)及び(b)は関連技術における光導波路に光路変換ミラーを形成する方法を示す断面図(その2)である。

【図3】図3(a)～(c)は本発明の第1実施形態の光導波路装置の製造方法を示す断面図(一部平面図)(その1)である。

【図4】図4は本発明の第1実施形態の光導波路装置の製造方法を示す断面図(その2)である。

【図5】図5(a)～(c)は本発明の第1実施形態の光導波路装置の製造方法を示す断面図(その3)である。

【図6】図6(a)～(c)は本発明の第1実施形態の光導波路装置の製造方法を示す断面図(その4)である。

【図7】図7は本発明の第1実施形態の光導波路装置を示す断面図である。

【図8】図8は図7の本発明の第1実施形態の発光素子及び受光素子の実装された光導波路装置を示す断面図及び平面図である。

【図9】図9は図8の光導波路装置の発光素子及び受光素子の下側にアンダーフィル樹脂が充填された様子を示す断面図である。

【図10】図10(a)～(d)は本発明の第2実施形態の光導波路装置の製造方法を示す断面図(その1)である。

【図11】図11(a)及び(b)は本発明の第2実施形態の光導波路装置の製造方法を示す断面図(その2)である。

【図12】図12は本発明の第2実施形態の光導波路装置を示す断面図である。

【図13】図13は本発明の第2実施形態の発光素子及び受光素子の実装された光導波路装置を示す断面図及び平面図である。

【図14】図14は図13の光導波路装置の発光素子及び受光素子の下側にアンダーフィル樹脂が充填された様子を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本発明の実施の形態について、添付の図面を参照して説明する。

【0023】

(関連技術)

本発明の実施形態を説明する前に、本発明に関連する関連技術における光導波路に光路変換ミラーを形成する際の問題点について説明する。

【0024】

光導波路装置では、表面実装型の発光素子及び受光素子を光導波路に接続する場合は、光導波路の両端側に光伝播方向に対して角度：45°で交差して傾斜する光路変換傾斜面を備えた溝部を形成し、光路変換傾斜面に光路変換ミラーを設けることにより、光路変換が行われる。

【0025】

図1及び図2は関連技術における光導波路に光路変換ミラーを形成する方法を示す断面

10

20

30

40

50

図である。図 1 及び図 2 では光導波路の一端側が部分的に示されている。

【 0 0 2 6 】

図 1 (a) に示すように、まず、配線基板 1 0 0 の上に第 1 クラッド層 2 0 0 を形成した後、第 1 クラッド層 2 0 0 の上に横方向に帯状に延在するコア層 2 2 0 を形成する。さらに、コア層 2 2 0 を被覆する第 2 クラッド層 2 4 0 を形成する。これにより、コア層 2 2 0 が第 1 クラッド層 2 0 0 及び第 2 クラッド層 2 4 0 で囲まれた構造の光導波路 L が得られる。

【 0 0 2 7 】

続いて、図 1 (b) に示すように、第 2 クラッド層 2 4 0 の上面からコア層 2 2 0 を貫通して第 1 クラッド層 2 0 0 の厚みの途中まで切削することにより、光路変換傾斜面 S 1 と側壁面 S 2 (垂直面) とを備えた溝部 3 0 0 を形成する。

【 0 0 2 8 】

次いで、図 1 (c) に示すように、マスク (不図示) の開口部を通して、蒸着により、溝部 3 0 0 の光路変換傾斜面 S 1、側壁面 S 2 及びその近傍に金属層 5 0 0 を選択的に形成する。

【 0 0 2 9 】

光導波路 L では、溝部 3 0 0 の光路変換傾斜面 S 1 に形成された金属層 5 0 0 (光路変換ミラー) によって光路が 9 0 ° 変換される。図 1 (c) の状態では、溝部 3 0 0 の側壁面 S 2 に金属層 5 0 0 が残っているため、光伝播が封鎖されて光路変換できなくなる。

【 0 0 3 0 】

このため、図 2 (a) に示すように、溝部 3 0 0 の側壁面 S 2 の金属層 5 0 0 を選択的に除去する必要がある。溝部 3 0 0 の側壁面 S 2 の金属層 5 0 0 を選択的に除去する方法としては、レーザー加工を使用する方法又はウェットエッチングによって除去する方法などがある。

【 0 0 3 1 】

しかしながら、光導波路 L は薄膜 (厚み : 5 0 ~ 1 0 0 μ m) で形成されることから溝部 3 0 0 の幅は比較的狭くなっており、溝部 3 0 0 の側壁面 S 2 の金属層 5 0 0 を選択的に除去するには微細加工技術が要求される。

【 0 0 3 2 】

このため、レーザーを使用する場合は、微細加工が可能なエキシマレーザーなどを特別に使用する必要がある、コスト上昇を招く問題がある。

【 0 0 3 3 】

また、ウェットエッチングを使用する場合は、溝部 3 0 0 の光路変換傾斜面 S 1 にレジストマスクを精度よくパターンニングする必要があるため、高精度のフォトマスクと高性能な露光装置が必要になり、この場合もコスト上昇を招く問題がある。

