

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6235878号
(P6235878)

(45) 発行日 平成29年11月22日 (2017.11.22)

(24) 登録日 平成29年11月2日 (2017.11.2)

(51) Int.Cl.	F I
GO2B 6/12 (2006.01)	GO2B 6/12 3 O 1
GO2B 6/122 (2006.01)	GO2B 6/122
GO2B 6/42 (2006.01)	GO2B 6/42

請求項の数 10 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2013-242509 (P2013-242509)	(73) 特許権者	000190688
(22) 出願日	平成25年11月25日 (2013.11.25)		新光電気工業株式会社
(65) 公開番号	特開2015-102648 (P2015-102648A)		長野県長野市小島田町80番地
(43) 公開日	平成27年6月4日 (2015.6.4)	(74) 代理人	100091672
審査請求日	平成28年7月27日 (2016.7.27)		弁理士 岡本 啓三
		(72) 発明者	山本 和尚
			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	下村 一石

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】

配線基板と、
 前記配線基板に形成された接続パッドと、
 前記配線基板の上に、第1クラッド層、コア層及び第2クラッド層が順に形成された光導波路と、
 前記接続パッドを含む領域の前記第2クラッド層に形成された開口部と、
 前記接続パッド上の少なくとも前記第1クラッド層に形成され、前記第2クラッド層の開口部に連通するコンタクトホールと、
 前記コンタクトホール内の前記接続パッドに接続端子が接続された光素子と、
 前記第2クラッド層の開口部及び前記コンタクトホールに充填され、前記光素子の下側を封止するアンダーフィル樹脂とを有し、
前記第2クラッド層の開口部の長さが前記光素子の幅よりも長く設定されて、前記第2クラッド層の開口部の一部が前記光素子から露出しており、
前記光素子の接続端子の径は前記コンタクトホールの径よりも小さく、前記コンタクトホールの側壁と前記光素子の接続端子との隙間に前記アンダーフィル樹脂が充填されていることを特徴とする光導波路装置。

【請求項 2】

前記光素子の下面は、前記光導波路の第2クラッド層の上面に接していることを特徴とする請求項1に記載の光導波路装置。

10

20

【請求項 3】

前記第 2 クラッド層の一つの開口部が、一つ又は複数の前記コンタクトホールに連通してい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】

前記コンタクトホールは、前記クラッド層の開口部の側壁から外側にはみ出すように配置されていることを特徴とする請求項 3 に記載の光導波路装置。

【請求項 5】

前記光素子は発光素子又は受光素子であり、

前記配線基板の上に、前記光素子に電氣的に接続された制御素子を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。

10

【請求項 6】

上面に接続パッドを備えた配線基板を用意する工程と、

前記配線基板の上に第 1 クラッド層を形成する工程と、

前記第 1 クラッド層の上にコア層を形成する工程と、

前記接続パッドを含む領域に開口部を備えた第 2 クラッド層を前記第 1 クラッド層及び前記コア層の上に形成する工程と、

前記第 2 クラッド層の開口部に連通し、前記接続パッドに到達するコンタクトホールを少なくとも前記第 1 クラッド層に形成する工程と、

前記第 2 クラッド層の開口部の一部が露出するように、前記コンタクトホール内の前記接続パッドに光素子の接続端子を接続する工程と、

20

前記第 2 クラッド層の開口部から前記コンタクトホールにアンダーフィル樹脂を充填して、前記光素子の下側を封止する工程とを有し、

前記第 2 クラッド層の開口部の長さが前記光素子の幅よりも長く設定され、

前記光素子の接続端子の径は前記コンタクトホールの径よりも小さく、前記アンダーフィル樹脂が前記コンタクトホールの側壁と前記光素子の接続端子との隙間に充填されることを特徴とする光導波路装置の製造方法。

【請求項 7】

上面に接続パッドを備えた配線基板を用意する工程と、

前記配線基板の上に、前記接続パッド上にコンタクトホールを備えた第 1 クラッド層を形成する工程と、

30

前記第 1 クラッド層の上にコア層を形成する工程と、

前記コンタクトホールに連通する開口部を備えた第 2 クラッド層を前記第 1 クラッド層及び前記コア層の上に形成する工程と、

前記第 2 クラッド層の開口部の一部が露出するように、前記コンタクトホール内の前記接続パッドに光素子の接続端子を接続する工程と、

前記第 2 クラッド層の開口部から前記コンタクトホールにアンダーフィル樹脂を充填して、前記光素子の下側を封止する工程とを有し、

前記第 2 クラッド層の開口部の長さが前記光素子の幅よりも長く設定され、

前記光素子の接続端子の径は前記コンタクトホールの径よりも小さく、前記アンダーフィル樹脂が前記コンタクトホールの側壁と前記光素子の接続端子との隙間に充填されることを特徴とする光導波路装置の製造方法。

40

【請求項 8】

前記光素子を接続する工程において、

前記光素子の下面を前記第 2 クラッド層の上面に当接させ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】

前記第 2 クラッド層の一つの開口部を、一つ又は複数の前記コンタクトホールに連通させ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】

前記光素子は発光素子又は受光素子であり、

50

前記配線基板の上に、前記光素子に電氣的に接続される制御素子を搭載する工程を有することを特徴とする請求項 6 乃至 9 のいずれか一項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】

【0001】

本発明は、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電気機器や情報端末内の電気信号の伝達速度である。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が提案されている。

10

【0003】

光電気複合基板では、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。そして、光素子が光導波路の光路変換ミラーに光結合されるように、光導波路のクラッド層の上に実装される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

20

【特許文献 1】特開 2003 - 215371 号公報

【特許文献 2】特開 2007 - 187871 号公報

【特許文献 3】特開 2009 - 69668 号公報

【特許文献 4】特開 2010 - 277060 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

後述する予備的事項の欄で説明するように、光素子の下面が光導波路の上面に接した状態で、光素子の接続端子が配線基板のコンタクトホール内の接続パッドに接続される構造の光導波路装置がある。そのような光導波路装置では、アンダーフィル樹脂をコンタクトホール内に流し込むことが困難になり、十分な信頼性が得られない課題がある。

30

【0006】

光素子の下面が光導波路の上面に接して光素子が搭載される場合であっても、コンタクトホール内にアンダーフィル樹脂を信頼性よく充填できる光導波路装置及びその製造方法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】

