

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-215371

(P2003-215371A)

(43)公開日 平成15年7月30日(2003.7.30)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード*(参考)

G 0 2 B 6/122

H 0 1 S 5/022

2 H 0 4 7

H 0 1 L 31/0232

5/183

5 F 0 7 3

H 0 1 S 5/022

G 0 2 B 6/12

B 5 F 0 8 8

5/183

H 0 1 L 31/02

C

審査請求 有 請求項の数28 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願2002-16476(P2002-16476)

(22)出願日 平成14年1月25日(2002.1.25)

(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願(平成12年度新エネルギー・産業技術総合開発機構からの委託研究「超高密度電子S I技術の研究開発(エネルギー使用合理化技術開発)」、産業活力再生特別措置法30条の適用を受けるもの)

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 佐々木 純一

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74)代理人 100064621

弁理士 山川 政樹

Fターム(参考) 2H047 KA04 LA09 MA07 RA08 TA01

5F073 AB17 AB28 AB29 BA03 EA29

FA07 FA23

5F088 AA03 BA16 BA20 BB01 EA20

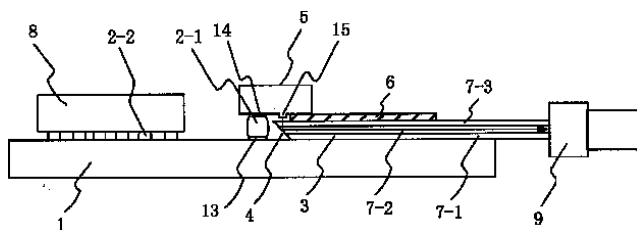
JA14

(54)【発明の名称】 光モジュール及び光モジュールの実装方法

(57)【要約】

【課題】 面型光素子と光導波路とのギャップを簡素な構造でなおかつ高精度に制御する。

【解決手段】 基板1上にVCSEL実装用パッド13、LSI実装用パッド及び光導波路3を形成する。光導波路3の一端は45度斜め端とし、45度傾斜ミラー4として機能させる。VCSEL5は発光部15を下に向け、光導波路上面を基準面として光導波路上面に当接させて実装する。発光部15が突起状になっているVCSEL5を実装する場合、VCSEL5と光導波路3との間にスペーサ6を配置する。VCSEL5から出射したレーザ光は光導波路3上面より入射し、45度傾斜ミラー4で反射し、導波路コアに入射する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 発光部若しくは受光部と面型光素子側パッドとが同じ側の面に設けられた面型光素子を実装するための基板側パッドが予め形成された基板と、この基板上に形成され、端面に傾斜ミラーを備えた光導波路と、前記発光部若しくは受光部と前記光導波路とが前記傾斜ミラーを介して光学的に結合するよう位置合わせされた上で前記光導波路の上面に実装され、前記基板側パッドと面型光素子側パッドとがハンダバンプによって接続された面型光素子とを有することを特徴とする光モジュール。

【請求項 2】 発光部若しくは受光部と面型光素子側パッドとが同じ側の面に設けられた面型光素子を実装するための基板側パッドが予め形成された基板と、この基板上に形成された光導波路と、前記基板上において実装後の前記面型光素子の光路と前記光導波路の光路とが交差する位置に形成された傾斜ミラーと、前記発光部若しくは受光部と前記光導波路とが前記傾斜ミラーを介して光学的に結合するよう位置合わせされた上で前記光導波路の上面に実装され、前記基板側パッドと面型光素子側パッドとがハンダバンプによって接続された面型光素子とを有することを特徴とする光モジュール。

【請求項 3】 発光部若しくは受光部と面型光素子側電極パッドとが同じ側の面に設けられた面型光素子を実装するための第 1 の基板側電極パッドと、半導体装置を実装するための第 2 の基板側電極パッドと、前記第 1、第 2 の基板側電極パッドを電氣的に接続する電気配線とが予め形成された基板と、この基板上に形成され、端面に傾斜ミラーを備えた光導波路と、前記発光部若しくは受光部と前記光導波路とが前記傾斜ミラーを介して光学的に結合するよう位置合わせされた上で前記光導波路の上面に実装され、前記第 1 の基板側電極パッドと面型光素子側電極パッドとがフリップチップ接続された面型光素子と、前記基板上に実装され、前記第 2 の基板側電極パッドと電極とが接続された半導体装置とを有することを特徴とする光モジュール。

【請求項 4】 発光部若しくは受光部と面型光素子側電極パッドとが同じ側の面に設けられた面型光素子を実装するための第 1 の基板側電極パッドと、半導体装置を実装するための第 2 の基板側電極パッドと、前記第 1、第 2 の基板側電極パッドを電氣的に接続する電気配線とが予め形成された基板と、この基板上に形成された光導波路と、前記基板上において実装後の前記面型光素子の光路と前記光導波路の光路とが交差する位置に形成された傾斜ミ

ラーと、

前記発光部若しくは受光部と前記光導波路とが前記傾斜ミラーを介して光学的に結合するよう位置合わせされた上で前記光導波路の上面に実装され、前記第 1 の基板側電極パッドと面型光素子側電極パッドとがフリップチップ接続された面型光素子と、前記基板上に実装され、前記第 2 の基板側電極パッドと電極とが接続された半導体装置とを有することを特徴とする光モジュール。

【請求項 5】 請求項 1、2、3 又は 4 記載の光モジュールにおいて、前記面型光素子は、複数の前記発光部若しくは受光部を備え、前記光導波路は、複数の前記発光部若しくは受光部に応じて前記基板上に複数形成され、前記面型光素子を複数の前記光導波路で支持することを特徴とする光モジュール。

【請求項 6】 請求項 5 記載の光モジュールにおいて、前記光導波路は、前記基板上の複数の方向に形成されることを特徴とする光モジュール。

【請求項 7】 請求項 1、2、3 又は 4 記載の光モジュールにおいて、突起状の発光部若しくは受光部を有する前記面型光素子に対し、前記発光部若しくは受光部の高さより厚いスペーサを、前記発光部若しくは受光部を避けるようにして前記面型光素子の下面と前記光導波路の上面との間に配置することを特徴とする光モジュール。

【請求項 8】 請求項 1、2、3 又は 4 記載の光モジュールにおいて、突起状の発光部若しくは受光部を有する前記面型光素子に対し、前記光導波路上面の前記発光部若しくは受光部に対応する位置に、前記発光部若しくは受光部の高さより深い逃げ部を有することを特徴とする光モジュール。

【請求項 9】 請求項 1、2、3 又は 4 記載の光モジュールにおいて、前記面型光素子の端面を係止するストッパを前記光導波路上面に有することを特徴とする光モジュール。

【請求項 10】 請求項 1 又は 3 記載の光モジュールにおいて、前記傾斜ミラーは、前記光導波路の端面に形成された傾斜面からなることを特徴とする光モジュール。

【請求項 11】 請求項 1、2、3 又は 4 記載の光モジュールにおいて、前記光導波路は、コア層が露出した光導波路であることを特徴とする光モジュール。

【請求項 12】 請求項 1、2、3 又は 4 記載の光モジュールにおいて、前記基板は、前記光導波路を収容する窪みを有することを特徴とする光モジュール。

【請求項 13】 発光部若しくは受光部と面型光素子側

パッドとが同じ側の面に設けられた面型光素子を実装するための基板側パッドを基板上に形成する工程と、前記基板上に光導波路を形成し、この光導波路の端面に傾斜ミラーを形成する工程と、前記面型光素子の発光部若しくは受光部と前記光導波路とが前記傾斜ミラーを介して光学的に結合するよう位置合わせした上で前記面型光素子の下面と前記光導波路の上面とを当接させ、前記面型光素子の面型光素子側パッドと前記基板側パッドとをハンダバンプによって接続することにより、前記面型光素子を前記光導波路上に実装する工程とを実行することを特徴とする光モジュールの実装方法。