【 0 0 3 4 】

あるいは、図 2 (b) に示すように、レーザーやウェットエッチングの他に、溝部 3 0 0 の側壁面 S 2 の金属層 5 0 0 を切削装置 (ダイシングソー) の回転ブレードで光導波路 L の厚み方向に切削して除去する方法がある。

【 0 0 3 5 】

このとき、溝部 3 0 0 の光路変換傾斜面 S 1 に形成された金属層 5 0 0 (光路変換ミラー) が露出した状態で切削が行われる。このため、溝部 3 0 0 の光路変換傾斜面 S 1 の金属層 5 0 0 (光路変換ミラー) に切削カスが付着したり、切削ダメージによってその金属層 5 0 0 が剥離したり、変形する問題があり、歩留りよく光路変換ミラーを構成できない課題がある。

【 0 0 3 6 】

なお、第 2 クラッド層 2 4 0 を形成する前に、コア層 2 2 0 と第 1 クラッド層 2 0 0 に溝部を形成し、同様な方法で光路変換ミラーを形成する場合においても同様な問題が発生する。

【 0 0 3 7 】

10

20

30

40

50

以下に説明する本発明の実施形態では上記した不具合を解消することができる。

【0038】

(第1の実施の形態)

図3～図6は本発明の第1実施形態の光導波路装置の製造方法を示す断面図、図7～図9は同じく第1実施形態の光導波路装置を示す断面図である。

【0039】

本発明の第1実施形態の光導波路装置の製造方法では、まず、基板として、図3(a)に示すような配線基板10を用意する。図3(a)に例示する配線基板10では、厚み方向の中央部にコア基板12が配置されている。コア基板12には貫通電極Tが設けられており、コア基板12の両面側には貫通電極Tを介して相互接続される配線層20がそれぞれ形成されている。

10

【0040】

コア基板12の上面側には配線層20を被覆する層間絶縁層30が形成されている。また、コア基板12の下面側には配線層20を被覆するソルダレジスト32が形成されている。層間絶縁層30には配線層20に到達する深さのビアホールVHが形成されている。

【0041】

層間絶縁層30の上にはビアホールVH(埋込ビア導体)を介して配線層20に接続される接続パッドPが形成されている。配線基板10の配線層20及びそれに接続された接続パッドPは電気配線として機能する。

【0042】

20

次いで、図3(b)に示すように、配線基板10の上面側に第1クラッド層を得るための感光性樹脂層(不図示)を形成し、フォトリソグラフィに基づいて露光/現像を行った後に、感光性樹脂層を150程度の加熱処理によって硬化させる。これより、配線基板10上の接続パッドPの間の領域に第1クラッド層40が一括パターンとして形成される。第1クラッド層40の厚みは10 μ m程度である。

【0043】

第1クラッド層40を得るための感光性樹脂層の形成方法としては、液状の感光性樹脂を塗布してもよいし、あるいは、半硬化状態の感光性樹脂シートを貼付してもよい。感光性樹脂としては、UV硬化型エポキシ樹脂などが好適に使用される。後述するコア層及び第2クラッド層を形成する工程においても同様である。

30

【0044】

次いで、図3(c)に示すように、配線基板10の上面側の第1クラッド層40及び接続パッドPの上にコア層を得るための感光性樹脂層(不図示)を形成する。さらに、フォトリソグラフィに基づいて露光/現像を行った後に、感光性樹脂層を150程度の加熱処理によって硬化させることによりコア層42を得る。

【0045】

図3(c)の部分平面図に示すように、第1クラッド層40は対向する複数の接続パッドPの間の領域に配置され、第1クラッド層40の上に横方向に延在する帯状のコア層42が縦方向に並んで配置される。コア層42はその屈折率が第1クラッド層40及び後述する第2クラッド層の屈折率よりも高くなるように設定される。

40

【0046】

コア層42の厚みは30～80 μ m程度であり、コア層42のパターン幅は400 μ m程度である。

【0047】

次いで、図4に示すように、配線基板10の上面側のコア層42及び接続パッドPの上に第2クラッド層を得るための感光性樹脂層(不図示)を形成する。さらに、フォトリソグラフィに基づいて露光/現像を行った後に、感光性樹脂層を150程度の加熱処理によって硬化させることにより、コア層42を被覆する第2クラッド層44を得る。

【0048】

これにより、配線基板10の上に、コア層42が第1クラッド層40及び第2クラッド

50

層 4 4 で囲まれた構造の光導波路 L が得られる。

【 0 0 4 9 】

次に、光導波路 L の両端側に光路変換ミラーを形成する方法について説明する。光路変換ミラーは光導波路 L の両端側に形成されるが、後述する図 5 及び図 6 では、図 4 の光導波路 L の一端側 (A で示された領域) の様子を部分的に示して説明する。

【 0 0 5 0 】

図 5 (a) に示すように、光導波路 L の両端側の光路変換ミラーが配置される部分を切削装置の回転ブレードによって厚み方向に切削する。これにより、光導波路 L の両端側に光路を 90° 変換するための光路変換傾斜面 S 1 とそれと交差する側壁面 S 2 とを備えた溝部 5 0 をそれぞれ形成する。

10

【 0 0 5 1 】

光導波路 L の両端側の形成された各溝部 5 0 では、光路変換傾斜面 S 1 が外側に配置され、側壁面 S 2 が内側に配置される。溝部 5 0 の側壁面 S 2 は光導波路 L の延在方向と直交する垂直面となって形成され、溝部 5 0 はその断面形状が直角三角形となって形成される。