【0007】

以下の開示の一観点によれば、配線基板と、前記配線基板に形成された接続パッドと、前記配線基板の上に、第 1 クラッド層、コア層及び第 2 クラッド層が順に形成された光導波路と、前記接続パッドを含む領域の前記第 2 クラッド層に形成された開口部と、前記接続パッド上の少なくとも前記第 1 クラッド層に形成され、前記第 2 クラッド層の開口部に連通するコンタクトホールと、前記コンタクトホール内の前記接続パッドに接続端子が接続された光素子と、前記第 2 クラッド層の開口部及び前記コンタクトホールに充填され、前記光素子の下側を封止するアンダーフィル樹脂とを有し、前記第 2 クラッド層の開口部の長さが前記光素子の幅よりも長く設定されて、前記第 2 クラッド層の開口部の一部が前記光素子から露出しており、前記光素子の接続端子の径は前記コンタクトホールの径よりも小さく、前記コンタクトホールの側壁と前記光素子の接続端子との隙間に前記アンダーフィル樹脂が充填されている光導波路装置が提供される。

40

【0008】

また、その開示の他の観点によれば、上面に接続パッドを備えた配線基板を用意する工

50

程と、前記配線基板の上に第1クラッド層を形成する工程と、前記第1クラッド層の上にコア層を形成する工程と、前記接続パッドを含む領域に開口部を備えた第2クラッド層を前記第1クラッド層及び前記コア層の上に形成する工程と、前記第2クラッド層の開口部に連通し、前記接続パッドに到達するコンタクトホールを少なくとも前記第1クラッド層に形成する工程と、前記第2クラッド層の開口部の一部が露出するように、前記コンタクトホール内の前記接続パッドに光素子の接続端子を接続する工程と、前記第2クラッド層の開口部から前記コンタクトホールにアンダーフィル樹脂を充填して、前記光素子の下側を封止する工程とを有し、前記第2クラッド層の開口部の長さが前記光素子の幅よりも長く設定され、前記光素子の接続端子の径は前記コンタクトホールの径よりも小さく、前記アンダーフィル樹脂が前記コンタクトホールの側壁と前記光素子の接続端子との隙間に充填されることを特徴とする光導波路装置の製造方法が提供される。

10

【0009】

さらに、その開示の他の観点によれば、上面に接続パッドを備えた配線基板を用意する工程と、前記配線基板の上に、前記接続パッド上にコンタクトホールを備えた第1クラッド層を形成する工程と、前記第1クラッド層の上にコア層を形成する工程と、前記コンタクトホールに連通する開口部を備えた第2クラッド層を前記第1クラッド層及び前記コア層の上に形成する工程と、前記第2クラッド層の開口部の一部が露出するように、前記コンタクトホール内の前記接続パッドに光素子の接続端子を接続する工程と、前記第2クラッド層の開口部から前記コンタクトホールにアンダーフィル樹脂を充填して、前記光素子の下側を封止する工程とを有し、前記第2クラッド層の開口部の長さが前記光素子の幅よりも長く設定され、前記光素子の接続端子の径は前記コンタクトホールの径よりも小さく、前記アンダーフィル樹脂が前記コンタクトホールの側壁と前記光素子の接続端子との隙間に充填される光導波路装置の製造方法が提供される。

20

【発明の効果】

【0010】

以下の開示によれば、光導波路装置では、配線基板の接続パッド上にコンタクトホールが配置され、コンタクトホールに連通する開口部が第2クラッド層に形成されている。そして、配線基板のコンタクトホール内の接続パッドに光素子の接続端子を接続する際に、光素子の外側に第2クラッド層の開口部の一部が露出した状態となる。

【0011】

これにより、光素子の下面が光導波路の上面に当接している場合であっても、第2クラッド層の開口部を流路としてアンダーフィル樹脂をコンタクトホール内に信頼性よく充填することができる。

30

【0012】

また、光素子の下面を光導波路の上面に当接させるため、光素子の高さや平行度を容易に最適化することができ、光学特性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】図1(a)及び(b)は予備的事項に係る光導波路装置の問題点を説明するための断面図である。

40

【図2】図2(a)及び(b)は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3】図3(a)及び(b)は実施形態の光導波路装置の製造方法を示す断面図及び平面図(その2)である。

【図4】図4(a)及び(b)は実施形態の光導波路装置の製造方法を示す断面図及び平面図(その3)である。

【図5】図5(a)及び(b)は実施形態の光導波路装置の製造方法を示す断面図及び平面図(その4)である。

【図6】図6(a)～(c)は実施形態の光導波路装置の製造方法を示す断面図及び平面図(その5)である。

50

【図 7】図 7 (a) ~ (c) は実施形態の光導波路装置の製造方法を示す断面図及び平面図 (その 6) である。

【図 8】図 8 (a) 及び (b) は図 7 (b) の構造体を得るための別の方法を示す断面図である。

【図 9】図 9 (a) ~ (c) は実施形態の光導波路装置の製造方法を示す断面図及び平面図 (その 7) である。

【図 10】図 10 (a) 及び (b) は実施形態の光導波路装置の製造方法を示す断面図及び平面図 (その 8) である。

【図 11】図 11 (a) ~ (c) は実施形態の光導波路装置を示す断面図及び平面図である。

10

【図 12】図 12 は図 11 の光素子に制御素子が接続された様子を示す断面図である。

【図 13】図 13 は実施形態の光導波路装置に係る第 2 クラッド層の開口部の第 1 の変形例を示す平面図である。

【図 14】図 14 は実施形態の光導波路装置に係る第 2 クラッド層の開口部の第 2 の変形例を示す平面図である。

【図 15】図 15 は実施形態の光導波路装置に係る第 2 クラッド層の開口部の第 3 の変形例を示す平面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 4 】

以下、実施の形態について、添付の図面を参照して説明する。

20

【 0 0 1 5 】

実施形態を説明する前に、基礎となる予備的事項について説明する。図 1 (a) に示すように、予備的事項に係る光導波路装置では、配線層 2 0 0 を備えた配線基板 1 0 0 の上に光導波路 3 0 0 が配置されている。光導波路 3 0 0 はコア層 3 4 0 が第 1 クラッド層 3 2 0 及び第 2 クラッド層 3 6 0 で囲まれた構造を有する。

【 0 0 1 6 】

コア層 3 4 0 の端部には光路変換ミラー M が設けられている。また、第 1 クラッド層 3 2 0 及び第 2 クラッド層 3 6 0 には、配線層 2 0 0 の接続パッド P に到達するコンタクトホール C H が形成されている。

