

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-85177

(P2006-85177A)

(43) 公開日 平成18年3月30日(2006.3.30)

| (51) Int. Cl. | F I | テーマコード (参考) |
|------------------------|--------------|-------------|
| GO2B 6/122 (2006.01) | GO2B 6/12 B | 2H137 |
| HO1S 5/022 (2006.01) | HO1S 5/022 | 2H147 |
| HO1L 31/0232 (2006.01) | HO1L 31/02 D | 2K002 |
| GO2B 6/26 (2006.01) | GO2B 6/26 | 5F088 |
| GO2B 6/42 (2006.01) | GO2B 6/42 | 5F173 |

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2005-270129 (P2005-270129)
 (22) 出願日 平成17年9月16日 (2005.9.16)
 (31) 優先権主張番号 10/944082
 (32) 優先日 平成16年9月17日 (2004.9.17)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 000005223
 富士通株式会社
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (72) 発明者 マイケル ジー リー
 アメリカ合衆国, カリフォルニア州 95120, サン・ノゼ, セイジ・オーク・ウェイ 6064番
 (72) 発明者 横内 貴志男
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光装置及び光装置を製造する方法

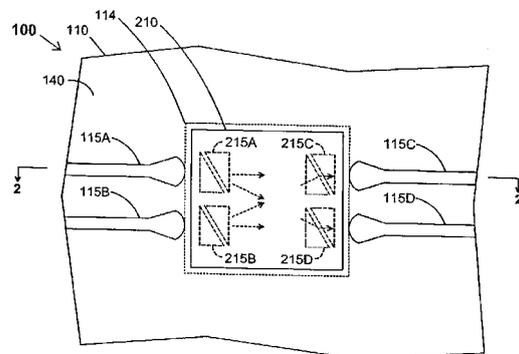
(57) 【要約】

【課題】 光 - 電気素子を光ルーティング基板上に高速に信頼性高く統合する装置及び方法を得ること。

【解決手段】 光電素子へ及びそこから光信号の高精度なアライメントが可能になり、素子のデバイスへの信号遅延を減らすために素子への電気的な相互接続経路を短縮することが可能になる。一例では素子の各々を受け入れるために光ルーティング基板上に接続領域が設けられる。素子と光信号を通信する1以上のウエーブガイドが接続領域に隣接して設けられる。複数の導電性パッドは、接続領域内に設けられ、半田や導電性接着剤等の物質により素子と相互接続するためのものである。複数のスペーサが導電性パッド間に散在しており、そのスペーサは接続領域及び素子の対向する表面間の間隔距離を設定し、光信号の高精度なアライメントをもたらす。

【選択図】 図1

本発明の一実施例による光装置の平面図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

上面を有する主基板；

前記主基板の上面に設けられ光電素子を受け入れる接続領域；

前記主基板の上面上に設けられ、第1端部及び第2端部を有し、前記上面上に設けられた下位クラディング層及び下位クラディング層上に設けられたコア層を更に有する第1のウエーブガイドであって、前記第1端部が前記接続領域の側に隣接して設けられる第1のウエーブガイド；

前記接続領域上に形成された絶縁層；

前記絶縁層に設けられ、前記接続領域上に設けられ、ある厚みを有する複数の導電性パッド；及び

前記絶縁層に設けられ、前記接続領域上に設けられた複数のスペーサ；

を有し、スペーサの各々は前記導電性パッドの厚みより厚い厚みを有し且つ導電性パッド各々から離れて位置する

ことを特徴とする光装置。

【請求項 2】

第1のコア層及び第1の下位クラディング層間の平らな界面が前記主基板の上面上の第1高度を定め、前記スペーサの上端が前記第1高度より下にある

ことを特徴とする請求項 1 記載の光装置。

【請求項 3】

各スペーサの厚みが下位クラディング層の厚みより薄い

ことを特徴とする請求項 1 記載の光装置。

【請求項 4】

前記絶縁層及び1つのスペーサの厚さの合計が下位クラディング層の厚みより少ないことを特徴とする請求項 1 記載の光装置。

【請求項 5】

前記絶縁層がエポキシより成る

ことを特徴とする請求項 1 記載の光装置。

【請求項 6】

1以上の追加的なウエーブガイドを更に有し、該追加的なウエーブガイドの各々は、前記主基板の上面上に設けられ、第1端部及び第2端部を有し、前記上面上に設けられた下位クラディング層及び下位クラディング層上に設けられたコア層を更に有し、追加的なウエーブガイド各々の第1端部が前記接続領域の側に隣接して設けられる

ことを特徴とする請求項 1 記載の光装置。

【請求項 7】

(a) 主基板の上面上に第1のウエーブガイドを形成する工程であって、該第1のウエーブガイドは下位クラディング層、コア層、第1端部及び第2端部を有し、前記第1のウエーブガイドの前記第1端部は光電素子の接続領域の側に隣接して設けられ、前記コア層及び前記下位クラディング層間の境界平面は前記主基板の上面より高い高度を有するところの工程；

(b) 前記接続領域上に絶縁層を形成する工程；

(c) 前記コア層及び下位クラディング層換の境界平面の高度より下にスペーサの上端が位置するように複数のスペーサを前記絶縁層上に形成する工程；

(d) 複数の導電性パッドを前記絶縁層上に形成する工程；

を有し、前記スペーサ及び導電性パッドは互いに離れて設けられる

ことを特徴とする光装置を製造する方法。

【請求項 8】

(d)の工程が(c)の工程に先行する

ことを特徴とする請求項 7 記載の方法。

【請求項 9】

10

20

30

40

50

(b)の工程が：

フォトエポキシ層を前記接続領域上に形成する工程；
フォトエポキシ層をあるパターンの化学線放射にさらす工程；及び
露光したフォトエポキシ層を現像する工程；
を有することを特徴とする請求項7記載の方法。

【請求項10】

(b)の工程が、マスクを用いて前記フォトエポキシ層をプラズマエッチングし、前記第1のウエーブガイドの第1端部に隣接する絶縁層の一部を除去する工程を更に有し、該工程はフォトエポキシ層を現像する工程の後に行われることを特徴とする請求項9記載の方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は光 - 電気デバイスに対する電気信号のコンパクトな相互接続を好ましくは利用する光 - 電気デバイスを光学経路に統合する方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

インターネット及び高速データ交換により送信される情報量は現在のところ高水準で急速に増加しつつある。インフォメーションテクノロジー(IT)業界は現在の電気素子、相互接続及び組み立て技術に関する物理的制約に既に遭遇している。