【請求項 14】 発光部若しくは受光部と面型光素子側パッドとが同じ側の面に設けられた面型光素子を実装するための基板側パッドを基板上に形成する工程と、前記基板上に光導波路を形成する工程と、前記基板上において実装後の前記面型光素子の光路と前記光導波路の光路とが交差する位置に傾斜ミラーを形成する工程と、前記面型光素子の発光部若しくは受光部と前記光導波路とが前記傾斜ミラーを介して光学的に結合するよう位置合わせした上で前記面型光素子の下面と前記光導波路の上面とを当接させ、前記面型光素子の面型光素子側パッドと前記基板側パッドとをハンダバンプによって接続することにより、前記面型光素子を前記光導波路上に実装する工程とを実行することを特徴とする光モジュールの実装方法。

【請求項 15】 発光部若しくは受光部と面型光素子側電極パッドとが同じ側の面に設けられた面型光素子を実装するための第 1 の基板側電極パッドと、半導体装置を実装するための第 2 の基板側電極パッドと、前記第 1、第 2 の基板側電極パッドを電氣的に接続する電気配線とを基板上に形成する工程と、前記基板上に光導波路を形成し、この光導波路の端面に傾斜ミラーを形成する工程と、前記面型光素子の発光部若しくは受光部と前記光導波路とが前記傾斜ミラーを介して光学的に結合するよう位置合わせした上で前記面型光素子の下面と前記光導波路の上面とを当接させ、前記面型光素子側電極パッドと前記第 1 の基板側電極パッドとをフリップチップ接続することにより、前記面型光素子を前記光導波路上に実装する工程と、前記半導体装置の電極と前記第 2 の基板側電極パッドとを接続することにより、前記半導体装置を前記基板上に実装する工程とを実行することを特徴とする光モジュールの実装方法。

【請求項 16】 発光部若しくは受光部と面型光素子側電極パッドとが同じ側の面に設けられた面型光素子を実装するための第 1 の基板側電極パッドと、半導体装置を実装するための第 2 の基板側電極パッドと、前記第 1、

第 2 の基板側電極パッドを電氣的に接続する電気配線とを基板上に形成する工程と、前記基板上に光導波路を形成する工程と、前記基板上において実装後の前記面型光素子の光路と前記光導波路の光路とが交差する位置に傾斜ミラーを形成する工程と、前記面型光素子の発光部若しくは受光部と前記光導波路とが前記傾斜ミラーを介して光学的に結合するよう位置合わせした上で前記面型光素子の下面と前記光導波路の上面とを当接させ、前記面型光素子側電極パッドと前記第 1 の基板側電極パッドとをフリップチップ接続することにより、前記面型光素子を前記光導波路上に実装する工程と、前記半導体装置の電極と前記第 2 の基板側電極パッドとを接続することにより、前記半導体装置を前記基板上に実装する工程とを実行することを特徴とする光モジュールの実装方法。

【請求項 17】 請求項 13、14、15 又は 16 記載の光モジュールの実装方法において、前記基板側パッド又は第 1 の基板側電極パッド上に前記光導波路の上面よりも高いハンダバンプを形成し、このハンダバンプを溶融させて前記面型光素子側パッド又は面型光素子側電極パッドと融着させ、前記面型光素子を前記光導波路に当接するまで降下させ、前記ハンダバンプを冷却硬化させることにより、前記面型光素子側パッド又は面型光素子側電極パッドと前記基板側パッド又は第 1 の基板側電極パッドとを接続することを特徴とする光モジュールの実装方法。

【請求項 18】 請求項 13、14、15 又は 16 記載の光モジュールの実装方法において、複数の前記発光部若しくは受光部を備えた面型光素子に依りて、前記光導波路を前記基板上に複数形成し、前記面型光素子を複数の前記光導波路で支持することを特徴とする光モジュールの実装方法。

【請求項 19】 請求項 18 記載の光モジュールの実装方法において、前記光導波路を前記基板上の複数の方向に形成することとを特徴とする光モジュールの実装方法。

【請求項 20】 請求項 13、14、15 又は 16 記載の光モジュールの実装方法において、突起状の発光部若しくは受光部を有する前記面型光素子を前記光導波路上に実装する際、前記発光部若しくは受光部の高さより厚いスペーサを、前記発光部若しくは受光部を避けるようにして前記面型光素子の下面と前記光導波路の上面との間に配置することを特徴とする光モジュールの実装方法。

【請求項 21】 請求項 20 記載の光モジュールの実装方法において、ウェハ上に樹脂をスピン塗布し、フィルム状となった前記樹脂を硬化後に前記ウェハより剥離することにより、

前記スペーサを作製することを特徴とする光モジュールの実装方法。

【請求項22】 請求項13、14、15又は16記載の光モジュールの実装方法において、突起状の発光部若しくは受光部を有する前記面型光素子に対し、前記光導波路上面の前記発光部若しくは受光部に対応する位置に、前記発光部若しくは受光部の高さより深い逃げ部を設けることを特徴とする光モジュールの実装方法。

【請求項23】 請求項22記載の光モジュールの実装方法において、ウェットエッチング若しくはドライエッチングによって前記光導波路上面の逃げ部を形成することを特徴とする光モジュールの実装方法。

【請求項24】 請求項13、14、15又は16記載の光モジュールの実装方法において、前記面型光素子の端面を係止するストッパを前記光導波路上面に形成することを特徴とする光モジュールの実装方法。

【請求項25】 請求項13、14、15又は16記載の光モジュールの実装方法において、前記面型光素子の前記光導波路上への実装をフリップチップボンダによって行い、この実装時に前記面型光素子より大きいコレットによって前記面型光素子を前記基板面に対して常に平行となるように把持することを特徴とする光モジュールの実装方法。

【請求項26】 請求項13又は15記載の光モジュールの実装方法において、前記光導波路の端面に傾斜面を形成することにより前記傾斜ミラーを形成することを特徴とする光モジュールの実装方法。

【請求項27】 請求項13、14、15又は16記載の光モジュールの実装方法において、前記光導波路は、コア層が露出した光導波路であることを特徴とする光モジュールの実装方法。

【請求項28】 請求項13、14、15又は16記載の光モジュールの実装方法において、前記基板に設けた窪みに前記光導波路を收容することを特徴とする光モジュールの実装方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、面型光素子と平面光導波路と半導体装置とを実装する光モジュール及び光モジュールの実装方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】情報処理機器内における信号伝送路の高速化のためにはCPUやメモリモジュール等のLSI間を光信号によって接続する、チップ間光接続が有効である。チップ間光接続では光導波路を備えた回路基板にLSIを実装し、一方のLSIの入出力信号をVCSEL

を用いて光信号に変換して光導波路を伝播させ、その先でPDを用いて光信号を電気信号に戻してもう一方のLSIに接続する構造が有利である。このような構造では、垂直共振器型面発光レーザ（Vertical cavity surface-emitting Laser、以下、VCSELとする）、フォトダイオード（Photo diode、以下、PDとする）等の面型光素子と光導波路とを光路を直角に変換しての光結合構造が課題である。

【0003】従来、VCSELまたはPDと光導波路とを直角に光結合させる構造としては、特開2000-332301号公報や特開2001-185752号公報に開示されているような、LSIチップ上に面発光素子アレイをバンパによって直接実装し、さらにそのLSIチップを別のバンパによって光電気回路基板上に実装する構造が提案されている。面発光素子からの出射光は光導波路端に設けられた45度ミラーによって反射され、光導波路に結合する。

【0004】図9（a）は特開2000-332301号公報に開示された光モジュールの構造を示す斜視図、図9（b）は図9（a）におけるI-I断面の一部を拡大した図である。面型発光素子アレイまたは面型受光素子アレイ等の面型光素子アレイ72は、面型光素子発光部72cあるいは受光部72dの反対側に、面型光素子正電極72aと負電極72bとを有しており、LSIチップ71の周辺部に形成した面型光素子用電極パッド71aへ直接、はんだバンパ73により接続されている。

【0005】LSIチップ71の中央部にはメタルポスト71bが形成されており、モールド樹脂74により覆われている。メタルポスト71bのLSIチップ71側の電極71cの反対側には、はんだバンパ75が形成されている。プリント基板77上には、搭載する半導体装置の光学的信号の入出力位置に対応して、あらかじめ光導波路76が形成されている。光導波路76の端部76cは、面型光素子アレイ72の入出力光に対して45度の角度をなすように加工され、TIR（Total Internal Reflection）ミラーまたは45度端面に金属膜等を付着させた反射ミラーとして上方に位置した面発光素子アレイ72の入出力光を光導波路76のコア層76aへ90度の光路変換をしてから光結合させる役割を有している。