【 0 0 1 7 】

30

そして、図 1 (b) に示すように、光素子 4 0 0 の接続端子 4 2 0 がコンタクトホール C H 内に配置され、はんだ 4 4 0 を介して配線層 2 0 0 の接続パッド P に接続される。光素子 4 0 0 は発光素子又は受光素子からなり、光素子 4 0 0 が光導波路 3 0 0 の光路変換ミラー M に光結合される。

【 0 0 1 8 】

このとき、光素子 4 0 0 の接続端子 4 2 0 の高さはコンタクトホール C H の深さよりも低く設定されている。これにより、光素子 4 0 0 の下面が光導波路 3 0 0 の上面に当接して、光素子 4 0 0 の高さ位置が決められて最適な平行度が確保される。

【 0 0 1 9 】

この状態では、光素子 4 0 0 の接続端子 4 2 0 とコンタクトホール C H の側壁との間に空間が存在するため、アンダーフィル樹脂で埋め込む必要がある。コンタクトホール C H 内に空気が残存すると、後の加熱処理などで空気が膨張して、光素子 4 0 0 の電気接続の信頼性が低下するからである。

40

【 0 0 2 0 】

しかし、図 1 (b) に示すように、光素子 4 0 0 の下面が光導波路 3 0 0 の上面に接しているため、アンダーフィル樹脂 5 0 0 をコンタクトホール C H 内に流し込むことができない問題が発生する。

【 0 0 2 1 】

光素子 4 0 0 の下面側に多少の隙間が生じている場合は、アンダーフィル樹脂 5 0 0 を充填することは可能ではあるが、非常に長い処理時間がかかり現実的ではない。

50

【 0 0 2 2 】

以下に説明する実施形態では、前述した不具合を解消することができる。

【 0 0 2 3 】

(実施形態)

図 2 ~ 図 1 0 は実施形態の光導波路装置の製造方法を示す図、図 1 1 は実施形態の光導波路装置の製造方法を示す図である。以下、光導波路装置の製造方法を説明しながら、光導波路装置の構造を説明する。

【 0 0 2 4 】

実施形態の光導波路装置の製造方法では、まず、図 2 (a) に示すような配線基板 1 0 を用意する。配線基板 1 0 では、基板 1 2 の両面に配線層 2 0 がそれぞれ形成されている。基板 1 2 には厚み方向に貫通するスルーホール T H が設けられており、スルーホール T H 内に貫通電極 2 2 が充填されている。両面側の配線層 2 0 は貫通電極 2 2 を介して相互接続されている。基板 1 2 の上面側の配線層 2 0 は、その一端に接続パッド P を備えている。

10

【 0 0 2 5 】

また、基板 1 2 の下面側に、配線層 2 0 の接続部上に開口部 1 4 a が設けられたソルダレジスト層 1 4 が形成されている。

【 0 0 2 6 】

なお、スルーホール T H の側壁に形成されたスルーホールめっき層を介して両面側の配線層 2 0 が相互接続され、スルーホール T H の残りの孔に樹脂が充填されていてもよい。

20

【 0 0 2 7 】

また、基板 1 2 はリジット基板であってもよいし、あるいはフレキシブル基板でもよい。リジット基板とする場合は、基板 1 2 は例えばガラスエポキシ樹脂などから形成される。あるいは、フレキシブル基板とする場合は、基板 1 2 は例えばポリイミドフィルムなどから形成される。また、基板 1 2 の両面側において、配線層 2 0 の積層数は任意に設定することができる。

【 0 0 2 8 】

配線基板 1 0 のスルーホール T H はドリルやレーザなどで形成され、両面側の配線層 2 0 及び貫通電極 2 2 はフォトリソグラフィ及びめっき技術などを使用して形成される。

【 0 0 2 9 】

次いで、図 2 (b) に示すように、配線基板 1 0 上の光導波路形成領域に、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 / 現像を行う。その後、感光性樹脂層を 1 0 0 ~ 1 4 0 程度の加熱処理によって硬化させる。これより、配線基板 1 0 上の光導波路形成領域に第 1 クラッド層 3 2 が形成される。第 1 クラッド層 3 2 の厚みは、例えば 1 0 μ m ~ 3 0 μ m 程度である。

30

【 0 0 3 0 】

感光性樹脂層としては、UV 硬化型エポキシ樹脂などが好適に使用される。感光性樹脂層の形成方法としては、半硬化状態 (B - ステージ) の感光性樹脂シートを貼付してもよいし、あるいは、液状の感光性樹脂を塗布してもよい。

【 0 0 3 1 】

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な樹脂が好適に使用される。

40

【 0 0 3 2 】

続いて、図 3 (a) に示すように、第 1 クラッド層 3 2 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 1 0 0 ~ 1 4 0 程度の加熱処理によって硬化させる。これにより、第 1 クラッド層 3 2 の上にコア層 3 4 が形成される。

【 0 0 3 3 】

このとき、図 3 (b) の平面図に示すように、第 1 クラッド層 3 2 の上にコア層 3 4 が複数の帯状パターンとして並んで形成される。コア層 3 4 の幅は 3 0 μ m ~ 4 0 μ m 程度

50

に設定され、コア層 3 4 の厚みは 3 0 μ m ~ 8 0 μ m 程度に設定さる。

【 0 0 3 4 】

図 3 (a) は、図 3 (b) の平面図の I - I の破線に沿った断面に相当する。後述する図 4 ~ 図 5 においても同じである。

【 0 0 3 5 】

次いで、図 4 (a) 及び (b) に示すように、コア層 3 4 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。図 4 (a) 及び (b) では、コア層 3 4 の一端側の領域が部分的に示されている。

【 0 0 3 6 】

これにより、光路を 9 0 ° 変換するための光路変換傾斜面 S を備えた V 字状の分断部 3 4 a を形成する。光路変換傾斜面 S は、配線基板 1 0 の表面に対して好適には 4 5 ° で傾斜して形成される。切削以外にも、レーザなどによって光路変換傾斜面 S を備えた分断部 3 4 a を形成することができる。

【 0 0 3 7 】

また、分断部 3 4 a は、コア層 3 4 を分断するように形成されていればよく、第 1 クラッド層 3 2 の厚みの途中まで形成されてもよい。

【 0 0 3 8 】

次いで、図 5 (a) 及び (b) に示すように、マスク蒸着などにより、コア層 3 4 の分断部 3 4 a の光路変換傾斜面 S に光反射性の金属層を部分的に形成して光路変換ミラー M を得る。光反射性の金属として、金又はアルミニウムなどがある。