20

【0003】

本発明をなすに際して、本願発明者等は光装置が高速データ通信の可能性を提示していることを認識していた。なぜなら、ルーティング経路全体を通じてデータ通信は光学層内に滞在し、高価で複雑な電気 - 光インターフェースを必要としないからである。しかしながらそれは多数の光 - 電子デバイス及び高度な機能を備えた複雑な光通信システムを構築する必要がある。

【0004】

現在の非常に効果的な光 - 電子デバイスのいくつかは光システム全体を構築するには使用できない基板上に構築され、システム全体を構築できない理由は法外に高いコストがかかること及び/又はそのような基板は光システム全体を指示する程度には十分大きくないこと等による。この問題に対処する試みとして、効率的でない光 - 電子デバイスを使用するものがあり、その理由はそれらが大規模な光システムに使用される基板に容易に組み込むことができるからである。しかしながらこの手法は効率的でない光 - 電子デバイスを利用することに制約されるという欠点を有する。他の試みとして、先ず小さな個々の基板(ミニ基板)に光 - 電子デバイスを個々に作成し(一般的には1つの共通基板上に形成され、後にいくつかの小さな基板に分断される)、それに続いてミニ基板を光システムの主基板に取り付け、その後ミニ基板の周囲に光システムの光ウエーブガイド構造を形成する方法に頼るものがある。しかしながらこの手法は高価であり、光コア層のミスアライメント(不整合)を招きやすく、通常は(ミニ基板の厚みを減らすため)ミニ基板の高精度な研磨を必要とし、光システムを製造する処理温度を、仕上がったミニ基板が耐えることのできる高温に拘束する。光素子の不整合は光信号の深刻な減衰をもたらす。不整合の可能性は光システムの設計時に考察されなければならない、その考察は通常的には光システムのサイズ及び/又は機能を制約する。

30

40

【0005】

本発明はこれらの問題を克服する観点からなされる。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

従って本発明の課題は光ルーティング基板等に光 - 電子素子を高速で信頼性高く統合す

50

るのを可能にすることである。

【0007】

本発明の更なる課題は光 - 電子素子及び光ルーティング基板間での光信号の低損失カップリングを可能にすることである。

【0008】

本発明の更なる課題は光 - 電子素子及び光ルーティング基板間での光信号の低損失カップリングと光ルーティング基板から光 - 電子素子への電気信号の高速接続との双方を可能にすることである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

概して本発明は、光 - 電気素子（光電素子）へ及びそこからの光信号の高精度なアライメントを可能にし、光 - 電気素子のデバイスへの信号遅延を減らすために素子への電気的な相互接続経路を短縮できる手法により、光 - 電気素子を光ルーティング基板上に高速に信頼性高く統合することを可能にする装置及び方法を包含する。光電素子の各々について光ルーティング基板上に接続領域が設けられる。接続領域上に設けられる素子と光信号を通信する（即ち、送信及び/又は受信する）1以上のウエーブガイドが接続領域に隣接して設けられる。複数の導電性パッドは接続領域内に設けられ、導電性パッドは半田や導電性接着剤等の物質により光電素子と相互接続するためのものである。複数の（好ましくは少なくとも3つの）スペーサも接続領域内に設けられ、導電性パッド間に散在しており、そのスペーサは接続領域及び光電素子の対向する表面間の間隔距離を設定する。スペーサの厚みは、導電性パッドの厚みより厚く、ウエーブガイドのコア層が光電素子のコア層と整合するように選択される。この整合性は光電素子への及びそこからの光信号を結合する際の光損失を顕著に減らす。

【0010】

本発明をなす一部として、光ルーティングの用途に使用される従来の基板の上表面は高電位の導電性パッドから別の導電性パッドへ漏れ電流が流れることを許し、同時に又は同じ電位/極性に切り換えられるようにはサポートされていないことを本発明者等は見出している。これらの漏れ電流を排除するため、導電性パッド及びスペーサは良好な高電位絶縁特性を有する絶縁層上に形成されるのが好ましい。

【0011】

絶縁層上にスペーサ及び導電性パッドを設ける構造は、少ない漏れ電流で短い相互接続距離で高電圧信号を光電素子に与えることと、その素子へ及び素子からの光信号を結合する際の光損失を減らすこととを同時に可能にする。更に本発明による構造は接続領域上に素子を高速且つ高精度に配置するようにフリップチップボンディング法を使用可能にする。

【0012】

本発明による光装置を製造する方法例は、主基板のトップ表面上に少なくとも第1のウエーブガイドを形成し、その第1のウエーブガイドは低位クラディング層、コア層、第1端部及び第2端部を有する。ウエーブガイドの第1端部は光電素子の接続領域の側に隣接して設けられる。その後絶縁層が接続領域上に形成され、複数のスペーサ及び導電性パッドが絶縁層上に形成され、スペーサ及び導電性パッドは互いに別々に設けられる。スペーサの上端が第1のウエーブガイドのコア層及び下位クラディング層の間の界面で規定される高さより下になるようにスペーサは形成される。スペーサの形成は導電性パッドの形成に先行してもよいし、或いは導電性パッドの形成がスペーサの形成に先行してもよい。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

本発明に関する上記及び他の事項は明細書、特許請求の範囲及び図面により当業者に明白になるであろう。

【実施例1】

10

20

30

40

50

【 0 0 1 4 】

図 1 - 3 に本発明の第 1 実施例による光装置 1 0 0 が示されている。図 1 には光装置 1 0 0 の平面図が示され、図 2 には側面図が示され、図 3 には素子の除去された第 2 の平面図が示されている（以下に説明される）。図 1 を参照するに、装置 1 0 0 はトップ表面を有するメイン光ボード 1 1 0 と光電素子 2 1 0 を受け入れるトップ表面上に設けられた接続領域 1 1 4 とを有する。メイン光ボード 1 1 0 は複数の光ウエーブガイド 1 1 5 A - 1 1 5 D を有し、光電素子 2 1 0 は複数の光電装置 2 1 5 A - 2 1 5 D を有する。ウエーブガイド 1 1 5 A - 1 1 5 D の各々は好ましくは端部に形成されたマイクロレンズを有し、その端部は接続領域 1 1 4 の側に隣接し且つ光電素子 2 1 0 に直面して設けられる。ウエーブガイド 1 1 5 A , 1 1 5 B のマイクロレンズは、ウエーブガイドの光線を光電素子 2 1 0 に入る更に太いビーム幅を有する光線に視準（コリメート）する又はクロスコリメートするように機能する。ウエーブガイド 1 1 5 C , 1 1 5 D のマイクロレンズはその太い光線をそれらが光電素子 2 1 0 から出てゆくように収束させる。本実施例では（以下で詳細に説明されるように）充填層 1 4 0 は、メイン光ボード 1 1 0 のトップ表面を平坦化するように機能し、電気トレースの上に設けられた誘電体カバーを与えるように機能する。また充填層 1 4 0 の材料は層 1 4 0 がサイドクラディング層として機能するように選択されてもよい。