【0006】面型光素子アレイ72を搭載したLSIチップ71は、面型光素子72を搭載した面をプリント基板77側に向けて、はんだバンパ75がプリント基板77上の電極パッド77aと対向するように位置合わせされ、はんだリフロー工程により表面実装される。この際、面型光素子72と光導波路76とも所定の位置に位置合わせされるため、はんだバンパ75を介した電気的な接続のみでなく、光学的な接続も行われる。

【0007】図10（a）は特開2001-185752号公報に開示された光モジュールの構造を示す斜視図、図10（b）は図10（a）におけるI-I断面の一部を拡大した図である。面型発光素子アレイ72は、面型光素子72を搭載した面をプリント基板77側に向けて、はんだバンパ75がプリント基板77上の電極パッド77aと対向するように位置合わせされ、はんだリフロー工程により表面実装される。この際、面型光素子72と光導波路76とも所定の位置に位置合わせされるため、はんだバンパ75を介した電気的な接続のみでなく、光学的な接続も行われる。

2号公報に開示された光モジュールの断面図、図10

(b)は図10(a)のa部を拡大した図である。面発光素子アレイ82aと面受光素子アレイ82bは、それぞれの光入出力面82cがプリント基板90側を向くように、LSIチップ81上に、はんだバンプ83によって固定され、はんだバンプ83を介してLSIチップ81の半導体集積回路と電氣的に接続される。

【0008】LSIチップ81は、電気配線層84cが形成されたテープキャリア84aに電氣的及び構造的に接続されている。テープキャリア84a上の電気配線端部には、はんだバンプ85が形成されており、プリント基板90上の電極パッド89と表面実装技術によって接続される。LSIチップ81と面発光素子アレイ82aと面受光素子アレイ82bは、透明樹脂86にて封止され、透明樹脂86の表面上には、各素子位置に対応してマイクロレンズ88aが二次元アレイ状に形成されている。

【0009】プリント基板90上には、多層光導波路が設けられている。入力側多層光導波路91bの端部は入力信号光を面受光素子アレイ82bの方向に向けて方向変換する反射面を有し、出力側多層光導波路91aの端部は面発光素子アレイ82aが発する出力信号光を出力側多層光導波路91aの導波方向に向けて方向変換する反射面を有する。面発光素子アレイ82aから出射したビーム101aは、マイクロレンズ88aによってコリメート光101bとなり、マイクロレンズ88bによって収束光101cとなってコア93aに入射する。入力側多層光導波路91bを伝搬してきた入力信号光は、多層光導波路端部92において、おおよそ90度方向変換され、出力信号光とは逆の光路をたどって面受光素子アレイ82bに入射する。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、以上のような従来の光モジュールでは、光素子と光導波路との間のギャップを高精度に制御することが難しいという問題点があった。光素子と光導波路との間のギャップを高精度に制御できない場合、このギャップが光出力や受光感度などの特性に大きく影響するときに問題が生じる。

【0011】光素子と光導波路との間のギャップが光出力や受光感度などの特性に大きく影響するのは、例えば面発光素子の出射角度が大きく、光素子と光導波路との距離を遠ざけると急速に光結合効率が低下する場合や、PINフォトダイオードで高速応答性を重視したもののように受光面が小さいものを用いる場合、あるいは光導波路と光素子との間にレンズを介する場合などである。

【0012】このような場合には、光素子のチップ厚さ、光素子をLSIチップに接合するバンプの高さ、LSIチップの実装高さをかさ上げするモールド樹脂の厚さ、そしてLSIチップを光電気回路基板に実装するバンプの高さの4つを少なくとも10 μm 以下程度の精度

で制御する必要が生じる。これらを合計した高さは、場合によっては200 μm を超えるものとなる可能性があり、10 μm 以下程度の精度で制御するのは困難である。

【0013】バンプ高さの誤差の影響を排し、基板上に設けた台座を基準面とし、この台座に光素子を荷重をかけて当接させる構造は特許第2823044号に開示されている。図11(a)は特許第2823044号に開示された光モジュールの光素子を搭載する前の斜視図、図11(b)は光素子を搭載する前の断面図、図11

(c)は光素子を搭載した後の斜視図、図11(d)は光素子を搭載した後の断面図である。この光モジュールでは、基板111上に第1の下部クラッド層112を成膜した後、エッチングストップ用のマスクとなる薄膜を形成し、この薄膜の光素子搭載部分を除去する。薄膜が除去された部分と薄膜が残った部分をそれぞれ116a、116bとする。

【0014】この後、第2の下部クラッド層113、コア層115を順次形成して、コア層115を導波路形状にパターン化しエッチングを行った後、上部クラッド層114を成膜する。そして、光素子117を搭載する部分の光導波路形成層のエッチングを行う。光素子搭載部分の薄膜が除去された部分すなわち116aは、エッチングが基板111の表面まで進行し、基板表面が露出した時点でエッチングが停止する。また、光素子搭載部分の薄膜が残った部分すなわち116bは、薄膜が露出した時点でエッチングが停止する。

【0015】この露出した薄膜が残った部分116bが台座となり、この台座の上に光素子117を搭載する。高さ方向の位置決めは116bにより行われるため、半田バンプ119の高さには全く関係なく高精度な位置合わせが保たれる。このように特許第2823044号の光モジュールによれば、高精度な位置合わせが可能であるが、この例では、基準面となる台座を光導波路の厚さとは独立に制御する必要があるため、より簡素な方法が求められる。

【0016】本発明の目的は、以上に示した課題を解決し、面型光素子と平面光導波路との光結合構造において、面型光素子と光導波路とのギャップを簡素な構造でなおかつ高精度に制御できる光モジュール及び光モジュールの実装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】本発明の光モジュールは、発光部(15)若しくは受光部と面型光素子側パッド(14)とが同じ側の面に設けられた面型光素子(5, 5a)を実装するための基板側パッド(13)が予め形成された基板(1)と、この基板上に形成され、端面に傾斜ミラー(4)を備えた光導波路(3, 3a)と、前記発光部若しくは受光部と前記光導波路とが前記傾斜ミラーを介して光学的に結合するよう位置合わせさ

れた上で前記光導波路の上面に実装され、前記基板側パッドと面型光素子側パッドとがハンダバンプによって接続された面型光素子とを有するものである。また、本発明の光モジュールは、発光部（15）若しくは受光部と面型光素子側パッド（14）とが同じ側の面に設けられた面型光素子（5, 5a）を実装するための基板側パッド（13）が予め形成された基板（1）と、この基板上に形成された光導波路（3b, 3c）と、前記基板上において実装後の前記面型光素子の光路と前記光導波路の光路とが交差する位置に形成された傾斜ミラー（11）と、前記発光部若しくは受光部と前記光導波路とが前記傾斜ミラーを介して光学的に結合するよう位置合わせされた上で前記光導波路の上面に実装され、前記基板側パッドと面型光素子側パッドとがハンダバンプによって接続された面型光素子とを有するものである。また、本発明の光モジュールは、発光部（15）若しくは受光部と面型光素子側電極パッド（14）とが同じ側の面に設けられた面型光素子（5, 5a）を実装するための第1の基板側電極パッド（13）と、半導体装置（8）を実装するための第2の基板側電極パッドと、前記第1、第2の基板側電極パッドを電氣的に接続する電気配線とが予め形成された基板（1）と、この基板上に形成され、端面に傾斜ミラー（4）を備えた光導波路（3, 3a）と、前記発光部若しくは受光部と前記光導波路とが前記傾斜ミラーを介して光学的に結合するよう位置合わせされた上で前記光導波路の上面に実装され、前記第1の基板側電極パッドと面型光素子側電極パッドとがフリップチップ接続された面型光素子と、前記基板上に実装され、前記第2の基板側電極パッドと電極とが接続された半導体装置とを有するものである。本発明では、面型光素子と光導波路とのギャップが問題になる場合のバンプ高さ制御の困難さを解消するために、コア光軸に対して45度の角度となる傾斜ミラーを端面に形成した光導波路の上面を基準面とし、面型光素子の発光部若しくは受光部が形成された下面を光導波路の上面に当接させて実装し、面型光素子を光導波路上面ではなく基板とフリップチップ接続することにより、ハンダバンプによって基板と面型光素子とを電氣的に接続する。また、本発明の光モジュールは、発光部（15）若しくは受光部と面型光素子側電極パッド（14）とが同じ側の面に設けられた面型光素子（5, 5a）を実装するための第1の基板側電極パッド（13）と、半導体装置（8）を実装するための第2の基板側電極パッドと、前記第1、第2の基板側電極パッドを電氣的に接続する電気配線とが予め形成された基板（1）と、この基板上に形成された光導波路（3b, 3c）と、前記基板上において実装後の前記面型光素子の光路と前記光導波路の光路とが交差する位置に形成された傾斜ミラー（11）と、前記発光部若しくは受光部と前記光導波路とが前記傾斜ミラーを介して光学的に結合するよう位置合わせされた上で前記光導波路