【 0 0 3 9 】

次に、図 6 (a) ~ (c) を参照して、第 1 クラッド層 3 2 及びコア層 3 4 の上に、第 2 クラッド層 3 6 をパターンニングする方法について説明する。図 6 (a) は図 6 (c) の平面図の I I - I I の破線に沿った断面に相当する。また、図 6 (b) は図 6 (c) の平面図の I I I - I I I の破線に沿った断面に相当する。

【 0 0 4 0 】

後述する図 7 においても同じである。また、図 6 (c) の平面図は透視的に描かれており、後の平面図においても同じである。

【 0 0 4 1 】

図 6 (a) に示すように、第 1 クラッド層 3 2 及びコア層 3 4 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 1 0 0 ~ 1 4 0 程度の加熱処理によって硬化させる。これにより、第 1 クラッド層 3 2 の上に、コア層 3 4 を被覆する第 2 クラッド層 3 6 が形成される。

【 0 0 4 2 】

このとき、図 6 (c) に示すように、第 2 クラッド層 3 6 は、配線基板 1 0 の配線層 2 0 の各接続パッド P を含む領域に開口部 3 6 a が配置されるようにパターンニングされる。第 2 クラッド層 3 6 の開口部 3 6 a は、接続パッド P の少なくとも一部を含む領域に配置されていればよい。

【 0 0 4 3 】

第 2 クラッド層 3 6 の開口部 3 6 a は、後述するように、コンタクトホール内の接続パッド P に光素子の接続端子を接続した後に、コンタクトホール内にアンダーフィル樹脂を流し込むための流路として機能する。

【 0 0 4 4 】

このため、第 2 クラッド層 3 6 の開口部 3 6 a は、接続パッド P 上に配置されるコンタクトホールに連通するように配置される。

【 0 0 4 5 】

また、第 2 クラッド層 3 6 の開口部 3 6 a の長さは搭載される光素子の幅よりも長く設定され、光素子が搭載される際にその外側に第 2 クラッド層 3 6 の開口部 3 6 a の一部が露出するようにする。

10

20

30

40

50

【0046】

図6(c)の平面図の例では、配線層20の接続パッドPの直径が第2クラッド層36の開口部36aの幅よりも大きく設定されている。例えば、配線層20の接続パッドPの直径は $60\mu\text{m} \sim 80\mu\text{m}$ であり、第2クラッド層36の開口部36aの幅が $30\mu\text{m} \sim 40\mu\text{m}$ 程度である。

【0047】

このため、図6(c)の平面図の例では、第2クラッド層36の各開口部36aは、接続パッドPが開口部36aの側壁から外側にはみ出すようにして接続パッドPの上に配置される。

【0048】

あるいは、接続パッドPの直径を第2クラッド層36の開口部36aの幅よりも小さくして、第2クラッド層36の開口部36a内に接続パッドPの全体が配置されるようにしてもよい。

【0049】

次いで、図7(a)～(c)に示すように、レーザにより第2クラッド層36及び第1クラッド層32を加工することにより、配線基板10の配線層20の接続パッドPに到達するコンタクトホールCHを形成する。

【0050】

図7(c)に示すように、コンタクトホールCHは、第2クラッド層36の開口部36aの側壁から外側にはみ出した状態で、接続パッドP上に配置される。コンタクトホールCHは第2クラッド層36の開口部36aに連通して形成される。

【0051】

これにより、図7(a)に示すように、配線基板10の上に、下から順に、第1クラッド層32、コア層34及び第2クラッド層が形成された光導波路30が得られる。

【0052】

なお、前述した図6～図7の製造方法では、フォトリソグラフィに基づいて第2クラッド層36に開口部36aを形成した後に、レーザで第2クラッド層36及び第1クラッド層32を開口してコンタクトホールCHを形成している。

【0053】

この製造方法の他に、図8(a)に示すように、前述した図2(b)の工程で、第1クラッド層32にフォトリソグラフィによりコンタクトホールCHを同時に形成してもよい。あるいは、前述した図2(b)の工程の後に、レーザで第1クラッド層32にコンタクトホールCHを形成してもよい。

【0054】

その後に、図8(b)に示すように、前述した図6(b)の工程で、コンタクトホールCHに連通するように、第2クラッド層36に開口部36aを形成する。これにより、図7(a)及び(b)と同一構造の光導波路30を得ることができる。

【0055】

この方法では、コンタクトホールCHの領域上の第2クラッド層36の開口部36aは、コンタクトホールCHの側壁となるように半円状に外側に突出して形成される。

【0056】

次に、図9(a)～(c)を参照して、上記した図7(a)～(c)の構造体に光素子を搭載する方法について説明する。前述した図6と同様に、図9(a)は図9(c)の平面図のI-V-I-Vの破線に沿った断面に相当する。図9(b)は図9(c)の平面図のV-Vの破線に沿った断面に相当する。後述する図10及び図11においても同じである。また、図9(c)は透視的に描かれている。

【0057】

図9(b)に示すように、下面に接続端子42を備えた光素子40を用意する。接続端子42は金バンプなどのバンプ電極から形成される。そして、光素子40の接続端子42をコンタクトホールCH内の配線層20の接続パッドPにはんだ44を介して接続する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 8 】

光素子 4 0 が発光素子の場合、下面に発光部 4 0 a を備え、発光部 4 0 a がコア層 3 4 の光路変換ミラー M に光結合される。あるいは、光素子 4 0 が受光素子の場合、受光部 4 0 b を備え、受光部 4 0 b がコア層 3 4 の光路変換ミラー M に光結合される。

【 0 0 5 9 】

このとき、図 9 (c) の平面図を参照すると、前述したように、コンタクトホール C H に連通する第 2 クラッド層 3 6 の開口部 3 6 a の長さは、光素子 4 0 の幅よりも長く設定されている。このため、光素子 4 0 を搭載すると、光素子 4 0 の外側に第 2 クラッド層 3 6 の開口部 3 6 a の両端側の一部がそれぞれ露出した状態となる。

【 0 0 6 0 】

また、光素子 4 0 の接続端子 4 2 の高さは、コンタクトホール C H の底の接続パッド P の表面から第 2 クラッド層 3 6 の開口部 3 6 a の上端までの高さよりも低く設定されている。このため、図 9 (a) に示すように、光素子 4 0 の下面が第 2 クラッド層 3 6 の上面に当接して、光素子 4 0 の高さ位置が決められて最適な平行度が確保される。