10

【 0 0 1 5 】

あるアプリケーション例では装置 1 0 0 は 2 × 2 光スイッチとして構成され、ウエーブガイド 1 1 5 A を通じて伝搬する光信号はウエーブガイド 1 1 5 C 又は 1 1 5 D の何れかに選択的にルーティングされてもよく、ウエーブガイド 1 1 5 B を通じて伝搬する光信号はウエーブガイド 1 1 5 C 又は 1 1 5 D の何れかに選択的にルーティングされてもよい。好ましくはウエーブガイド 1 1 5 A , 1 1 5 B の光信号は常に別々のウエーブガイド 1 1 5 C , 1 1 5 D にルーティングされる。選択的なルーティングは光電装置 2 1 5 A - 2 1 5 D によりなされ、光電装置の各々はデュアルプリズム偏向子から構成されてもよい。動作状態の一例では、光電装置 2 1 5 A はウエーブガイド 1 1 5 A から光線を受信し、光電装置 2 1 5 A の電極に印加される電圧に依存して、ウエーブガイド 1 1 5 C に真っ直ぐに光線を通し、或いはウエーブガイド 1 1 5 D に向けて光線を偏向させてもよい。装置 2 1 5 A が光線をウエーブガイド 1 1 5 C に真っ直ぐに通す場合には、光電装置 2 1 5 C は実質的な偏向なしに光線を通過可能にする状態に設定される。光電装置 2 1 5 A がウエーブガイド 1 1 5 D に向けて光線を偏向させる場合には、その光線はウエーブガイド 1 1 5 D の光軸に向けて傾き、光電装置 2 1 5 D は光線を 2 度目に偏向させ、ウエーブガイド 1 1 5 D の光軸に沿って光が実質的に伝搬するよう構築される。同様に光電装置 2 1 5 B はウエーブガイド 1 1 5 B からの光線を受信し、光電装置 2 1 5 B の電極に印加される電圧に依存してウエーブガイド 1 1 5 D に向けて光線を真っ直ぐに伝搬可能に又はウエーブガイド 1 1 5 C に向けて光線を変更可能にする。装置 2 1 5 B が光線をウエーブガイド 1 1 5 D に向けて真っ直ぐに伝搬させる場合には、光電装置 2 1 5 D は実質的な偏向なしに光線を通過可能にする状態に設定される。光電装置 2 1 5 B がウエーブガイド 1 1 5 C に向けて光を偏向させる場合には、光電装置 2 1 5 C は光線を 2 度目に偏向させ、ウエーブガイド 1 1 5 C の光軸に沿って光が実質的に伝搬するよう構築される。

20

30

40

【 0 0 1 6 】

図 2 の断面図はメイン光ボード 1 1 0、光電素子 2 1 0、ウエーブガイド 1 1 5 A - 1 1 5 D 及び光電素子 2 1 5 A - 2 1 5 D の構造を詳細に示す。ウエーブガイド 1 1 5 A - 1 1 5 D の各々は下位クラディング層 1 2 1、コア層 1 2 2 及び選択的な上位クラディング層 1 2 3 を基板 1 1 1 のトップ表面 1 1 2 上にその順序で設けている。素子 2 1 0 を受け入れる接続領域 1 1 4 は、トップ表面 1 1 2 上であって一方側のウエーブガイド 1 1 5 A - 1 1 5 B 及び他方側のウエーブガイド 1 1 5 C - 1 1 5 D の間に設けられる。本発明の好適実施例では、ウエーブガイド 1 1 5 A - 1 1 5 D は共通の下位クラディング層 1 2 1、共通のコア層 1 2 2 及び共通の上位クラディング層 1 2 3 から形成され、共通コア層 1 2 2 のエッチングパターン及び接続領域 1 1 4 内での層 1 2 1 - 1 2 3 の除去

50

の少なくともそれらによって定められる。層 1 2 1 - 1 2 3 がシリカ（例えば、ガラス）のような材料より成る場合には、図 1 に示されるウエーブガイドパターン内で層 1 2 1 - 1 2 3 を同時にパターンエッチすること、その後ウエーブガイド周囲に及び接続領域 1 1 4 周囲に充填層 1 4 0 を形成することが通常的には好ましい。いずれにせよ、接続領域 1 1 4 上にリセス（くぼみ又は凹部）が形成され、その中に光電素子 2 1 0 が設けられる。接続領域 1 1 4 のリセスは層 1 2 3 , 1 2 2 を介して伸び、好ましくは下位クラディング層 1 2 1 の少なくとも一部に伸びる。図 1 - 3 に示される例の場合のように、リセスは層 1 2 1 の全体を貫通して基板 1 1 1 のトップ表面 1 1 2 に到達するように伸びてもよい。

【 0 0 1 7 】

光電素子 2 1 0 は支持基板 2 1 1、基板 2 1 1 に設けられた第 1 クラディング層 2 2 1、第 1 クラディング層 2 2 1 に設けられたコア層 2 2 2 及びコア層 2 2 2 に設けられた選択的な第 2 クラディング層 2 2 3 を有する。光電素子 2 1 0 が通常の図示の向きからひっくり返される（反転される）ことも想定して（ボトム表面の下側にトップ表面が位置することも想定して）、クラディング層 2 2 1 , 2 2 3 もそれぞれ下位クラディング層及び上位クラディング層と呼ばれてもよい。光電装置 2 1 5 A , 2 1 5 C の場所は図 2 に概略的に示されている。光はコア層 2 2 2 によって装置 2 1 5 A - 2 1 5 D に及びそこから結合される。光電装置 2 1 5 A - 2 1 5 D は一般的にはコア層 2 2 2 に隣接し、コア層 2 2 2 と共に一体的に形成されてもよい（クラディング層 2 2 1 , 2 2 3 の一方又は双方と一体的に形成されてもよい。）。例えば各デバイスは層 2 2 1 - 2 2 3 の中に又はそれを通じて形成されてもよい。必要ならばコア層 2 2 2 は装置 2 1 5 A - 2 1 5 D への及びそこからの光ルーティング経路を設けるようにパターンエッチされてもよい。図 1 - 2 に示される素子 2 1 0 の 2 × 2 光スイッチの例の場合には、何らのルーティング経路も必要とされない。