の上面に実装され、前記第1の基板側電極パッドと面型光素子側電極パッドとがフリップチップ接続された面型光素子と、前記基板上に実装され、前記第2の基板側電極パッドと電極とが接続された半導体装置とを有するものである。

【0018】また、本発明の光モジュールの1構成例において、前記面型光素子（5a）は、複数の前記発光部若しくは受光部を備え、前記光導波路は、複数の前記発光部若しくは受光部に応じて前記基板上に複数形成され、前記面型光素子を複数の前記光導波路で支持するものである。また、本発明の光モジュールの1構成例において、前記光導波路は、前記基板上の複数の方向に形成されるものである。また、本発明の光モジュールの1構成例は、突起状の発光部若しくは受光部を有する前記面型光素子に対し、前記発光部若しくは受光部の高さより厚いスペーサ（6）を、前記発光部若しくは受光部を避けるようにして前記面型光素子の下面と前記光導波路の上面との間に配置するものである。このように、スペーサを用いることにより、面型光素子の発光部若しくは受光部と光導波路上面との間に隙間を作ることができる。また、本発明の光モジュールの1構成例は、突起状の発光部若しくは受光部を有する前記面型光素子に対し、前記光導波路上面の前記発光部若しくは受光部に対応する位置に、前記発光部若しくは受光部の高さより深い逃げ部（10）を有するものである。このように、光導波路上面の発光部若しくは受光部に対応する位置に逃げ部を設けることにより、面型光素子の発光部若しくは受光部と光導波路上面との間に隙間を作ることができる。

【0019】また、本発明の光モジュールの1構成例は、前記面型光素子の端面を係止するストッパ（12）を前記光導波路上面に有するものである。このように、水平方向においても面型光素子のパッシブアラインを達成するために、光導波路上面にストッパを設ける。また、本発明の光モジュールの1構成例において、前記傾斜ミラーは、前記光導波路の端面に形成された傾斜面からなるものである。また、本発明の光モジュールの1構成例において、前記光導波路は、コア層（7-2）が露出した光導波路である。コア層が露出した光導波路を用いることにより、面型光素子と光導波路コアとの間の間隙が小さくなる。また、本発明の光モジュールの1構成例において、前記基板（1a）は、前記光導波路を収容する窪み（16）を有するものである。

【0020】また、本発明の光モジュールの実装方法は、発光部若しくは受光部と面型光素子側パッドとが同じ側の面に設けられた面型光素子を実装するための基板側パッドを基板上に形成する工程と、前記基板上に光導波路を形成し、この光導波路の端面に傾斜ミラーを形成する工程と、前記面型光素子の発光部若しくは受光部と前記光導波路とが前記傾斜ミラーを介して光学的に結合するよう位置合わせした上で前記面型光素子の下面と前

記光導波路の上面とを当接させ、前記面型光素子の面型光素子側パッドと前記基板側パッドとをハンダバンプによって接続することにより、前記面型光素子を前記光導波路上に実装する工程とを実行するようにしたものである。また、本発明の光モジュールの実装方法は、発光部若しくは受光部と面型光素子側パッドとが同じ側の面に設けられた面型光素子を実装するための基板側パッドを基板上に形成する工程と、前記基板上に光導波路を形成する工程と、前記基板上において実装後の前記面型光素子の光路と前記光導波路の光路とが交差する位置に傾斜ミラーを形成する工程と、前記面型光素子の発光部若しくは受光部と前記光導波路とが前記傾斜ミラーを介して光学的に結合するよう位置合わせした上で前記面型光素子の下面と前記光導波路の上面とを当接させ、前記面型光素子の面型光素子側パッドと前記基板側パッドとをハンダバンプによって接続することにより、前記面型光素子を前記光導波路上に実装する工程とを実行するようにしたものである。また、本発明の光モジュールの実装方法は、発光部若しくは受光部と面型光素子側電極パッドとが同じ側の面に設けられた面型光素子を実装するための第1の基板側電極パッドと、半導体装置を実装するための第2の基板側電極パッドと、前記第1、第2の基板側電極パッドを電気的に接続する電気配線とを基板上に形成する工程と、前記基板上に光導波路を形成し、この光導波路の端面に傾斜ミラーを形成する工程と、前記面型光素子の発光部若しくは受光部と前記光導波路とが前記傾斜ミラーを介して光学的に結合するよう位置合わせした上で前記面型光素子の下面と前記光導波路の上面とを当接させ、前記面型光素子側電極パッドと前記第1の基板側電極パッドとをフリップチップ接続することにより、前記面型光素子を前記光導波路上に実装する工程と、前記半導体装置の電極と前記第2の基板側電極パッドとを接続することにより、前記半導体装置を前記基板上に実装する工程とを実行するようにしたものである。また、本発明の光モジュールの実装方法は、発光部若しくは受光部と面型光素子側電極パッドとが同じ側の面に設けられた面型光素子を実装するための第1の基板側電極パッドと、半導体装置を実装するための第2の基板側電極パッドと、前記第1、第2の基板側電極パッドを電気的に接続する電気配線とを基板上に形成する工程と、前記基板上に光導波路を形成する工程と、前記基板上において実装後の前記面型光素子の光路と前記光導波路の光路とが交差する位置に傾斜ミラーを形成する工程と、前記面型光素子の発光部若しくは受光部と前記光導波路とが前記傾斜ミラーを介して光学的に結合するよう位置合わせした上で前記面型光素子の下面と前記光導波路の上面とを当接させ、前記面型光素子側電極パッドと前記第1の基板側電極パッドとをフリップチップ接続することにより、前記面型光素子を前記光導波路上に実装する工程と、前記半導体装置の電極と前記第2の基板側電極

パッドとを接続することにより、前記半導体装置を前記基板上に実装する工程とを実行するようにしたものである。

【0021】また、本発明の光モジュールの実装方法の1構成例は、前記基板側パッド又は第1の基板側電極パッド上に前記光導波路の上面よりも高いハンダバンプを形成し、このハンダバンプを溶融させて前記面型光素子側パッド又は面型光素子側電極パッドと融着させ、前記面型光素子を前記光導波路に当接するまで降下させ、前記ハンダバンプを冷却硬化させることにより、前記面型光素子側パッド又は面型光素子側電極パッドと前記基板側パッド又は第1の基板側電極パッドとを接続するようにしたものである。また、本発明の光モジュールの実装方法の1構成例は、複数の前記発光部若しくは受光部を備えた面型光素子に応じて、前記光導波路を前記基板上に複数形成し、前記面型光素子を複数の前記光導波路で支持するようにしたものである。また、本発明の光モジュールの実装方法の1構成例は、前記光導波路を前記基板上の複数の方向に形成するようにしたものである。また、本発明の光モジュールの実装方法の1構成例は、突起状の発光部若しくは受光部を有する前記面型光素子を前記光導波路上に実装する際、前記発光部若しくは受光部の高さより厚いスペーサを、前記発光部若しくは受光部を避けるようにして前記面型光素子の下面と前記光導波路の上面との間に配置するようにしたものである。また、本発明の光モジュールの実装方法の1構成例は、ウェハ上に樹脂をスピン塗布し、フィルム状となった前記樹脂を硬化後に前記ウェハより剥離することにより、前記スペーサを作製するようにしたものである。また、本発明の光モジュールの実装方法の1構成例は、突起状の発光部若しくは受光部を有する前記面型光素子に対し、前記光導波路上面の前記発光部若しくは受光部に対応する位置に、前記発光部若しくは受光部の高さより深い逃げ部を設けるようにしたものである。また、本発明の光モジュールの実装方法の1構成例は、ウェットエッチング若しくはドライエッチングによって前記光導波路上面の逃げ部を形成するようにしたものである。