【 0 0 6 1 】

このように、光素子 4 0 の下面が第 2 クラッド層 3 6 の上面に接した状態で、光素子 4 0 の外側にアンダーフィル樹脂の流路となる第 2 クラッド層 3 6 の開口部 3 6 a が露出して配置される。

【 0 0 6 2 】

次いで、図 1 0 (a) 及び (b) に示すように、ディスペンサなどによって光素子 4 0 側面近傍に液状のアンダーフィル樹脂を一括して塗布する。このとき、アンダーフィル樹脂は、毛細管現象により第 2 クラッド層 3 6 の開口部 3 6 a が流路となって開口部 3 6 a に連通するコンタクトホール C H 内まで浸透していく。

【 0 0 6 3 】

これにより、図 1 1 (b) 及び (c) に示すように、光素子 4 0 の下側の第 2 クラッド層 3 6 の開口部 3 6 a と、それに連通するコンタクトホール C H の側面と光素子 4 0 の接続端子 4 2 との隙間にアンダーフィル樹脂 5 0 が充填される。

【 0 0 6 4 】

図 1 1 (c) の平面図では、アンダーフィル樹脂 5 0 は斜線ハッチングされた領域に充填される。また、図 1 1 (a) に示すように、光素子 4 0 が第 2 クラッド層 3 6 と接している部分では、光素子 4 0 の両外側にアンダーフィル樹脂 5 0 が残された状態となる。

【 0 0 6 5 】

このようにして、本実施形態では、光素子 4 0 の下面が第 2 クラッド層 3 6 の上面に接して搭載されるとしても、光素子 4 0 の外側に、コンタクトホール C H に連通する第 2 クラッド層 3 6 の開口部 3 6 a の一部が露出するようにしている。このため、第 2 クラッド層 3 6 の開口部 3 6 a から光素子 4 0 の下側のコンタクトホール C H にアンダーフィル樹脂 5 0 を容易に充填することができる。

【 0 0 6 6 】

以上により、図 1 1 (a) ~ (c) に示すように、実施形態の光導波路装置 1 が得られる。

【 0 0 6 7 】

図 1 1 (a) 及び (b) に示すように、実施形態の光導波路装置 1 は、前述した図 2 (a) で説明した配線基板 1 0 を備えている。配線基板 1 0 の上には光導波路 3 0 が形成されている。

【 0 0 6 8 】

光導波路 3 0 は、第 1 クラッド層 3 2 と、その上に形成されたコア層 3 4 と、それを被覆する第 2 クラッド層 3 6 とから形成され、コア層 3 4 が第 1、第 2 クラッド層 3 2 , 3 6 で囲まれた構造を有する。コア層 3 4 の屈折率は、第 1 クラッド層 3 2 及び第 2 クラッド層 3 6 の屈折率よりも高くなるように設定されている。

【 0 0 6 9 】

10

20

30

40

50

図 1 1 (b) 及び (c) に示すように、第 2 クラッド層 3 6 及び第 1 クラッド層 3 2 には配線層 2 0 の接続パッド P に到達するコンタクトホール C H が形成されている。さらに、第 2 クラッド層 3 6 には、接続パッド P を含む領域に、コンタクトホール C H に連通する開口部 3 6 a が形成されている。

【 0 0 7 0 】

第 2 クラッド層 3 6 の開口部 3 6 a は、各コンタクトホール C H にそれぞれ連通して相互に分離されて配置されており、コア層 3 4 の延在方向と同一方向に細長状に延びて形成されている。

【 0 0 7 1 】

そして、光素子 4 0 の接続端子 4 2 がコンタクトホール C H に配置され、はんだ 4 4 を介して配線層 2 0 の接続パッド P に接続されている。

10

【 0 0 7 2 】

第 2 クラッド層 3 6 の開口部 3 6 a の長さは、光素子 4 0 の幅よりも長く設定されており、光素子 4 0 の両外側に第 2 クラッド層 3 6 の開口部 3 6 a の一部がはみ出して露出している。

【 0 0 7 3 】

また、光素子 4 0 の接続端子 4 2 の高さは、コンタクトホール C H の底の接続パッド P の表面から第 2 クラッド層 3 6 の開口部 3 6 a の上端までの高さよりも低く設定されている。このため、光素子 4 0 の下面は第 2 クラッド層 3 6 の上面に接して、光素子 4 0 の高さ位置が決められて最適な平行度が確保されている。

20

【 0 0 7 4 】

さらに、図 1 1 (b) 及び (c) に示すように、第 2 クラッド層 3 6 の開口部 3 6 a、及びコンタクトホール C H の側壁と光素子 4 0 の接続端子 4 2 との隙間に、光素子 4 0 の下側を封止するアンダーフィル樹脂 5 0 が充填されている。

【 0 0 7 5 】

光素子 4 0 として、発光素子又は受光素子が使用される。発光素子としては、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、受光素子としては、フォトダイオードが好適に使用される。

【 0 0 7 6 】

また、図 1 1 (a) に示すように、光導波路 3 0 のコア層 3 4 の端部には、光反射性の金属から形成された光路変換ミラー M が配置されている。そして、光素子 4 0 は光導波路 3 0 の光路変換ミラー M に光結合されている。

30

【 0 0 7 7 】

光素子 4 0 が発光素子の場合は、発光素子の下面に配置された発光部 4 0 a が光路変換ミラー M と光結合される。あるいは、光素子 4 0 が受光素子の場合は、受光素子の下面に配置された受光部 4 0 b が光路変換ミラー M と光結合される。

【 0 0 7 8 】

前述したように、実施形態の光導波路装置 1 では、アンダーフィル樹脂 5 0 は光素子 4 0 の外側に配置された第 2 クラッド層 3 6 の開口部 3 6 a が流路となってコンタクトホール C H 内に充填される。

40

【 0 0 7 9 】

各コンタクトホール C H が第 2 クラッド層 3 6 の開口部 3 6 a に連通しているため、全てのコンタクトホール C H にアンダーフィル樹脂 5 0 を信頼性よく充填することができる。これにより、後に加熱処理が行われるとしても、コンタクトホール C H 内で空気が膨張することがなく、光素子 4 0 と配線基板 1 0 の接続パッド P との電気的な接続の信頼性を確保することができる。