【 0 0 1 8 】

装置 2 1 5 A - 2 1 5 D の各々は一般に複数の電極を有し、その電極はメイン光ボード 1 1 0 上の対応する電気信号に電氣的に結合される。この相互接続を用意するために、素子 2 1 0 のトップ表面に複数の導電性パッド 2 3 6 が設けられてもよい。導電性パッド 2 2 3 6 は導電性物質 1 3 7 によりメイン光ボード 1 1 0 の対応する導電性パッド 1 3 6 に電氣的に結合される。導電性物質 1 3 7 は従来のはんだ及び従来の電氣的に導電性の接着剤から構成されてもよい。導電性パッド 1 3 6 は好ましくはそれらを基板 1 1 1 から電氣的に絶縁するために絶縁層 1 3 0 上に設けられる。絶縁層 1 3 0 は領域 1 1 4 上に及びコア層 1 2 2 の水準より下に設けられる。

【 0 0 1 9 】

ウエーブガイド 1 1 5 A - 1 1 5 D 及び光電装置 2 1 5 A - 2 1 5 D 間の良好な光カップリングを与えるため、メイン光ボード 1 1 0 のコア層 1 2 2 は素子 2 1 0 のコア層 2 2 2 に合わせて整列させられる。このアライメントを与えるために、メイン光ボード 1 1 0 は絶縁層 1 3 0 上に設けられ且つ導電層 1 3 6 の間に散在する複数のスペーサ 1 3 4 を有する。スペーサ 1 3 4 は比較的硬く、導電性物質 1 3 7 の粘性状態よりも硬く、その状態は導電性物質に使用される材料に依存して導電性物質 1 3 7 の半田リフローの際又は初期の接着の際に生じる。更に、スペーサ 1 3 4 は、導電性パッド 1 3 6 の厚みより厚い厚さを有し、その厚さはコア層 2 2 2 , 1 2 2 が互いに実質的に整合するように選択される。一般にスペーサ 1 3 4 (T_{134})、絶縁層 1 3 0 (T_{130}) 及びクラディング層 2 3 3 (T_{233}) を組み合わせた厚さは、領域 1 1 4 に隣接する下位クラディング層 1 2 1 の露出した厚さ (T_{121}) に実質的に等しい。下位クラディング層 1 2 1 の厚さ (T_{121}) は領域 1 1 4 の底（例えば、凹部の底）から層 1 2 1 の上端面までで測定される。図 1 - 3 に示される実施例では、領域 1 1 4 の底は基板 1 1 1 の上端面 1 1 2 にあり、従って厚さ T_{121} は下位クラディング層 1 2 1 の全体の厚みに等しい。一般にスペーサ 1 3 4 の厚み T_{134} は下位クラディング層 1 2 1 の厚み T_{121} より薄く、層 1 3 0 及びスペーサ 1 3 4 の結合した厚み ($T_{130} + T_{134}$) は下位クラディング

10

20

30

40

50

層 1 2 1 の厚み $T_{1 2 1}$ より薄い又は等しい。また、スペーサ 1 3 4 の上端は、コア層 1 2 2 及び第 1 の下位クラディング層 1 2 1 の間の平坦な界面で定められる高度より下にある。

【 0 0 2 0 】

一般にコア層 1 2 2 , 2 2 2 は異なる厚みでもよい。その場合、スペーサ 1 3 4 の高さはコア層 1 2 2 , 2 2 2 の中央線が同一直線上にあるように (例えばその中央線が同じ高度で整列するように) 選択されることが好ましい。コア層 1 2 2 の厚みを $T_{1 2 2}$ とし、コア層 2 2 2 の厚みを $T_{2 2 2}$ とすると、コア層の中央線は次の条件の下に同一直線上にあるようになる :

$$T_{1 3 0} + T_{1 3 4} + T_{2 2 3} + 1 / 2 \times T_{2 2 2} = T_{1 2 1} + 1 / 2 \times T_{1 2 2} . \quad 10$$

これはスペーサの厚さ $T_{1 3 4}$ に関する好ましい値を次式のように与える :

$$T_{1 3 4} = T_{1 2 1} + 1 / 2 \times T_{1 2 2} - (T_{1 3 0} + T_{2 2 3} + 1 / 2 \times T_{2 2 2}) .$$

【 0 0 2 1 】

しかしながら好適実施例ではコア層 1 2 2 , 2 2 2 の中央線がある程度整列していなくてもよい。このミスアライメントは表面 1 1 2 のような共通平面から測定される、コア層の中央線の高度間の差分であり、個のミスアライメントは $1 / 2 \times T_s$ の範疇に維持されることが好ましく、ここで T_s は 2 つのコア層 1 2 2 , 2 2 2 の内のより厚い方の厚みである。即ち、中央線間の縦向きの距離間隔は $1 / 2 \times T_s$ より小さい又は等しいことが好ましい。これを達成するため、スペーサの厚み $T_{1 3 4}$ は次の関係を満たす :

$$[T_{1 2 1} + 1 / 2 \times T_{1 2 2} - (T_{1 3 0} + T_{2 2 3} + 1 / 2 \times T_{2 2 2})] - 1 / 2 \times T_s$$

$$T_{1 3 4} \quad [T_{1 2 1} + 1 / 2 \times T_{1 2 2} - (T_{1 3 0} + T_{2 2 3} + 1 / 2 \times T_{2 2 2})] + 1 / 2 \times T_s$$

一般的には全てのデバイス 2 1 5 A - 2 1 5 D に対して全てのウエーブガイド 1 1 5 A - 1 1 5 D について最良の整合性を達成することが求められる。このため、関連する層の厚みの均一性、素子 2 1 0 のばらつき、接続領域 1 1 4 内のメイン光ボード 1 1 0 のばらつき等のようないくつもの要因が考察されてもよい。半導体製造技術の分野で周知の統計的方法を利用して、層の平均的な厚み及び偏差が使用される処理条件に関して算出可能であり、その後適切な層の厚みが選択されてもよい。