【0022】また、本発明の光モジュールの実装方法の1構成例は、前記面型光素子の端面に係止するストッパを前記光導波路上面に形成するようにしたものである。また、本発明の光モジュールの実装方法の1構成例は、前記面型光素子の前記光導波路上への実装をフリップチップボンダによって行い、この実装時に前記面型光素子より大きいコレットによって前記面型光素子を前記基板面に対して常に平行となるように把持するようにしたものである。また、本発明の光モジュールの実装方法の1構成例は、前記光導波路の端面に傾斜面を形成することにより前記傾斜ミラーを形成するようにしたものである。また、本発明の光モジュールの実装方法の1構成例において、前記光導波路は、コア層が露出した光導波路

である。また、本発明の光モジュールの実装方法の1構成例は、前記基板に設けた窪みに前記光導波路を収容するようにしたものである。

【0023】

【発明の実施の形態】〔第1の実施の形態〕以下、本発明の目的、特徴および利点を明確にすべく、添付した図面を参照しながら、本発明の実施の形態を以下に詳述する。図1は本発明の第1の実施の形態となる光モジュールの構造を示す断面図である。本実施の形態は、発光するレーザ光の波長が650nm、850nm、1300nm、1550nm等の垂直共振器型面発光レーザ（Vertical cavity surface-emitting Laser、以下、VCSELとする）を光導波路基板上に実装する例である。

【0024】材質が有機樹脂、セラミック、ガラスあるいはシリコン等からなる基板1上に光導波路3を形成し、また面型光素子であるVCSEL5を実装するための第1の基板側電極パッド13と、半導体装置であるLSI8を実装するための第2の基板側電極パッド（不図示）と、パッド13、14間を電気的に接続する電気配線（不図示）とを基板1上に金属パターンで形成する。

【0025】光導波路3は、図1に示すように、下側の第1のクラッド層7-1の上に光導波路コア7-2の層を形成し、光導波路コア7-2を上側の第2のクラッド層7-3で被覆する構造である。光導波路3は、ポリイミド樹脂、エポキシ樹脂、シロキサンポリマーなどの有機樹脂、あるいはガラス等から構成される。この光導波路3の一端を45度斜め端とし、45度傾斜ミラー4として機能させる。

【0026】45度傾斜ミラー4の形成方法としては、別途作製した、45度端面加工されたフィルム状光導波路を貼り付ける方法や、基板1上に垂直端面の光導波路3を積層形成した後に基板1を45度傾斜させてRIE（反応性イオンエッチング）等により光導波路3の端面を45度の角度になるようにエッチングする方法がある。45度傾斜ミラー4の反射率を向上させるため、ミラー4にはアルミニウム、金、銀、銅あるいはチタンなどの金属を蒸着することが望ましい。

【0027】基板側電極パッド13は、直径70μmの円形、八角形あるいは矩形で形成され、基板側電極パッド13の間隔は105μmに設定される。VCSEL5の電極パッド14は、基板側電極パッド13の寸法と同等に形成することが望ましい。基板1に形成する基板側電極パッド13については、パッド面より大きい金属パターンをその周辺部を絶縁樹脂で被覆し、その絶縁樹脂で被覆されない開口部をパッドとして用いてもよい。また、このときの絶縁樹脂は光導波路の第1のクラッド層7-1あるいは光導波路コア7-2により形成してもよい。

【0028】次に、基板1上の第1の基板側電極パッド13にスズ鉛合金はんだ、銀スズはんだ、金スズはんだ

あるいは銀スズはんだ等からなるハンダバンプ2-1を光導波路3の高さ以上の高さに形成する。また、第2の基板側電極パッド（不図示）に同様の材料のハンダバンプ2-2を形成する。

【0029】VCSEL5には電極パッド14と発光部15とが同じ側の面に設けられている。VCSEL5の電極パッド14と発光部15とを下に向け、光導波路3の上面を基準面として光導波路3の上面にVCSEL5を当接させて実装する。本実施形態では、発光部15が突起状になっているVCSEL5を実装する場合を例示している。したがって、VCSEL5の発光部15を実装時に破損させないため、発光部15の高さより厚いスペーサ6をVCSEL5と光導波路3との間に配置する。スペーサ6の厚さは、発光部15の高さが例えば10μmの場合、15～20μm程度である。

【0030】スペーサ6の材料については、面型光素子の実装時の処理温度に対する耐熱性の高いポリイミド等が好適である。スペーサ6を作製する場合、ポリイミド等をウェハ上にスピン塗布した後硬化させ、剥離して、フィルム状とすることで高精度な厚さの物が得られる。そして、作製したスペーサ6を接着剤で光導波路3上に接着する。

【0031】次に、VCSEL5を実装するためにハンダバンプ2-1を溶融させ、VCSEL5の電極パッド14をハンダバンプ2-1に当接させることで、溶融されたハンダバンプ2-1が表面張力で電極パッド14に融着する。そして、VCSEL5をスペーサ6に当接するまで降下させ、その後ハンダバンプ2-1を冷却硬化させることで、VCSEL5の下面をスペーサ6の上面に当接させ、かつハンダバンプ2-1の高さがスペーサ6の上面の高さと同じ高さに合うように実装する。

【0032】VCSEL5の発光部15から出射したレーザ光は、光導波路3上面より入射し、45度傾斜ミラー4で反射して、光導波路コア7-2に入射し、光コネクタ9へ伝送される。こうして、45度傾斜ミラー4で略90度の光路変換が行われることにより、VCSEL5と光導波路3とが光学的に結合される。

【0033】前述のとおり、VCSEL5と基板1との電気的な接続はハンダバンプ2-1によるフリップチップ接続によって行われる。同様に、LSI8は、ハンダバンプ2-2を溶融させ、LSI8の電極パッド（不図示）をハンダバンプ2-2に当接させることで、基板1上に実装される。

【0034】光導波路3の材料はポリマー系、石英系などいずれも熱伝導性が低く、光導波路3上面にVCSEL5やLSI8を実装すると放熱性が損なわれる。また、本実施の形態のように、VCSEL5だけを光導波路3上に実装し、LSI8や他の電子部品を基板1上に実装すると、VCSEL5とLSI8との間の電気配線に段差が生じ、配線パターン形成プロセスが困難になる

と共に、伝送周波数特性も損なわれる。

【0035】このような問題は、ハンダバンプ2-1、2-2によって解決することができる。すなわち、VCSEL5やLSI8をハンダバンプ2-1、2-2を用いて基板1と直接フリップチップ接続することにより、ハンダバンプ2-1、2-2を介して放熱することができると共に、VCSEL5とLSI8とを基板1の段差のない電気配線（不図示）で良好に接続できる。

【0036】本実施の形態では、埋め込み型光導波路3の第2のクラッド層7-3の上にスペーサ6を設ける構造を例示したが、光導波路3として上部の第2のクラッド層7-3を持たない光導波路コア7-2が露出したリッジ型導波路を採用してもよい。光導波路コア7-2を露出させた上にスペーサ6を設置し、その上に面型光素子を実装することにより、面型光素子と光導波路コア7-2との間の間隙が小さくなるので、面型光素子からの光束の発散を少なくすることができる。

【0037】以上のように、本実施の形態では、面型光素子だけを光導波路3上に実装し、面型光素子及び半導体装置と基板1とをフリップチップ接続して、面型光素子と半導体装置間を基板1上の電気配線で接続するようにしたことにより、面型光素子と光導波路との光学的結合及び面型光素子と半導体装置との電氣的接続を簡素な構造で実現することができ、かつ面型光素子と光導波路とのギャップを高精度に制御することができる。