【 0 0 8 0 】

また、光素子 4 0 を搭載する際に、光導波路 3 0 の上面に光素子 4 0 の下面を当接させるため、高さや平行度を容易に最適化することができ、光学特性を向上させることができる。

50

【0081】

図12には、図11(a)の光素子40に制御素子60が接続された様子が示されている。図12に示すように、光素子40の横方向の配線基板10の上には、配線層20の接続部上に開口部15aが設けられたソルダレジスト層15が形成されている。

【0082】

そして、制御素子60の接続端子62が配線層20の接続部にはんだ64を介して接続されている。さらに、制御素子60の下側にアンダーフィル樹脂50aが充填されている。

【0083】

このようにして、光素子40は配線基板10の配線層20を介して制御素子60に電氣的に接続されている。

10

【0084】

次に、図11及び図12を参照して、実施形態の光導波路装置1の光伝搬について説明する。図12において、光素子40が発光素子の場合は、制御素子60がドライバ素子として配置される。そして、ドライバ素子から出力される電気信号が発光素子に供給され、発光素子の発光面から下側に光が出射される。

【0085】

発光素子から出射される光は、第2クラッド層36を透過して光路変換ミラーM(図11(a))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90°変換されてコア層34に入射する。

20

【0086】

次いで、コア層34に入射した光は、コア層34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で光路が90°変換されて受光素子の受光部に入射する。

【0087】

逆に、光素子40が受光素子の場合は、制御素子60がアンプ素子として配置される。この場合は、上記した光経路と逆方向に光伝搬され、受光素子の受光面に光が入射される。さらに、受光素子は光信号を電気信号に変換し、アンプ素子に電気信号が供給される。

【0088】

(その他の実施形態)

図13～図15は、前述した図7の第2クラッド層36の開口部36aの変形例を示す平面図である。前述した図7では、第2クラッド層36の一つの開口部36aが、一つのコンタクトホールCHに連通しており、相互に分離されて配置されている。

30

【0089】

図13の第1の変形例に示すように、図7の第2クラッド層36の隣接する2つの開口部36aの端部を繋いで、一つの「コの字状」の開口部36bが2つのコンタクトホールCHに連通するようにしてもよい。

【0090】

また、図14の第2の変形例のように、図7の第2クラッド層36の分離された各開口部36aの一端を縦方向に配置される共通開口部に繋いで、一つの連続するくし歯状パターンの開口部36cが全てのコンタクトホールCHに連通するようにしてもよい。

40

【0091】

また、図15の第3の変形例のように、一本のコア層34の一端側に配置された2つのコンタクトホールCHの周りに一括した第2クラッド層36の開口部36dを配置してもよい。この場合は、2つのコンタクトホールCHの全体が一つの第2クラッド層36の開口部36d内に配置され、コンタクトホールCHは第1クラッド層32のみに形成される。

【0092】

このように、図7、図13～図15で例示したように、第2クラッド層36の一つの開口部が、一つのコンタクトホールCHに連通していてもよいし、複数のコンタクトホールに連通していてもよい。つまり、第2クラッド層36の開口部は、光導波路30に干渉し

50

ないようにコンタクトホールＣＨに連通していればよく、各種の形状を採用することができる。

【 0 0 9 3 】

第２クラッド層３６の開口部３６ａがコンタクトホールＣＨに連通していることで、第２クラッド層３６の開口部３６ａを流路としてアンダーフィル樹脂５０をコンタクトホールＣＨに充填することができる。

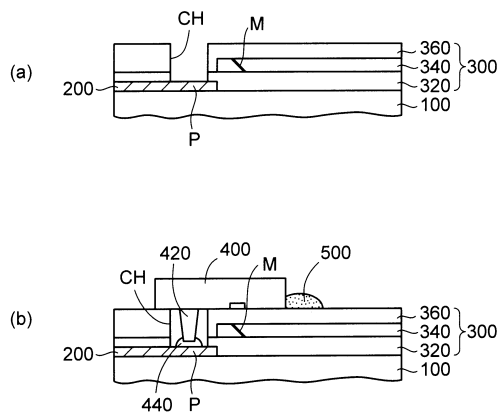
【符号の説明】

【 0 0 9 4 】

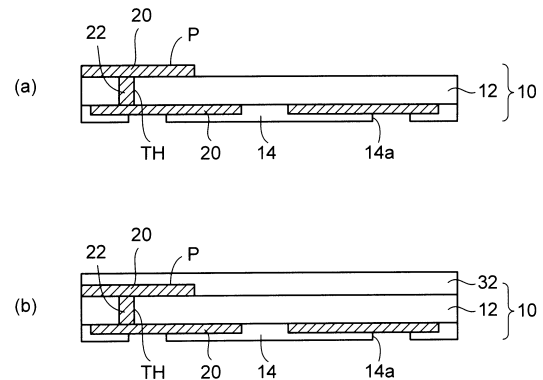
１…光導波路装置、１０…配線基板、１２…基板、１４、１５…ソルダレジスト、１４ａ、１５ａ、３６ａ…開口部、２０…配線層、２２…貫通電極、３０…光導波路、３２…第１クラッド層、３４…コア層、３４ａ…分断部、３６…第２クラッド層、４０…光素子、４０ａ…発光部、４０ｂ…受光部、４２、６２…接続端子、５０、５０ａ…アンダーフィル樹脂、６０…制御素子、ＣＨ…コンタクトホール、Ｓ…光路変換傾斜面、Ｍ…光路変換ミラー、ＴＨ…スルーホール。