【 0 0 2 2 】

スペーサ 1 3 4 の好ましい高さは更に以下の手法で決定されてもよい。我々はコア層 1 2 2 及び下位クラディング層 1 2 1 間の平坦な界面での第 1 水準及びコア層 1 2 2 の上端面での第 2 水準を定義し、両水準はウエーブガイドの端部で測定され、上端面 1 1 2 のような共通平面から参照される。好ましくはスペーサ 1 3 4 の上端は少なくとも $(1 / 2 \times T_{2 2 2} + T_{2 2 3})$ に等しい量だけ第 2 水準より下にあり、 $T_{2 2 2}$, $T_{2 2 3}$ はウエーブガイドの端部に隣接し且つスペーサ 1 3 4 上の領域で測定される。しかしながらスペーサ 1 3 4 の上端は $(1 / 2 \times T_{2 2 2} + T_{2 2 3})$ に等しい量より多くの分だけ第 1 水準より下でないことが望ましい。

【 0 0 2 3 】

図 3 はコア層 1 2 2 、クラディング層 1 2 1 , 1 2 3 、ウエーブガイド 1 1 5 A - 1 1 5 D 及び充填層 1 4 0 (簡明化のため省かれている) を備えたメイン光ボード 1 1 0 の平面図を示す。図 3 はスペーサ 1 3 4 が導電性パッド 1 3 6 間でどのように散在しているかの一例を示す (例えばスペーサ 1 3 4 の各々は、各導電性パッドから別々に離れて位置し、導電性パッドの上端に設けられていない。)。一例として 9 個の導電性パッド 1 3 6 が示されている。これは導電性パッド 1 3 6 を利用して 2 つの制御信号がデバイス 2 1 5 A - 2 1 5 D の各々に供給され、それに加えてグランド信号が光電素子 2 1 0 に供給されることを可能にし、グランド信号は接地電位を素子 2 1 0 の接地シールドへ供給するため及び / 又はデバイス 2 1 5 A - 2 1 5 D の各々に接地電位を与えるために使用されてもよい。図 3 には複数の電気トレース 1 3 8 も示されており、電気トレースはそこに制御信号を与えるために導電性パッド 1 3 6 の各々に電氣的に結合される。従来手法では素子 2 1 0 への電気信号はワイヤボンド又はワイヤリボンで供給され、それらは高いインダクタ

ンスを有する長いリードを通じて素子の背面で接続していた。これに対して本発明による電気トレース138及び導電性パッド136は、電気信号が素子210の上端面(デバイス215A-215Dが所属する)に直接的につながることを可能にし、制御されたインピーダンスを与えるようにトレースが接地面上に形成されることを可能にする。そのような接地面は導電性表面112又は導電体を有する基板110により用意されることが可能である。制御されたインピーダンスはワイヤボンドやワイヤリボンを使用する場合に比較して信号の遅延や信号の分散を減らす。更に素子210の下で導電性パッド136及びトレース138を配置することは、よりコンパクトなメイン光ボード110をもたらす。なぜなら配線用にボードの上端面に専用の領域を必要としないからである。

【0024】

メイン光ボード110を構成する方法例が以下に説明される。図4を参照するに、基板111から始まって、下位クラディング層121が基板111の上端面112の実質的に全体にわたって形成され、その後にコア層122が層121の上端面の実質的に全体にわたって形成される。そして上クラディング層123がコア層122の上端面の実質的に全体にわたって形成される。その後3つ全ての層121-123がパターンエッチされてウエーブガイド115A-115Dを規定する。その結果の構造の断面が図5に示されている。パターンエッチ工程の際に、フォトレジストを塗布し、フォトレジストをパターンニングし、層121-123の材料の除去に相応しいエッチャントを用いて層121-123の露出部分をエッチングする従来のプロセスを使用してもよい。一例として、基板111はシリコンウエハから構成され、層121-123の各々はガラス(SiO_2)から構成されてもよい。この場合に層121-123の露出部分を除去するためにプラズマエッチングが使用されてもよい。当該技術分野で既知のあるプラズマエッチング工程はシリコンよりも実質的に高速にガラスをエッチングする。そのようなエッチング工程は、シリコン基板111を下側にエッチングしながらエッチング工程を続けることによって、ウエーブガイド115A-115Dの側壁が滑らかであってほぼ垂直であることを保障する。このオーバーエッチングは少しの量だけシリコン基板111をエッチングすることを引き起こし、露出したシリコン表面はシリコン内の1以上のドーパントに起因してしばしば導電性を有する。以下では基板の導電性表面及びその電位の導電性パッド136への影響の問題に対処する。

【0025】

層121-123は重合体の(ポリメリック)材料から構成されてもよく、更にはフォトイメージ形成可能な(photo-imageable)重合体材料から構成されてもよい。後者の場合、層121-123は直接的なフォトイメージ形成に続いて(例えば現像液にさらして)現像することでパターンニングされてもよい。層121-123がフォトイメージ形成可能でなければ、上位クラディング層123上にエッチマスクを形成し、それをパターンニングしてウエーブガイド115A-115Dの輪郭を形成し、その後層121-123の露出した部分をエッチングしてもよい。異方性エッチが好ましく、いくつかの既知のプラズマエッチングガスが使用されてもよい。プラズマエッチングの場合にはマスク層はフォトレジスト層から構成されてもよい。しかしながら一般的には金属や堆積された窒化シリコン層のようなより耐久性のあるマスク材料が好ましい。より耐久性のあるマスク材料層は通常フォトレジスト層形成に続いてそのマスク材料に関する選択的なエッチャントを用いてエッチングすることでパターンニング可能である。

【0026】

良好なウエーブガイド特性を得るために、コア層122の屈折率はクラディング層121, 123の屈折率より(通常的には少なくとも0.2%程度)大きくあるべきである。層121-123に重合体材料を用いる場合には、異なる屈折率を有する別の重合体材料が選択されてもよい。層121-123にガラスを利用する場合に屈折率差を得るために、それらを形成するガラス層に当該技術分野で既知の異なる不純物が添加されてもよいし、ガラス層が(コア層122が高密度になるように)異なる密度で形成されてもよいし、或いはそれらの手法の組み合わせが使用されてもよい。一般にコア層122は2 μm 乃

10

20

30

40

50

至 10 μm の範囲内の厚さを有し、下位クラディング層 121 は 5 μm 乃至 15 μm の範囲内の厚さを有し得る。上位クラディング層 123 は 5 μm 乃至 15 μm の範囲内の厚さを有し得る。層 121 - 123 の合計厚さ（即ち、光ウエーブガイド 115A - 115D の厚さ）はガラス（シリカ）材料を使用する場合に 20 μm 乃至 30 μm の範囲内にあり得る。同じ厚みの値は層 121 - 123 が重合体材料及び他の誘電体材料から構成される場合に使用されてもよい。