【 0 0 5 2 】

切削以外にも、各種の加工手段によって光導波路 L を加工して溝部 5 0 を形成することができる。

【 0 0 5 3 】

溝部 5 0 は、第 2 クラッド層 4 4 の上面からコア層 4 2 を貫通して第 1 クラッド層 4 0 の厚みの途中まで形成され、第 2 クラッド層 4 4 及びコア層 4 2 を分断するようにして形成される。溝部 5 0 は、複数のコア層 4 2 と直交する帯状溝として形成される。

20

【 0 0 5 4 】

なお、溝部 5 0 の側壁面 S 2 は必ずしも垂直面である必要はなく、光導波路 L の内側に多少傾いた傾斜面であってもよい。

【 0 0 5 5 】

次いで、図 5 (b) に示すように、溝部 5 0 及びその近傍に対応する開口部 1 5 a を備えたマスク 1 5 を用意し、開口部 1 5 a 内に溝部 5 0 が露出するようにマスク 1 5 を光導波路 L の上に配置する。

【 0 0 5 6 】

さらに、蒸着により、マスク 1 5 の開口部 1 5 a を通して溝部 5 0 及びその近傍に金属層 6 0 を選択的に成膜する。金属層 6 0 として、良好な光反射性を有する金 (Au) 層やアルミニウム (Al) 層などが使用される。

30

【 0 0 5 7 】

その後、光導波路 L からマスク 1 5 を取り外す。これにより、図 5 (c) に示すように、溝部 5 0 の光路変換傾斜面 S 1 及び側壁面 S 2 と溝部 5 0 の近傍の第 2 クラッド層 4 4 の上に金属層 6 0 が選択的に形成される。

【 0 0 5 8 】

次いで、図 6 (a) に示すように、第 2 クラッド層 4 4 の上に溝部 5 0 及び金属層 6 0 を埋め込むようにして保護絶縁層 3 4 を形成する。保護絶縁層 3 4 は第 1、第 2 クラッド層 4 0, 4 4 又はコア層 4 2 と同一の樹脂から形成される。これにより、溝部 5 0 の内面に形成された金属層 6 0 が保護絶縁層 3 4 で封止されて保護された状態となる。

40

【 0 0 5 9 】

さらに、図 6 (b) に示すように、切削装置の回転ブレードによって、溝部 5 0 の側壁面 S 2 及びその近傍に対応する保護絶縁層 3 4 及び光導波路 L の部分を深さ方向に切削して加工することにより、溝部 5 0 の側壁面 S 2 に形成された金属層 6 0 を除去する。切削装置としては、基板 (ウェハ) を切断するためのダイシングソーが好適には使用される。

【 0 0 6 0 】

これにより、溝部 5 0 の側壁面 S 2 及びその近傍に対応する部分に、保護絶縁層 3 4、

50

第2クラッド層44及びコア層42を貫通して第1クラッド層40の厚みの途中まで到達する垂直な凹部70が形成された状態となる。

【0061】

そして、凹部70の外側側面（光路変換ミラー形成側の側面）の下部において、光路変換傾斜面S1の金属層60の内側端部（光伝播側に位置する端部）が第1クラッド層40から露出した状態となる。つまり、凹部70の外側側面の下部に光路変換傾斜面S1の金属層60の内側端部が接した状態となる。凹部70は溝部50の側壁面S2に沿って帯状に形成される。

【0062】

このとき、溝部50の光路変換傾斜面S1に形成された金属層60は保護絶縁層34で封止されているため、光路変換傾斜面S1の金属層60（光路変換ミラー）に切削カスが付着したり、その金属層60が剥離したり、変形する不具合が解消される。

10

【0063】

なお、切削装置の代わりに、エキシマレーザにより保護絶縁層34及び光導波路Lを厚み方向に加工することにより、溝部50の側壁面S2の金属層60を除去してもよい。

【0064】

例えば、金属層60の厚みは0.2～0.5μmであり、凹部70の幅は10～20μmに設定され、溝部50の側壁面S2の金属層60が確実に除去される。

【0065】

このようにして、溝部50の側壁面S2に形成された不要な金属層60が除去されることで、コア層42の両端面から光を出射させることができるので、光路変換傾斜面S1の金属層60を光路変換ミラーMとして機能させることができる。

20

【0066】

なお、溝部50の側壁面S2が光導波路Lの内側に傾いた傾斜面となっている場合は、傾斜面の幅に対応する部分が同様に切削されて除去される。

【0067】

また、第1クラッド層40の厚みの途中まで凹部70を形成することで、下方にある配線基板10の配線層20などに損傷を与えるおそれがないので、配線基板10を考慮することなく、上記した構成の光路変換ミラーMを形成することができる。

【0068】

図6(b)に示すように、凹部70内は空洞であってもよい。この場合、コア層42と光路変換ミラーMとの間を伝播する光は、凹部70内の空気を介して伝播することになるが、大きな光損失が生じることなくコア層42と光路変換ミラーMとを光結合させることができる。