10

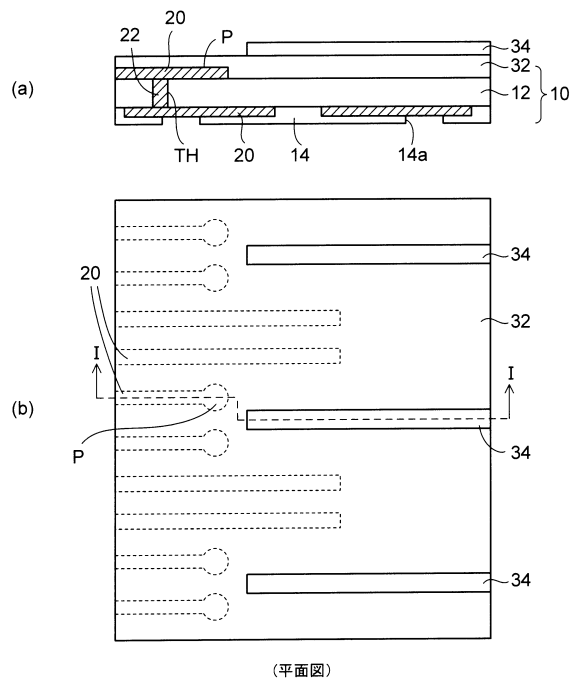
【 図 １ 】



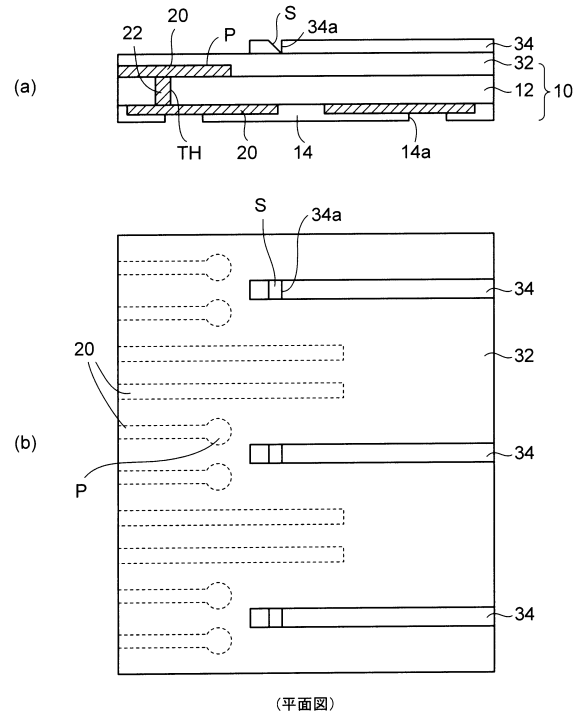
【 図 ２ 】



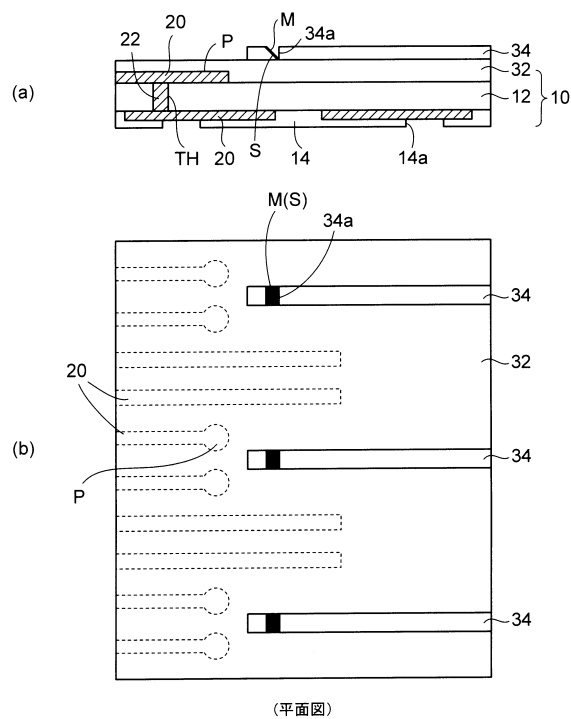
【図 3】



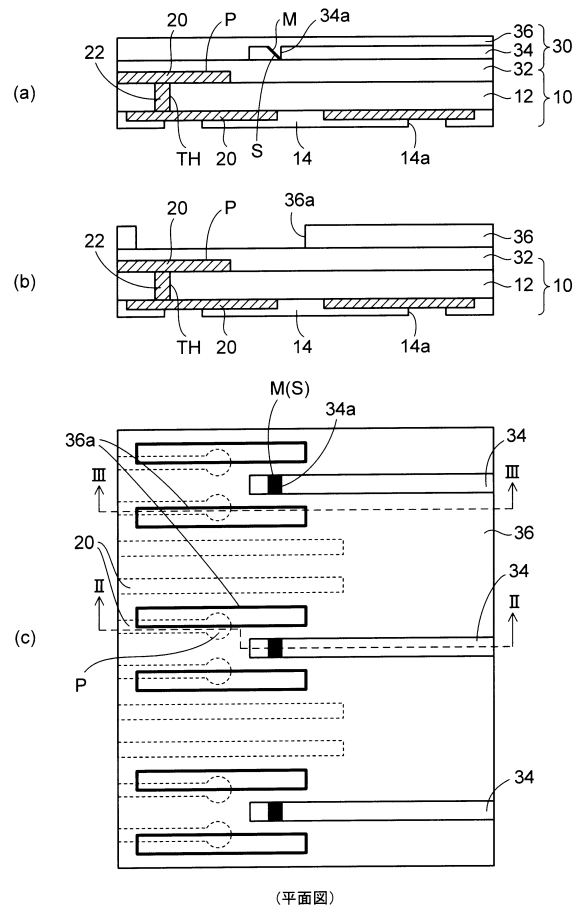
【図 4】



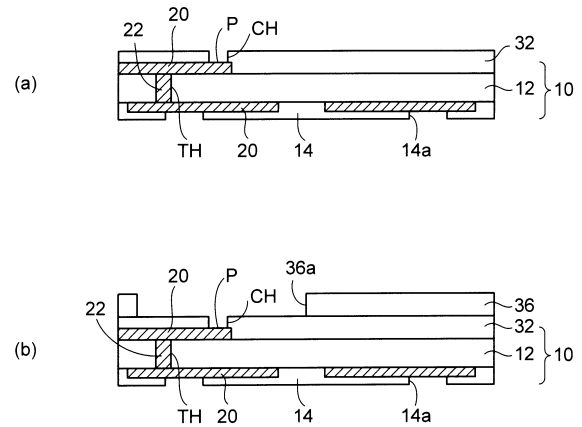
【図 5】



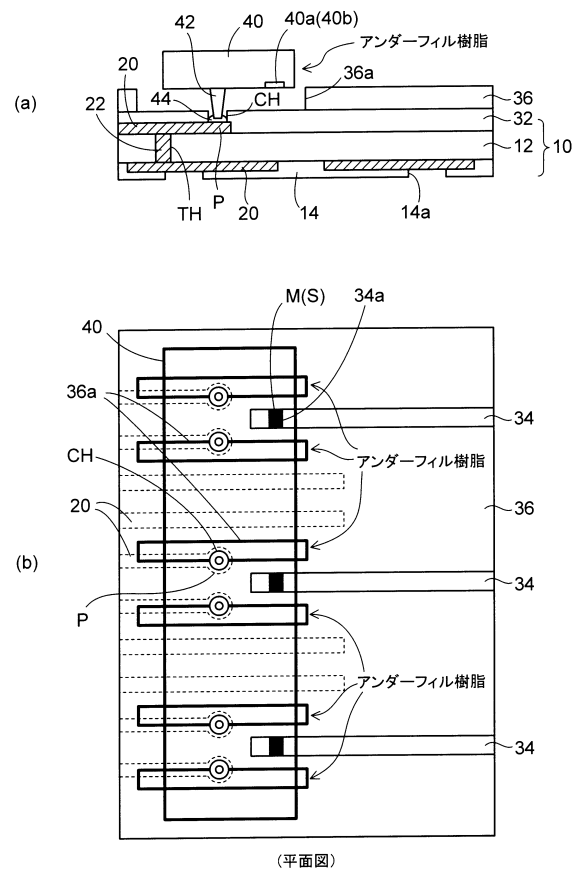
【図 6】



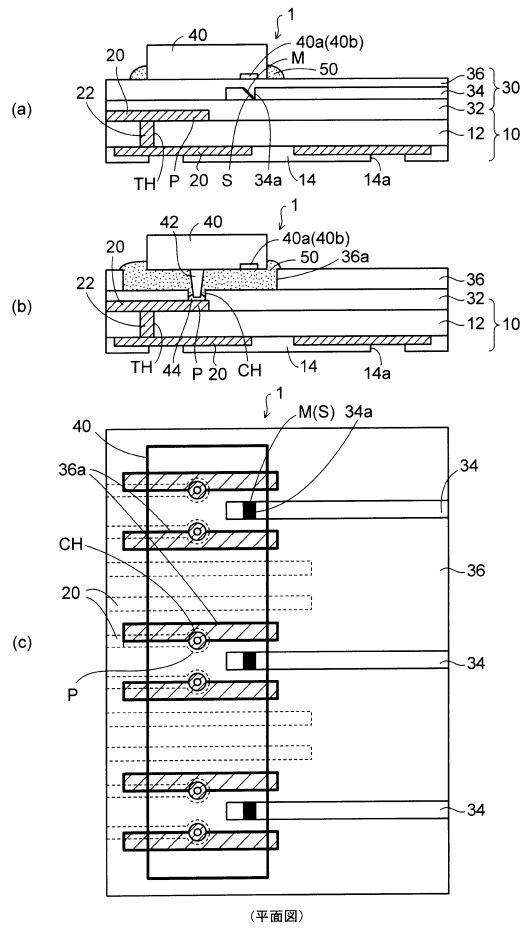
【 図 8 】



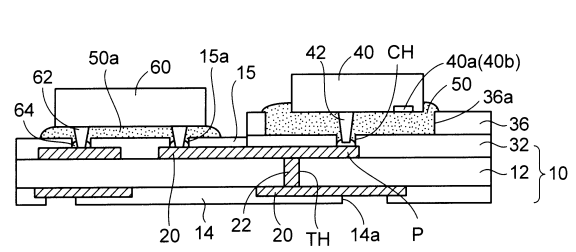
【 図 1 0 】



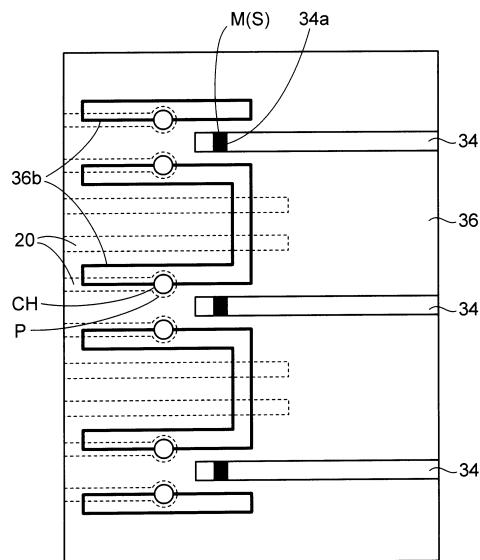
【図 1 1】



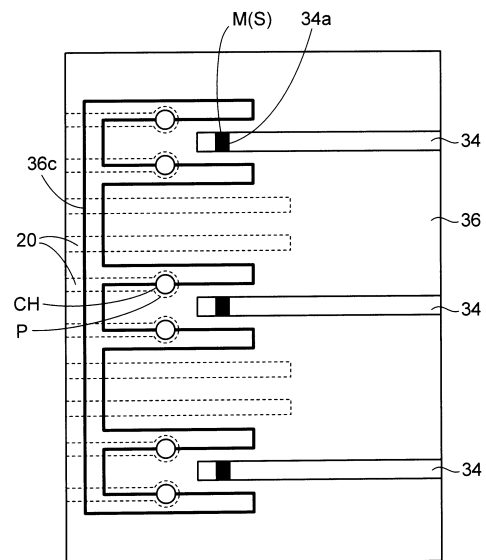
【図 1 2】