【0027】

上記の工程に関する些細な欠点はコア層 122 の一部がウエーブガイド 115A - 115D の側壁で露出することである。屈折率が実質的にコア層 121 のもの以上である媒体がウエーブガイド 115A - 115D のコア層 122 の側壁部分に隣接して設けられると、そのウエーブガイドは横方向の光の貧弱な閉じ込め特性をもたらす。この潜在的な問題は充填層 140 の材料を選択することによって対処してもよく、その材料は屈折率がコア層 121 のものよりすくなく、好ましくは少なくとも 0.2% の量だけ少ない。層 121 - 123 が重合体材料より成る場合の他の手法として、（以下に説明されるように）導電性パッド 136 が形成された後になるまで層 123 の形成が延期されてもよい。この場合、層 121 及び 122 のみが形成されその時点で共にパターンエッチされる。そして上位クラディング層 123 が、それ自身充填層 140 としても機能するように後の段階で形成される（即ち、この変形例では双方の層が同じ層になる。）。何らかの理由で充填層 140 として機能する上位クラディング層 123 を備えることが望ましくない場合、又は処理工程上の理由で層 123 の形成を延期させることが望ましくない場合には、以下の一連の処理を使用することができ、その手順は：層 121 及び 122 を形成し；コア層 122 をパターンエッチングし；上位クラディング層 123 を形成し、コア層 122 の上端及び側壁と下位クラディング層 121 の露出部分とを被覆し；層 121 及び 123 をパターンエッチングし、（後述されるような）導電性パッド 136 に至る電気トレースを支持するのに必要な基板 111 上の領域 114 及び上端面 112 の他の領域を露出する手順である。最後のパターンエッチング工程はウエーブガイド 115A - 115D の側壁に沿って上位クラディング層 123 の一部を残すことが望ましい。

【0028】

図 6 を参照するに、次の工程として、絶縁層 130 が接続領域 114 及び上面 112 の他の領域の上に形成され、そこは以後の工程で電気トレース 138 が形成される場所である。（トレース 138 の位置は図 3 に示されている。）材料層 130 はフォトエポキシ材料から構成されてもよく、その材料層はメイン光ボード 110 の表面上全体に形成され、その後電気トレース 138 が形成される領域 114 及び上面 112 の他の領域上の部分を残すためにフォトエッチされ及び現像されてもよい（即ち、選択的に除去されてもよい）。これらの工程の後に、上昇させた温度及び/又は紫外線にさらすことで、残っているフォトエポキシが硬化される。絶縁層 130 は導電性パッド 136 が互いに電氣的に絶縁されることを保障し、プラズマエッチされた基板 111 の表面部分にパッド 136 が直接的に形成されたならば、そうはならないかもしれない。

【0029】

絶縁層 130 は他の種類の絶縁材料から構成されてもよく、特に堆積可能な又はスピンコート可能なものから構成されてもよい。例えば（典型的にはスピン塗布されて硬化される）ポリイミドが使用されてもよいし、堆積される窒化珪素が使用されてもよい。これらの材料に適切な接着層が表面上に事前に形成されてもよい。所与の材料層 130 に関し、適切な接着層を選択することが当業者の中で知られている。

【0030】

好適実施例では約 2 μm のオーダーで層 130 が比較的薄く形成され、その層は典型的なフォトエポキシ材料に対して 100 V の動作電圧で約 100 M の絶縁抵抗をもたらす。典型的には層 130 の厚さは約 1 μm 乃至約 4 μm の範囲内にある。そのような薄膜を一樣な厚さで形成することは、ウエーブガイド 115A 及び 115C 間の距離が小さくなると（例えば約 5 mm よりも小さくなると）困難になる。問題は、ウエーブガイド 115

10

20

30

40

50

A - 1 1 5 Dの端面に近づくにつれて層 1 3 0の厚さが増えることである。ウエーブガイドの対向面の間でより大きな距離間隔が使用される場合には、一様な厚さが容易に達成できる。しかしながら、より大きな距離間隔にすることは光ボードの市場要求(より多くの光信号を処理し、より高密度でより多くの光電素子を収容すること)に反する。この問題に対処するため、本発明者等は必要とされる選択肢として、層 1 3 0に関する後続の付加的な処理工程を含めた。初めに層 1 3 0が形成されパターニングされた後に(但し、硬化が必要ならば好ましくはそれが硬化する前に)、プラズママスク層 1 3 2が小さな部分 1 3 1を除いて層 1 3 0上に形成され、その小さな部分はウエーブガイド 1 1 5 A - 1 1 5 Dの端部の前に位置付けられる。これらの小さな部分 1 3 1は当初に堆積された層 1 3 0の中で非一様な厚さの場所にある。層 1 3 0の露出した部分は酸素 R I E プラズマエッチング工程(リアクティブ-イオン-エッチング工程)にさらされ、部分 1 3 1が除去される。その後、マスク 1 3 2は除去され、その結果の構造が図 7 に示される。

10

【 0 0 3 1 】

エッチングガスの構成及び上位クラディング層の組成に依存して、層 1 2 3の一部も除去されるかもしれない。しかしながら、所望の最終値より厚く層 1 2 3を最初に形成しておくことで、それらの(除去される)部分に対処できる。プラズマエッチング工程は層 1 3 0の厚みの一様性を増進することができる。薄いウエーブガイド層を備える素子 2 1 0の用途では、層 1 3 0の膜厚の均一性はウエーブガイド 1 1 5 A - 1 1 5 Dの光軸に対する素子 2 1 0の高度調整に重要である。

【 0 0 3 2 】

マスク層 1 3 2はメタル、ポリイミド及びフォトレジスト(例えば、エッチングプロセスの間にエッチングされる犠牲フォトレジスト)のような当該技術分野で既知の多数のプラズママスク材料から構成されてもよい。しかしながら、層 1 3 0が硬化することを要する材料から構成されるならば、際立った硬化を要しない(ソフトベキングが許容可能な)マスク材料を使用することが最良である。代替例として、マスク層 1 3 2を形成する前に層 1 3 0を硬化してもよく、この手法はマスク材料の選択性に更に大きな柔軟性を与える。また層 1 3 0は上述のような硬化を要しない材料から構成されてもよい。