【0038】〔第2の実施の形態〕図2は本発明の第2の実施の形態となる光モジュールの構造を示す断面図であり、図1と同一の構成には同一の符号を付してある。第1の実施の形態では、VCSEL5の発光部15の突起を保護するためにスペーサ6を介してVCSEL5を光導波路3上に実装したが、図2に示すように、光導波路3a上面の発光部15に対応する位置に、発光部15の高さより深い切り欠き若しくは窪みからなる逃げ部10を形成してもよい。

【0039】逃げ部10は、フォトリソグラフィおよびアルカリ薬液によるウェットエッチングや、RIE（反応性イオンエッチング）等のドライエッチングによって形成することができる。本実施の形態では、VCSEL5を実装する際に、溶融させたハンダバンプ2-1にVCSEL5の電極パッド14を当接させて、VCSEL5の下面が光導波路3aの上面に当接するまでVCSEL5を降下させ、その後にハンダバンプ2-1を冷却硬化させることにより、VCSEL5の下面を光導波路3aの上面に当接させ、かつハンダバンプ2-1の高さが光導波路3aの上面の高さと同じ高さに合うように実装する。

【0040】スペーサ6を用いる第1の実施の形態ではスペーサ6を光導波路3上に接着する接着剤の種類やVCSEL実装時の処理温度に対するスペーサ6の耐熱性などに留意する必要があるが、本実施の形態ではその必

要がないという利点がある。

【0041】〔第3の実施の形態〕図3は本発明の第3の実施の形態となる光モジュールの構造を示す断面図であり、図1と同一の構成には同一の符号を付してある。第1の実施の形態では、端面を傾斜ミラーとした光導波路3を用いたが、図3に示すように光導波路3bの端面を垂直端面とし、光路の垂直変換のために45度の鏡面を持つ傾斜ミラー11を基板1上に設置するようにしてもよい。この場合は、実装後のVCSEL5の光路と光導波路3bの光路とが交差する予定の位置に傾斜ミラー11を形成する。傾斜ミラー11は、例えば図4（a）に示すようにシリコン基板100に異方性エッチングによって形成したV字型の溝に金属101を蒸着し、このような構造を図4（b）のように逆さまにして基板1に金属101を圧着させることで形成することができる（図4（c））。こうして、第1の実施の形態と同様の効果を得ることができる。

【0042】〔第4の実施の形態〕図5は本発明の第4の実施の形態となる光モジュールの構造を示す断面図であり、図1と同一の構成には同一の符号を付してある。第3の実施の形態では、光導波路3bの端面を垂直端面としたが、傾斜ミラー11を基板1上に設ける場合、図5に示すように光導波路3cの端面を斜面としてもよい。この斜面は、基板1の垂直方向に対して例えば7度あるいは8度程度傾いている。

【0043】光導波路3cの端面の形成方法としては、別途作製した傾斜端面を有するフィルム状光導波路を光導波路3cの端面に貼り付ける方法や、基板1に垂直端面の光導波路3cを積層形成した後に基板1を傾斜させてRIE等により光導波路3cの端面をエッチングする方法がある。本実施の形態では、光導波路3cの端面での近端反射の影響を抑えることができる。なお、第3、第4の実施の形態に第2の実施の形態を組み合わせてもよいことは言うまでもない。

【0044】〔第5の実施の形態〕図6は本発明の第5の実施の形態となる光モジュールの構造を示す斜視図であり、図1と同一の構成には同一の符号を付してある。本実施の形態は、VCSEL5の水平方向の位置決めを行うストッパ12を光導波路3上に設けたものである。

【0045】ストッパ12の材料としては、VCSEL5の実装時の処理温度に対する耐熱性が高く、形成が容易なポリイミド等が好適である。ストッパ12を形成する場合、光導波路3の上面にポリイミド等をスピン塗布して硬化させた後、フォトリソグラフィおよびアルカリ薬液によるウェットエッチングや、RIE（反応性イオンエッチング）等のドライエッチングによってパターンニング成形することができる。

【0046】ストッパ12にVCSEL5の端面に係止させることで、VCSEL5の水平方向を位置決めする。こうして、本実施の形態では、VCSEL5の垂直

方向の位置決めを光導波路3で行い、VCSEL5の水平方向の位置決めをストッパ12で行うことが可能であり、従来のように光導波路3にマーカを設ける必要がなくなる。なお、本実施の形態には、第1～第4の実施の形態を適宜組み合わせることができる。

【0047】[第6の実施の形態] 図7は本発明の第6の実施の形態となる光モジュールの構造を示す断面図であり、図1と同一の構成には同一の符号を付してある。第1～第5の実施の形態では、複数の発光部15が1列（図1～図3、図5の奥行き方向）に配置された1列多チャンネルのVCSEL5あるいは発光部15が1つだけの単チャンネルのVCSEL5を例に挙げて説明したが、本実施の形態は、複数の発光部15が2列に配置された2列多チャンネルの2次元VCSEL5aを基板1に実装する。

【0048】発光部15の列が左右に1つずつあるため、光導波路3及びスペーサ6もVCSEL5aの左右に対応する位置に発光部15の数に応じて複数設け、第1の実施の形態と同様にしてVCSEL5aを実装し、左右の発光部15を対応する光導波路3と光学的に結合する。こうして、本実施の形態では、VCSEL5aの両端を左右の光導波路3で支えるため、第1の実施の形態よりも安定的にVCSEL5aを搭載することができる。なお、本実施の形態には、第1～第5の実施の形態を適宜組み合わせることができる。

【0049】[第7の実施の形態] 図8は本発明の第7の実施の形態となる光モジュールの構造を示す断面図であり、図1と同一の構成には同一の符号を付してある。第1～第6の実施の形態では、光導波路の厚さが厚い場合、例えば150 μm を超えるような場合で、かつハンダバンプ2-1のピッチが125 μm 程度と狭い場合、ハンダバンプ2-1が大型化するために隣接するバンプ2同士がブリッジ（短絡）してしまうことが懸念される。

【0050】そこで、本実施の形態では、基板側電極パッド13を形成する基板1aの上面よりも高さの低い窪み16を設け、この窪み16の中に光導波路3を形成する。VCSEL5の搭載の仕方は第1の実施の形態と同様である。基板1aに窪み16を形成する場合、基板材料がシリコンであれば水酸化カリウム溶液によるウエットエッチングで形成可能であり、セラミック基板であれば積層するシートの形状を工夫することで形成可能である。

【0051】こうして、本実施の形態では、基板側電極パッド13を形成する基板1aの上面よりも低い位置に光導波路3を形成するので、ハンダバンプ2-1の高さを低くすることができ、バンプ2同士のブリッジを避けることができる。なお、本実施の形態には、第1～第6の実施の形態を適宜組み合わせることができる。

【0052】以上説明した第1～第7の実施の形態で

は、面型光素子の1例として、面発光素子であるVCSELの実装を例に挙げて説明したが、フォトダイオード（Photo diode、以下、PDとする）等の面受光素子の実装に本発明を適用してもよい。

【0053】[第8の実施の形態] 以下、本発明のより具体的な実施の形態について説明する。第1～第7の実施の形態において、面型光素子の搭載はフリップチップマウンタによって行うことが望ましい。搭載方法としては、まず面型光素子をコレットによって吸着して基板1、1aに対して平行に保持し、面内方向のアライメントを行う。アライメントは通常フリップチップボンダに設けられている上向きおよび下向きカメラにより、基板面の基板側電極パッド13と面型光素子側電極パッド14との2重像を見てこれらの電極パッド13、14が合致するように位置調整することで行うが、より高精度な位置ずれ $\pm 1\mu\text{m}$ 以下の実装を求められる場合は、基板1、1aと面型光素子に赤外光を透過させ、透過光を見て位置調整することで行う。

【0054】次に、基板1、1aおよびコレットを加熱してハンダバンプ2-1を溶融させつつ、面型光素子に荷重をかけて面型光素子の下面を光導波路3、3a、3b、3c（又はスペーサ6）の上面に当接させる。最後に、基板1、1aおよびコレットを冷却し、ハンダバンプ2-1を固化させて搭載を完了する。なお、コレットの穴径は直径0.1mm程度のものが必要である。

【0055】ここで、コレットのサイズは、実装する面型光素子よりも大きくなければならない。その理由は、面型光素子よりも小さなサイズのコレットを用いて面型光素子を光導波路3、3a、3b、3c上面に押圧した場合、面型光素子が傾いてしまう恐れがあるからである。このコレットは、基板面に対して常に平行となるように面型光素子を吸着する。