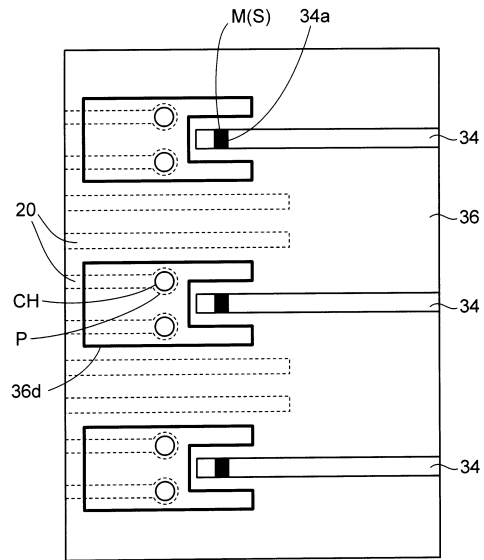
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 15】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2010-277060(JP,A)
特開2009-069668(JP,A)
特開2008-281816(JP,A)
国際公開第2006/114957(WO,A1)
特開2010-286777(JP,A)
特開平11-064675(JP,A)
特開2009-224522(JP,A)
特開2013-186310(JP,A)
特開2000-105327(JP,A)
特開2011-237503(JP,A)
特開2008-111990(JP,A)
特開2013-152287(JP,A)
特開2000-249876(JP,A)
特開2008-107648(JP,A)
米国特許出願公開第2007/0183718(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B6/12-6/14