20

【 0 0 3 3 】

図 8を参照するに、次の工程例として、導電性トレース 1 3 8及び導電性パッド 1 3 6が絶縁層 1 3 0上に形成される。これは様々な方法でなされてもよい。ある方法では導電性材料の一様な層(例えば、金属層)が素子 1 1 0の表面上に堆積され、その後、トレース 1 3 8及びパッド 1 3 6を規定するためにフォトリソグラフィ及びエッチング技術を用いてパターンエッチされる。別の方法として、トレース及びパッドを規定するために「リフトオフ」工程が使用されてもよい。この工程ではパッド及びトレースが至る場所を規定するためにフォトレジスト層が形成されてパターニングされる。そしてフォトレジスト層上にメタル層が形成され、メタル層はフォトレジスト層の側端部でその連続性を中断している。その後、フォトレジスト層は溶媒で除去され、溶媒はメタル層の連続性の中断部を通じてフォトレジスト層に達する。この除去を促進するため、フォトレジスト層はメタル層より厚く形成される。メタル層は多層化した構造を含んでもよく、その構造は例えば下位のメタル接着層(例えば、クロム)、良好な導電性を有する中位の層(例えば、銅)及び後に形成される導電体 1 3 7と良好に接着する上位の層(例えば、ニッケル)のようなものである。多くの場合に単独の金属が中位及び上位のサブレイヤの機能を提供し、その金属は導電体 1 3 7にインジウム-スズを使用する場合には銅のようなものである。これは素子 2 1 0上の全てのデバイスがプリズム偏向子である場合であり、プリズム偏向子は高電圧を要するが定電流で済む。この場合に導電性パッド 1 3 6は接着薄膜及び銅薄膜から構成されてもよい。

30

40

【 0 0 3 4 】

図 9を参照するに次の工程例としてスペーサ 1 3 4が形成される。様々な手法が使用されてもよく、スペーサ 1 3 4を形成するこの工程は導電性パッド 1 3 6を形成する上記の工程に先行してもよい(望まれるならば)。スペーサ 1 3 4を形成する1つの好ましい手

50

法として、スペーサ用の厚い材料層 134' が図 9 に示されるように素子 110 の表面上に形成される。その後層 134' は個々のスペーサ 134 を規定するためにパターンングされ、その結果が図 10 に示される。パターンングは層 134' にフォトエポキシを利用し、フォトリソグラフィの像形成工程で層 134' を露出することでなされてもよい。層 134' にフォトイメージ形成可能でない材料を使用し、パターンングされたプラズマエッチマスクを層 134' 上に形成し、その後層 134' をプラズマエッチングし、そしてマスクを除去することでパターンングがなされてもよい。導電体 137 を導電性パッド 136, 236 に結合するために以後の工程で受ける圧力及び温度に層 134' の材料が耐えることができるように、層 134' の材料は良好な温度不変性を有することが望ましい。具体的には、その材料は実質的に以後の処理温度以上のガラス転移温度を有することが望ましく、以後の結合温度で測定されるようなヤング率を有することが望ましく、そのヤング率は各スペーサ 134 が受ける縦歪量を制限する程度に十分高い。例えば 0.05 N/cm^2 の結合圧力がかかり、歪 (ストレイン) がその結合温度で 5% に制限されるならば、その結合温度でヤング率は $1 \times 10^4 \text{ Pa}$ より大きくすべきである。

10

【0035】

層 134' がフォトエポキシより成る場合には、付加的な処理が続くことが望ましい。最初に層が形成された後であってパターンマスクを通じた化学線放射にさらされる前にソフトベークを行って溶媒を除去する。化学線放射にさらされた後に、その層は典型的には再びソフトベークされ (ポスト露光ベーク)、層の露出部分中にある程度の重合を促し、これにより現像する溶媒にさらされる前に層のパターンを効果的に設定する。この時点でパターンングされたエポキシは重合の中間段階まで硬化される (言い換えればそれは完全には重合しておらず、完全には硬化していない)。現像液にさらした後に、上昇した温度に更にさらすことで力学的安定性を増進するため更なる重合を行わせてもよい。しかしながら、本発明を実施するために、以下に説明される以後の結合工程に備えて十分な剛直性を有するエポキシを選択した場合には、この段階でエポキシを完全に硬化させることは通常必要でない。この点に関し、部分的に硬化したエポキシのガラス転移温度 (T_g) を後述の結合工程のリフロー温度より 10 乃至 20 高い温度に上昇させるのに十分な程度の重合を促すことが典型的には望ましい。化学線放射にさらす前に、典型的なフォトエポキシは 50 近辺の T_g 値を有する。化学線放射にさらされた後で完全に硬化した後には、典型的なフォトエポキシは 200 近辺の T_g 値を有する。従って露光後ベークの時間及び温度を変化させることで、部分的に硬化したエポキシの T_g 値を調整することができる。以下に示されるように S_b / I_n 半田は 120 近辺のリフロー温度を有する。従ってフォトエポキシ層 134' はポスト露光ベーク中に部分的に硬化し、 130 乃至 140 の T_g 値に速やかに到達する。具体例としてマスターボンド社製のフォトエポキシである紫外線硬化性 UV10 及び UV15 シリーズや、マイクロケムコーポレーション社製のフォトエポキシである SU-8 シリーズ等が使用されてもよい。典型的にはエポキシは 120 乃至 180 近辺のガラス転移温度に対して硬化するかもしれない (130 近辺乃至 160 近辺及び 140 近辺乃至 180 が一般的である)。

20

30

【0036】

光電素子 210 の製造工程その素子に一体化される特定の光電デバイス 215 A - 215 D に依存する。一般にウエーブガイド層 221 - 223 を形成する第 1 の一群の工程があり、それらは上述の層 121 - 123 を形成する工程のいくつかと同一又は類似であってもよい。そしてデバイス 215 A - 215 D を形成する第 2 の一群の工程がある。第 1 の工程群は第 2 の工程群に先行してもよいし、第 2 の工程群が第 1 の工程群に先行してもよい。しかしながら、重複的な工程を除くため、無駄な材料層を減らすため、及びデバイス 215 A - 215 D 及びウエーブガイド層 221 - 223 をより接近させて統合するため、それらの工程は混合された形式で行われるのが通常的である。素子 210 を製造する最終段階の一工程は導電性パッド 236 を形成することであり、その工程は導電性パッド 136 を形成する説明済みの手法で行われてもよい。本発明の教示内容によれば、素子 210 を製造することは当業者の能力の範疇にある。