30

【0069】

また、凹部70は垂直方向に形成されることから凹部70の側面が垂直面となっているので、凹部70が空洞であっても光損失が生じることなく光を伝播させることができる。

【0070】

あるいは、図6(c)に示すように、必要に応じて、凹部70に埋込樹脂46を埋め込んで形成してもよい。埋込樹脂46はコア層42又は第1、第2クラッド層40, 44と同一樹脂から形成されることが好ましい。

40

【0071】

特に、埋込樹脂46をコア層42と同一樹脂から形成することにより、コア層42と屈折率が同一に設定されるため、良好な光結合を得ることができる。

【0072】

以上の方法により、図7に示すように、配線基板10上に形成された光導波路Lの両端側に、コア層42の延在方向（光伝播方向）と所定の角度（好ましくは45°）で交差して傾斜する光路変換ミラーMがそれぞれ形成される。

【0073】

このように、コスト上昇を招くエキシマレーザによる加工や高精度なフォトリソグラフィ

50

イ技術を使用することなく、一般的なダイシング加工技術を使用することにより、溝部50の側壁面S2の不要な金属層60を容易に除去することができる。これにより、低コストで歩留りよく光導波路Lに光路変換ミラーMを形成することができる。

【0074】

以上により、図7に示すように、第1実施形態の光導波路装置1が得られる。

【0075】

図7に示すように、第1実施形態の光導波路装置1では、前述した図3(a)で説明した配線基板10の上に、コア層42が第1クラッド層40及び第2クラッド層44で囲まれた構造の光導波路Lが形成されている。

【0076】

光導波路Lの両端側の厚み方向にコア層42の延在方向(光伝播方向)に対して角度:45°で交差して傾斜する光路変換傾斜面S1がそれぞれ設けられている。第1実施形態では、両側の光路変換傾斜面S1は、第2クラッド層44及びコア層42から第1クラッド層40の厚みの途中までの部分に形成されている。そして、光導波路Lの両端側の光路変換傾斜面S1には光反射性の金属層60からなる光路変換ミラーMがそれぞれ形成されている。

【0077】

光導波路Lの上には、斜めに配置された光路変換ミラーMを埋め込むようにして保護絶縁層34が形成されている。光導波路Lの両端側の光路変換ミラーMの内側端部近傍には、保護絶縁層34、第2クラッド層44及びコア層42を貫通して第1クラッド層40の厚みの途中まで到達する深さの垂直な凹部70がそれぞれ形成されている。

【0078】

両側の凹部70の外側側面(光路変換ミラー形成側の側面)は、光路変換ミラーMの内側端部(光伝播側に位置する端部)が第1クラッド層40から露出した状態でそれぞれ配置されている。つまり、両側の凹部70は、その外側側面が光路変換ミラーMの内側端部に接した状態でそれぞれ配置されている。

【0079】

このようにして、コア層42の両外側に配置された光路変換ミラーMによって光路が90°変換される。

【0080】

前述したように、第1実施形態の光導波路装置の製造方法では、配線基板10の上に光導波路Lを形成した後に、光路変換傾斜面S1及び側壁面S2を備えた溝部50を光導波路Lの両端側に形成する。

【0081】

次いで、溝部50内及びその近傍に光反射性の金属層60を選択的に形成する。さらに、溝部50の金属層60を封止する保護絶縁層34を形成する。続いて、溝部50の側壁面S2に形成された不要な金属層60を厚み方向に切削加工して除去する。

【0082】

このとき、溝部50内の金属層60は保護絶縁層34で保護されているため、光路変換ミラーMとなる光路変換傾斜面S1の金属層60に切削カスが付着したり、その金属層60が剥離したり、変形する不具合が解消される。

【0083】

第1実施形態の光導波路装置1は、そのような製造方法で製造されるため、光路変換ミラーMの内側端部近傍には、溝部50の側壁面S2の不要な金属層60を除去する際に生じた凹部70がそれぞれ形成されている。

【0084】

これにより、第1実施形態の光導波路装置1では、所要の光路変換ミラーMを備えた光導波路Lが低コストで歩留りよく形成される。

【0085】

次に、図7の光導波路装置1に発光素子及び受光素子を実装する方法について説明する

10

20

30

40

50

。図 8 に示すように、発光素子 8 0 及び受光素子 8 2 を用意する。発光素子 8 0 としては、面発光レーザ（V C S E L : Vertical Cavity Surface Emitting Laser）が好適に使用される。また、受光素子 8 2 としては、フォトダイオードが好適に使用される。

【 0 0 8 6 】

発光素子 8 0 はその下面側に発光部 8 0 a と接続端子 8 0 b とを備えている。そして、発光素子 8 0 の発光部 8 0 a を下側に向けた状態で、発光素子 8 0 の接続端子 8 0 b を光導波路装置 1 の一端側の接続パッド P に接続して実装する。このとき、発光素子 8 0 の発光部 8 0 a が光路変換ミラー M の真上に配置される。これにより、発光素子 8 0 が光路変換ミラー M によって光導波路 L（コア層 4 2）の一端側に光結合される。

【 0 0 8 7 】

また、受光素子 8 2 はその下面側に受光部 8 2 a と接続端子 8 2 b とを備えている。そして、受光素子 8 2 の受光部 8 2 a を下側に向けた状態で、受光素子 8 2 の接続端子 8 2 b を光導波路装置 1 の他端側の接続パッド P に接続して実装する。