【0056】光導波路3、3a、3b、3cの厚さは、シングルモードの場合で30 μm 、マルチモードで100 μm 程度が一般的である。その内訳は、シングルモードの場合、第1のクラッド層7-1が15 μm 、光導波路コア7-2が5 μm 、第2のクラッド層7-3が10 μm 程度で、マルチモードの場合、第1のクラッド層7-1が30 μm 、光導波路コア7-2が40 μm 、第2のクラッド層7-3が30 μm 程度である。

【0057】45度傾斜ミラー4及び傾斜ミラー11の角度は45度が理想的であるが、VCSEL5の代わりにPDを実装する場合は45度でなくても用を成す。すなわち、面受光タイプのPDを基板1に実装する場合は、光導波路3、3aの端面あるいは基板状に例えば41度あるいは49度のミラーを形成してもよい。これにより、光導波路3、3aから出射してミラーで反射した光は、基板1の垂直方向から8度傾き、PDの水平な受光面に対して傾いて入射するため、PDでの反射光が入射光と同じ光路を逆に辿って光導波路3、3aを逆行す

ることを防ぐことができる。

【0058】第1～第6の実施の形態では、バンプ溶融接続を確実にを行うため、面型光素子を実装する前のハンダバンプ2-1の高さを光導波路3、3a、3b、3cの厚さよりも高くする（スペーサ6を使用しない場合）。また、スペーサ6を使用する場合、面型光素子を実装する前のハンダバンプ2-1の高さを、光導波路3、3a、3b、3cとスペーサ6の合計の厚さよりも高くする。例えば、マルチモード光導波路を形成した基板については、その光導波路の厚さ100 μm 以上の直径の150 μm あるいは110 μm のハンダバンプ2-1を形成する。

【0059】ハンダバンプ2-1、2-2の材料は、信頼性の面で実績があるAu-Snが好適であるが、基板1、1aの材料や光導波路3、3a、3b、3cの材料が耐熱性の低いものである場合はAg-Sn系等のより低融点の材料を用いる必要がある。この他のハンダバンプ2-1としては、基板側電極パッド13の上に80 μm の厚さの銅、金、あるいはニッケル等の金属めっきを形成し、その上に30 μm 程度の金スズ、あるいは銀スズめっきを形成することで光導波路3の厚さにスペーサ6の厚さを加えた高さに形成したハンダバンプ2-1を用いても良い。こうする場合は、ハンダバンプ2-1を形成する基板側電極パッド13は30 μm 程度の直径にし、基板側電極パッド13の間隙も40 μm 程度に小さくすることができる。

【0060】また、ハンダバンプ2-1は、この他に以下のように形成しても良い。すなわち、パッド面より大きい金属パターンの周辺部を光導波路3、3a、3b、3cの第1のクラッド層7-1及び光導波路コア7-2の有機樹脂で被覆し、この有機樹脂で被覆されない開口部を基板側電極パッド13のパッド面とし、この基板側電極パッド13の上に光導波路コア7-2の上面まで金属めっきを形成し、その後に基板側電極パッド13の位置にパッド面の寸法以上の開口を形成した第2のクラッド層7-3を形成する。

【0061】そして、基板側電極パッド13上に形成した金属めっきの上に金スズあるいは銀スズのハンダバンプ2-1を第2のクラッド層7-3の上面よりも高い位置まで形成する。このような方法により、光導波路3、3a、3b、3cの形成位置に合わせた位置に基板側電極パッド13を形成でき、しかも加熱溶融する金スズあるいは銀スズのハンダバンプ2-1の容積を小さくできるので、基板側電極パッド13の間隙を小さく高密度に形成できる効果がある。

【0062】基板1、1aの材料については、シリコン、セラミック、ガラスエポキシ等が考えられるが、本発明を実施するにあたっては特に基板材料の選択を制限する要素はない。

【0063】なお、本発明は上記各実施の形態に限定さ

れず、本発明の技術思想の範囲内において、各実施の形態は適宜変更され得ることは明らかである。例えば、上記の実施の形態では、ハンダバンプ2-1が電気的な接続の役割も担っているが、面型光素子の実装と放熱のみを目的としてハンダバンプを用いてもよい。この場合、基板側電極パッド13は基板側パッドに、面型光素子側電極パッド14は面型光素子側パッドになることは言うまでもない。また、面型光素子の1例として、VCSELやPDを例に挙げて説明したが、これに限るものではなく、発光ダイオード(LD)にも本発明を適用することができる。

【0064】

【発明の効果】本発明によれば、面型光素子を光導波路の上面に実装することにより、面型光素子と光導波路との光学的結合を簡素な構造で実現することができ、かつ面型光素子と光導波路とのギャップを零にすることができる。また、面型光素子と基板とをハンダバンプによって接続するので、面型光素子の発熱をハンダバンプを通じて効率的に基板に逃がすことができる。さらに、ハンダバンプを予め基板側に形成しておくことにより、実装時に面型光素子に加わる熱を最小限にとどめてハンダバンプを溶融できるので、熱ストレスによる面型光素子の劣化を少なくすることができる。

【0065】また、面型光素子だけを光導波路上に実装し、面型光素子及び半導体装置と基板とをフリップチップ接続して、面型光素子と半導体装置間を基板上の電気配線で接続するようにしたことにより、面型光素子と光導波路との光学的結合及び面型光素子と半導体装置との電気的接続を簡素な構造で実現することができ、かつ面型光素子と光導波路とのギャップを零にすることができる。また、面型光素子と基板とをフリップチップ接続するので、面型光素子の発熱をハンダバンプを通じて効率的に基板に逃がすことができる。さらに、面型光素子及び半導体装置と基板とをフリップチップ接続することにより、面型光素子と半導体装置との配線接続を段差なく基板平面上で行うことができ、プロセスが容易で高速伝送においても有利である効果がある。さらに、ハンダバンプを予め基板側に形成しておくことにより、実装時に面型光素子に加わる熱を最小限にとどめてハンダバンプを溶融できるので、熱ストレスによる面型光素子の劣化を少なくすることができる。

【0066】また、基板上において実装後の面型光素子の光路と光導波路の光路とが交差する位置に傾斜ミラーを形成することにより、光導波路の端面に傾斜ミラーを形成した場合と同様の効果を得ることができる。

【0067】また、基板側パッド又は第1の基板側電極パッド上に光導波路の上面よりも高いハンダバンプを形成し、このハンダバンプを溶融させて面型光素子側パッド又は面型光素子側電極パッドと融着させ、面型光素子を光導波路に当接するまで降下させ、ハンダバンプを冷

却硬化させることにより、面型光素子側パッド又は面型光素子側電極パッドと基板側パッド又は第1の基板側電極パッドとの接続を確実に行うことができる。また、ハンダバンプを溶融させ、面型光素子を降下させながら実装することにより、面型光素子を光導波路上面に当接させ実装することができる。

【0068】また、面型光素子を複数の光導波路で支持することにより、面型光素子を安定して搭載することができる。

【0069】また、発光部若しくは受光部の高さより厚いスペーサを、発光部若しくは受光部を避けるようにして面型光素子の下面と光導波路の上面との間に配置することにより、面型光素子の発光部若しくは受光部が突起状である場合、発光部若しくは受光部の実装時の破損を防ぐことができる。

【0070】また、光導波路上面の発光部若しくは受光部に対応する位置に、発光部若しくは受光部の高さより深い逃げ部を設けることにより、面型光素子の発光部若しくは受光部が突起状である場合、スペーサを用いることなく、発光部若しくは受光部の実装時の破損を防ぐことができる。スペーサを使用しないことにより、スペーサを光導波路上面に接着する接着剤の種類や面型光素子実装時の処理温度に対するスペーサの耐熱性などに留意する必要がなくなる。

【0071】また、面型光素子の端面を係止するストッパを光導波路上面に設けることにより、面型光素子の垂直方向の位置決めを光導波路で行い、面型光素子の水平方向の位置決めをストッパで機械的に行うことができ、従来のように光導波路にマーカを設ける必要がなくなる。