【 0 0 8 8 】

このとき、受光素子 8 2 の受光部 8 2 a が光路変換ミラー M の真上に配置される。これにより、受光素子 8 2 が光路変換ミラー M によって光導波路 L（コア層 4 2）の他端側に光結合される。

【 0 0 8 9 】

図 8 の部分平面図に示すように、発光素子 8 0 及び受光素子 8 2 は、複数のコア層 4 2 に直交して配置された帯状の凹部 7 0（斜線ハッチング部）にそれぞれ重なった状態で配置される。

【 0 0 9 0 】

本実施形態の光導波路装置 1 では、不図示の第 1 L S I チップ（C P U など）から出力される電気信号が発光素子 8 0 に供給され、発光素子 8 0 の発光部 8 0 a から下側に光が出射される。発光素子 8 0 から出射された光は、発光素子 8 0 の下の光導波路 L の一端側の光路変換ミラー M に到達する。さらに、光路変換ミラー M で光が反射され、光路が 9 0 ° 変換されてコア層 4 2 に入射する。

【 0 0 9 1 】

次いで、コア層 4 2 に入射した光は、コア層 4 2 内で全反射を繰り返して伝播し、他端側の光路変換ミラー M に到達する。そして、他端側の光路変換ミラー M で光が反射されて光路が 9 0 ° 変換され、受光素子 8 2 の受光部 8 2 a に光が入射される。

【 0 0 9 2 】

受光素子 8 2 は光信号を電気信号に変換し、不図示の第 2 L S I チップ（メモリなど）に電気信号が供給される。

【 0 0 9 3 】

このように、本実施形態の光導波路装置 1 では、所望の特性を有する光導波路 L 及びそれに光結合された光路変換ミラー M を備えているので、高性能な発光素子 8 0 及び受光素子 8 2 を実装することが可能になる。

【 0 0 9 4 】

また、図 9 に示すように、発光素子 8 0 及び受光素子 8 2 の下側の隙間（配線基板 1 0 及び光導波路 L との間の領域）にアンダーフィル樹脂 8 4 を充填してもよい。このとき、保護絶縁層 3 4 及び光導波路 L に形成された凹部 7 0 にもアンダーフィル樹脂 8 4 が同時に充填される。つまり、前述した図 8 の部分平面図において、帯状の溝部 7 0（斜線ハッチング部）にアンダーフィル樹脂 8 4 が同時に充填される。

【 0 0 9 5 】

アンダーフィル樹脂 8 4 は透明樹脂から形成され、好適には前述したコア層 4 2 又は第 1、第 2 クラッド層 4 0, 4 4 と同一の樹脂が使用される。

【 0 0 9 6 】

なお、光導波路 L の凹部 7 0 に埋込樹脂 4 6 を埋め込んだ後（図 6（c））に、発光素子 8 0 及び受光素子 8 2 を実装し、必要に応じてアンダーフィル樹脂 8 4 を充填してもよ

10

20

30

40

50

い。

【0097】

(第2の実施の形態)

図10及び図11は本発明の第2実施形態の光導波路装置の製造方法を示す断面図、図12～14は同じく第2実施形態の光導波路装置を示す断面図である。

【0098】

第2実施形態が第1実施形態と異なる点は、第1クラッド層の上にコア層を形成した後に、溝部及び金属層を形成し、金属層を第2クラッド層で封止した状態で、溝部の側壁面に形成された不要な金属層を除去することにある。

【0099】

第2実施形態では、第1実施形態と同一工程及び同一要素については同一符号を付してその詳しい説明を省略する。

【0100】

図10及び図11では、前述した第1実施形態の図5及び図6と同様に、光導波路の一端側を部分的に示して説明する。

【0101】

第2実施形態の光導波路装置の製造方法では、図10(a)に示すように、まず、配線基板10の上に第1クラッド層40及びコア層42を順次形成して積層体Bを得る。

【0102】

次いで、図10(b)に示すように、積層体Bの両端側において、コア層42の上面から第1クラッド層40の厚みの途中まで切削することにより、光路を90°変換するための光路変換傾斜面S1とそれに交差する側壁面S2とを備えた溝部50を形成する。溝部50はコア層42を分断するようにして形成される。

【0103】

第2実施形態においても、溝部50の側壁面S2は必ずしも垂直面である必要はなく、光導波路Lの内側に多少傾いた傾斜面であってもよい。

【0104】

続いて、図10(c)に示すように、第1実施形態と同様な方法により、マスク15の開口部15aを通して、蒸着により、溝部50内及びその近傍に金属層60を選択的に形成する。その後、マスク15を取り外す。

【0105】

次いで、図10(d)に示すように、積層体Bの上に溝部50及び金属層60を埋め込むようにして第2クラッド層44を形成する。第2実施形態では、コア層42を形成した後に、溝部50及び金属層60を形成するので、第2クラッド層44を、金属層60を封止する保護絶縁層として機能させることができる。

【0106】

これにより、コア層42が第1クラッド層40及び第2クラッド層44で囲まれた構造の光導波路Lが得られる。

【0107】

その後、図11(a)に示すように、溝部50の側壁面S2及びその近傍に対応する光導波路Lの部分を第1クラッド層40の厚みの途中まで切削することにより、溝部50の側壁面S2に形成された不要な金属層60を除去する。

【0108】

これにより、溝部50の側壁面S2及びその近傍に対応する光導波路Lの部分に、第2クラッド層44の上面から第1クラッド層40の厚みの途中まで到達する深さの垂直な凹部70が形成される。

【0109】

このとき、第1実施形態と同様に、溝部50の光路変換傾斜面S1に形成された金属層60は第2クラッド層44で封止されているため、光路変換傾斜面S1の金属層60(光路変換ミラー)に切削カスが付着したり、その金属層60が剥離したり、変形する不具合

10

20

30

40

50

が解消される。

【0110】

これにより、溝部50の光路変換傾斜面S1に残された金属層60を光路変換ミラーMとして機能させることができる。

【0111】

図11(a)に示すように、第1実施形態の図6(b)と同様に、光導波路Lに形成された凹部70は空洞であってもよい。あるいは、図11(b)に示すように、第1実施形態の図6(c)と同様に、凹部70に埋込樹脂46を埋め込んで形成してもよい。

【0112】

以上の方法により、図12に示すように、配線基板10の上に形成された光導波路Lの両端側に、コア層42の延在方向(光伝播方向)と所定の角度(好ましくは45°)で交差して傾斜する光路変換ミラーMがそれぞれ形成される。

10

【0113】

これにより、第2実施形態の光導波路装置2が得られる。

【0114】

図12に示すように、第2実施形態の光導波路装置2では、前述した第1実施形態の図3(a)で説明した配線基板10の上に、コア層42が第1クラッド層40及び第2クラッド層44で囲まれた構造の光導波路Lが形成されている。

【0115】

そして、光導波路Lの両端側の厚み方向に光路変換傾斜面S1がそれぞれ設けられている。第2実施形態では、光導波路Lの両端側において、コア層42の上面から第1クラッド層40の厚みの途中までの部分に光路変換傾斜面S1がそれぞれ設けられている。そして、両側の光路変換傾斜面S1には光反射性の金属層60からなる光路変換ミラーMがそれぞれ形成されている。

20

【0116】

コア層42の上には、斜めに配置された光路変換ミラーMを埋め込むようにして第2クラッド層44が形成されている。両側の光路変換ミラーMの内側近傍には、第2クラッド層44の上面から第1クラッド層40の厚みの途中まで到達する深さの凹部70がそれぞれ形成されている。

【0117】

両側の凹部70の外側側面(光路変換ミラー形成側の側面)は、光路変換ミラーMの内側端部(光伝播側に位置する端部)が第1クラッド層40から露出した状態でそれぞれ配置されている。

30

【0118】

前述したように、凹部70は、溝部50の側壁面S2に形成された不要な金属層60を除去する際に形成されたものである。

【0119】

このようにして、コア層42の両端側に配置された光路変換ミラーMによって光路が90°変換される。

【0120】

第2実施形態の光導波路装置の製造方法は、第1実施形態と同様な効果を奏する。これに加えて、第2実施形態では、第1クラッド層40及びコア層42を形成した後に、溝部50及び金属層60を形成し、金属層60を第2クラッド層44で封止した状態で、溝部50の側壁面S2に形成された不要な金属層60を除去するようにしている。

40

【0121】

従って、第2クラッド層44が第1実施形態の保護絶縁層34の機能を兼ねることから、保護絶縁層を省略できるので、第1実施形態より低コスト化を図ることができる。

【0122】

そして、図13に示すように、第1実施形態の図8と同様に、光導波路装置2の一端側の接続パッドPに発光素子80の接続端子80bが接続されて実装され、発光部80aが

50

光路変換ミラーMによって光導波路Lの一端側に光結合される。

【0123】

さらに、導波路装置2の他端側の接続パッドPに受光素子82の接続端子82bが接続されて実装され、受光部82aが光路変換ミラーMによって光導波路Lの他端側に光結合される。

【0124】

また、図14に示すように、第1実施形態の図9と同様に、発光素子80及び受光素子82の下側の隙間及び光導波路Lの凹部70にアンダーフィル樹脂84を充填してもよい。

【0125】

また、光導波路Lの凹部70に埋込樹脂46を埋め込んだ後(図11(b))に、発光素子80及び受光素子82を実装し、必要に応じてアンダーフィル樹脂84を充填してもよい。