【0072】また、面型光素子の実装時に面型光素子より大きいコレットによって面型光素子を基板面に対して常に平行となるように把持することにより、面型光素子を光導波路上面に水平に実装することができる。

【0073】また、光導波路の端面に形成した傾斜面を傾斜ミラーとすることにより、傾斜ミラーを容易に形成することができる。

【0074】また、コア層が露出した光導波路を用いることにより、面型光素子とコア層との間の間隙を小さくことができ、面型光素子からの光束の発散を少なく

することができる。

【0075】また、光導波路を収容する窪みを基板に設けることにより、第1の電極パッドを形成する基板の上面よりも低い位置に光導波路を形成することができるので、ハンダバンプの高さを低くすることができ、ハンダバンプ同士のブリッジを避けることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態となる光モジュールの構造を示す断面図である。

【図2】 本発明の第2の実施の形態となる光モジュールの構造を示す断面図である。

【図3】 本発明の第3の実施の形態となる光モジュールの構造を示す断面図である。

【図4】 本発明の第3の実施の形態における傾斜ミラーの形成方法を示す図である。

【図5】 本発明の第4の実施の形態となる光モジュールの構造を示す断面図である。

【図6】 本発明の第5の実施の形態となる光モジュールの構造を示す斜視図である。

【図7】 本発明の第6の実施の形態となる光モジュールの構造を示す断面図である。

【図8】 本発明の第7の実施の形態となる光モジュールの構造を示す断面図である。

【図9】 従来の光モジュールの構造を示す斜視図及び断面図である。

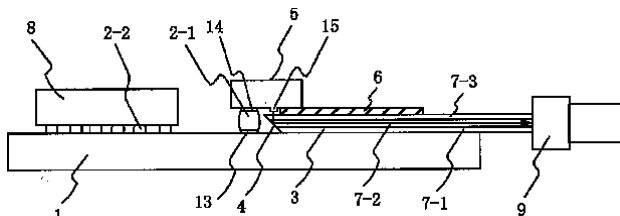
【図10】 従来の他の光モジュールの構造を示す断面図である。

【図11】 従来の他の光モジュールの光素子を搭載する前及び光素子を搭載した後の斜視図及び断面図である。

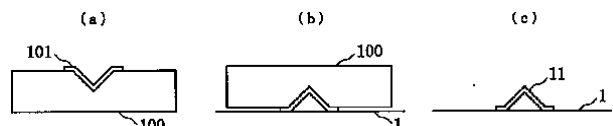
【符号の説明】

1、1a…基板、2-1、2-2…ハンダバンプ、3、3a、3b、3c…光導波路、4…45度傾斜ミラー、5、5a…VCSEL、6…スペーサ、7-1…第1のクラッド層、7-2…光導波路コア、7-3…第2のクラッド層、8…LSI、9…光コネクタ、10…逃げ部、11…傾斜ミラー、12…ストッパ、13…基板側電極パッド、14…面型光素子側電極パッド、15…発光部、16…基板窪み。

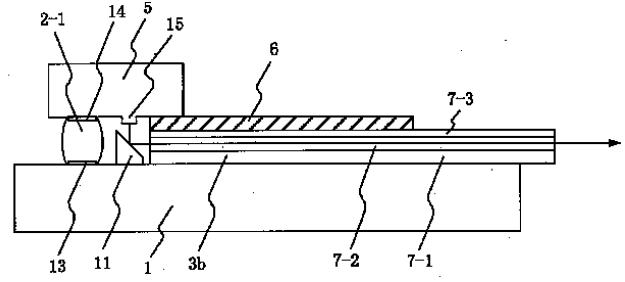
【図1】



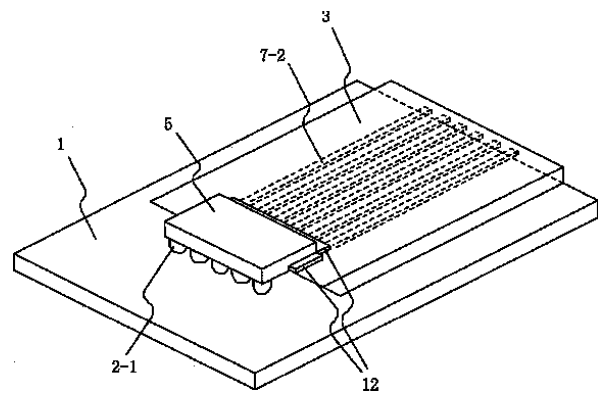
【図4】



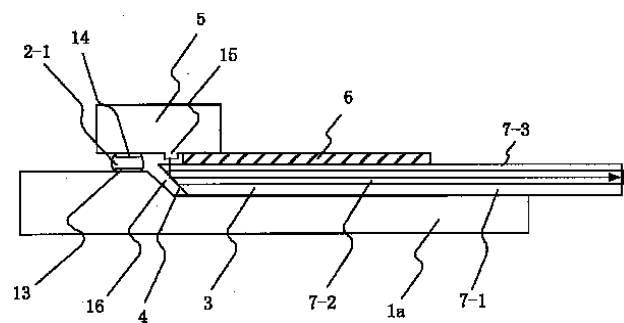
【図 3】



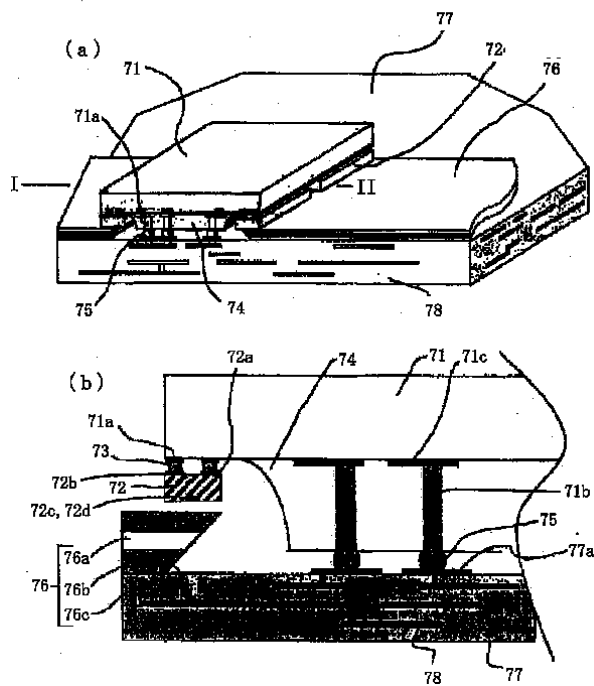
【図 6】



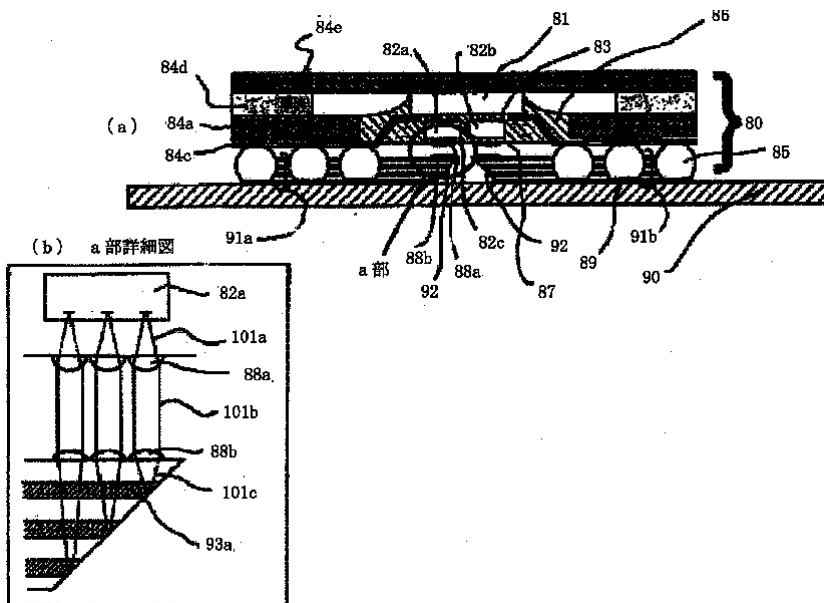
【図 8】



【図9】



【図10】



【図11】