【符号の説明】

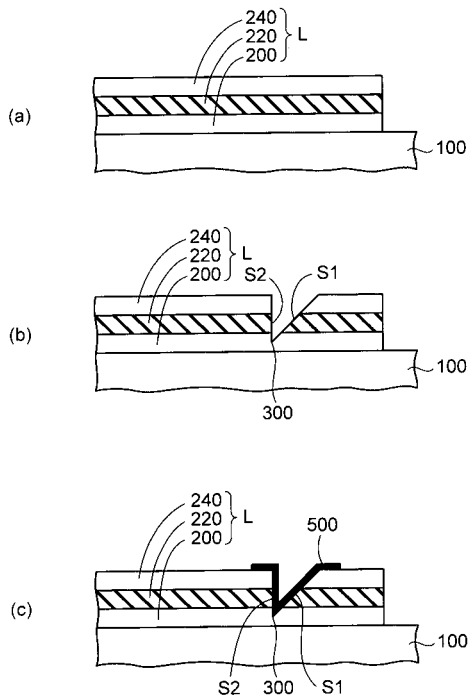
【0126】

1, 2...光導波装置、10...配線基板、12...コア基板、15...マスク、15a...開口部、20...配線層、30...層間絶縁層、32...ソルダレジスト、34...保護絶縁層、40...第1クラッド層、42...コア層、44...第2クラッド層、46...埋込樹脂、50...溝部、60...金属層、70...凹部、80...発光素子、80a...発光部、80b, 82b...接続端子、82...受光素子、82a...受光部、84...アンダーフィル樹脂、B...積層体、L...光導波路、M...光路変換ミラー、S1...光路変換傾斜面、S2...側壁面、T...貫通電極、P...接続パッド、VH...ビアホール。

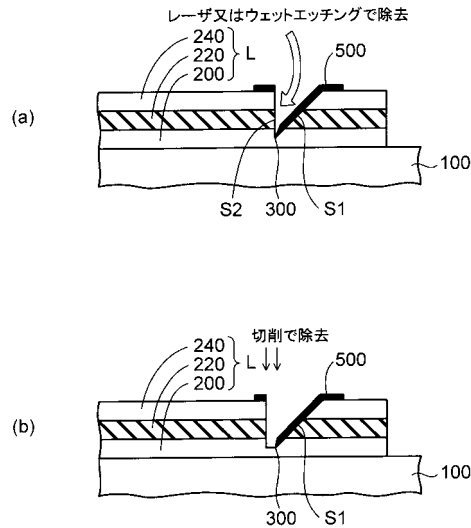
10

20

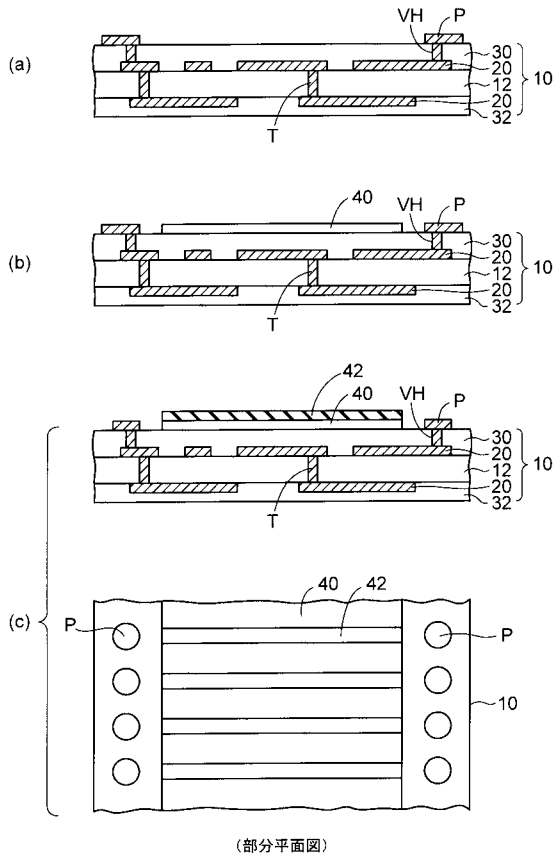
【図1】



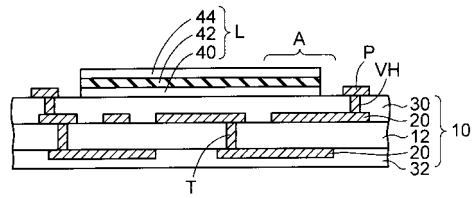
【図2】



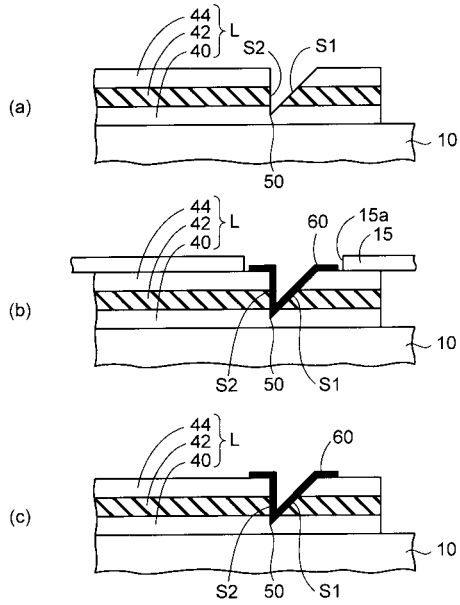
【図3】



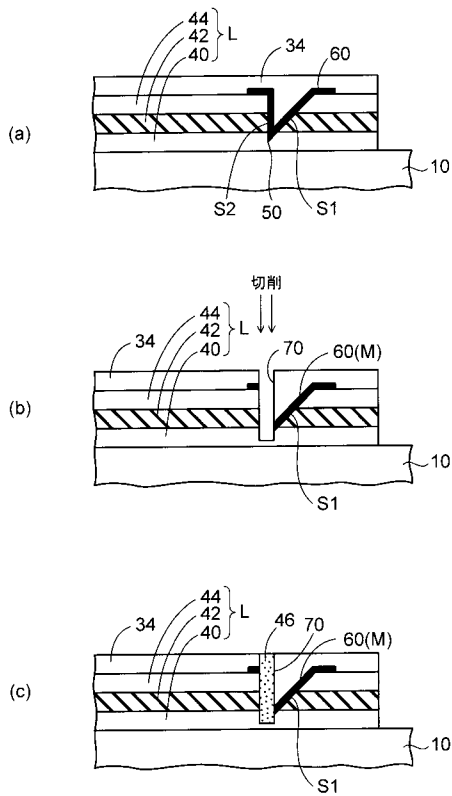
【図4】



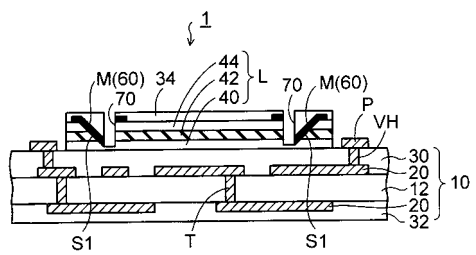
【図5】



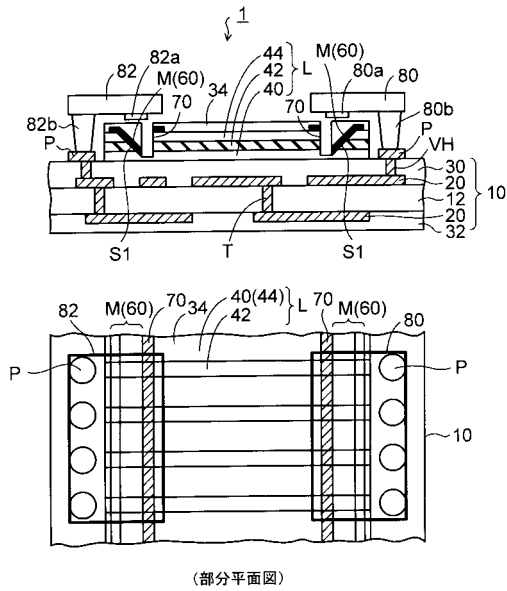
【図6】



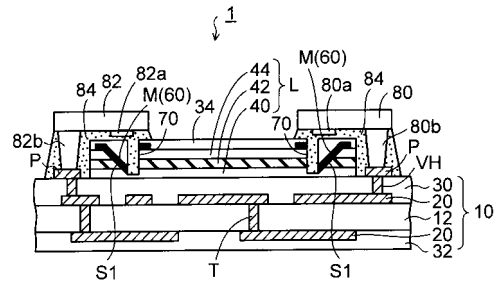
【図7】



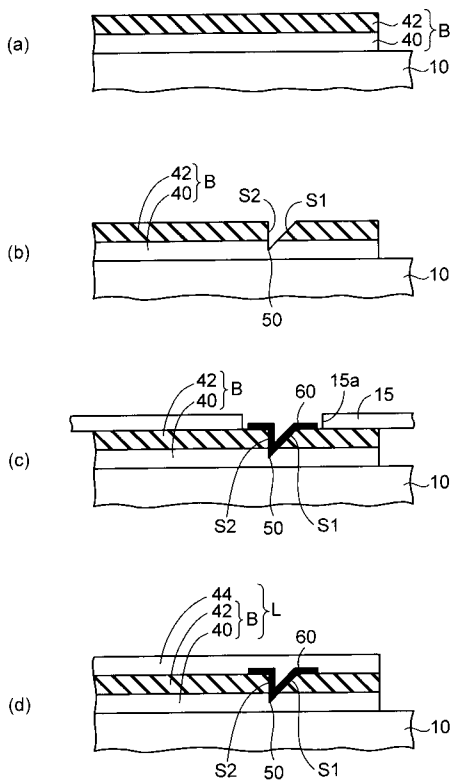
【図8】



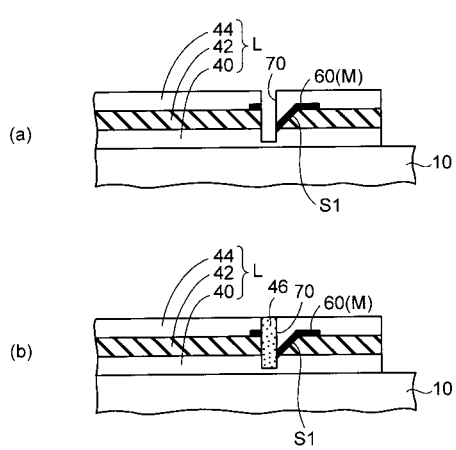
【図9】



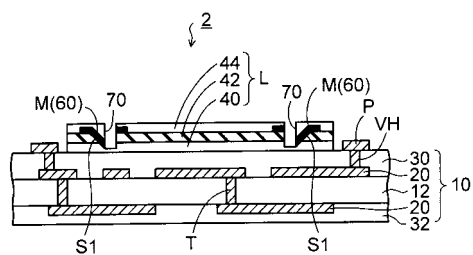
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2009-180861(JP,A)
特開平11-183761(JP,A)
特開2005-164762(JP,A)
特開2008-281816(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 6/12 - 6/14