40

50

【0037】

素子210をメイン光ボード110に組み込むために、導電性材料の物質137が導電性パッド136上に又は導電性パッド236上に形成される(パッド136及び236双方の上に形成することも可能である。)。好適実施例では導電性材料は低融点のスズ-インジウム半田(Sn/In)から構成されてもよく、その半田は約120の温度でリフローする。(PbSn半田に比べて)この低い温度はスペーサ134にエポキシ材料を使用する場合に好ましい。なぜならその温度は部分的に硬化したエポキシ材料のガラス転移温度よりも一般的に下にあるからである。更にその低いリフロー温度は素子210の光デバイスへの熱的衝撃の影響を最小にする。導電体137は当初はピラー状に(柱状に)形成され、好ましくはスペーサ134の高さより数ミクロン高く形成される。これは結合の際にパッド236又はパッド136への良好な初期コンタクトを補償する。導電体137の初期的な形成後に、素子210は領域114内のメイン光ボード110にフリップチップボンディングで結合される。導電体137を柔らかくするためにフリップチップボンディング中に熱及び軽い圧力が素子210の背面側に向けられ、スペーサ134と実質的に同じ高さまで押し下げられる。 0.1N/cm^2 又はそれよりより少ない圧力で通常は充分であり、熱は導電体137の温度をそれらの構成材料のリフロー温度まで上昇させる程度で充分である。(必要な圧力量は導電体137の数が減るにつれて少なくなる。)そして導電体137は流れ(リフロー)、導電性パッド136, 236との結合を形成する。充分な温度であってパッド136, 236の表面に銅を使用している場合には、スズ-インジウム合金は銅層と共に合金結合を形成し、導電体137の各々と対向する一群のパッド136, 236との間で結合強度を増やす。フリップチップボンディング工程の間に、スペーサ134は距離間隔を維持するよう機能し、上述したように、望まれるように整列したコア層122, 222が得られる。更にスペーサ134が部分的に硬化したエポキシ材料から構成される場合には、スペーサは素子210のコンタクトを形成する表面で接着結合を形成することができる。

10

20

【0038】

導電体137がリフローし、導電性パッド136, 236の表面に接着するのに十分な時間が経過すると、加熱は中断され、導電体137が冷やされて固体状態になる。この期間の間に、コア層122, 222のアライメント(整列性)が維持されるように、望ましくは軽い圧力が素子210の背面に向けられる。更にスペーサ134はコア層122, 222の垂直な整列性を維持する。このようにスペーサ134は離間高度の調整量を与え、導電体137の初期の高さ及び均一性は、スペーサ134が使用されない場合ほど重要ではない。

30

【0039】

上述したように導電体137は素子210及びメイン光ボード110間で電気信号を伝送する。一般に光装置の動作中に遭遇する熱サイクルの間にボード110への素子210の接続を維持するのに十分な数の導電体137がある。更にスペーサ134がエポキシ材料から形成されている場合には、スペーサの表面は素子210に何らかの接着性をもたらす。しかしながら素子210が少数の電機接続しか必要としない場合には、熱サイクル中に素子210及びボード110間の接続を維持するのに十分な接着性は得られないかもしれない。この場合には「ダミー」の導電性パッド136, 236がボード110及び素子210に加えられ、その加えられる場所では何らの電機接続も不要であり、追加的な導電体137は「ダミー」パッドに接続するために使用されてもよい。更に、接続工程の後に、素子210の横周囲及びその上側に接着剤(例えばコア層の屈折率に近い屈折率を有する光接着剤)を付けることで、更なる補強を行うことができる。更に素子210をあるべき場所に保持するクリップが単独で又は接着剤と共に使用されてもよい。

40

【0040】

以上本発明が図示の実施例に特化して説明されてきたが、様々な代替例、修正例及び適用例が本発明の開示内容に基づいてなされてもよいこと、及びそれらは本発明の範囲内にあるように意図されていることが理解されるであろう。現在のところ最も実用的であって

50

好適実施例であると考えられるものに関連して本発明が説明されてきたが、本発明は説明された実施例に限定されず、むしろ様々な変形例や均等物を添付の特許請求の範囲内に包含するよう意図されていることが理解されるであろう。

【0041】

以下、本発明により教示される手段を例示的に列挙する。

【0042】

(付記1)

上面を有する主基板；

前記主基板の上面に設けられ光電素子を受け入れる接続領域；

前記主基板の上面上に設けられ、第1端部及び第2端部を有し、前記上面上に設けられた下位クラディング層及び下位クラディング層上に設けられたコア層を更に有する第1のウエーブガイドであって、前記第1端部が前記接続領域の側に隣接して設けられる第1のウエーブガイド；

前記接続領域上に形成された絶縁層；

前記絶縁層に設けられ、前記接続領域上に設けられ、ある厚みを有する複数の導電性パッド；及び

前記絶縁層に設けられ、前記接続領域上に設けられた複数のスペーサ；

を有し、スペーサの各々は前記導電性パッドの厚みより厚い厚みを有し且つ導電性パッド各々から離れて位置する

ことを特徴とする光装置。

20

【0043】

(付記2)

第1のコア層及び第1の下位クラディング層間の平らな界面が前記主基板の上面上の第1高度を定め、前記スペーサの上端が前記第1高度より下にある

ことを特徴とする付記1記載の光装置。

【0044】

(付記3)

各スペーサの厚みが下位クラディング層の厚みより薄い

ことを特徴とする付記1記載の光装置。

【0045】

(付記4)

前記絶縁層及び1つのスペーサの厚さの合計が下位クラディング層の厚みより少ないことを特徴とする付記1記載の光装置。

30

【0046】

(付記5)

前記絶縁層がエポキシより成る

ことを特徴とする付記1記載の光装置。

【0047】

(付記6)

少なくとも部分的に硬化し、約130乃至約160の範囲内のガラス転移温度を有するエポキシで前記スペーサが構成される

ことを特徴とする付記1記載の光装置。

40

【0048】

(付記7)

少なくとも部分的に硬化し、約140乃至180の範囲内のガラス転移温度を有するエポキシで前記スペーサが構成される

ことを特徴とする付記1記載の光装置。

【0049】

(付記8)

少なくとも部分的に硬化し、少なくとも約120のガラス転移温度を有するエポキシ

50

で前記スペーサが構成される

ことを特徴とする付記 1 記載の光装置。

【0050】

(付記 9)

少なくとも部分的に硬化し、少なくとも約 130 のガラス転移温度を有するエポキシ

で前記スペーサが構成される

ことを特徴とする付記 1 記載の光装置。

【0051】

(付記 10)

前記第1のウエーブガイドが、前記第1端部に設けられたマイクロレンズから構成される 10

ことを特徴とする付記 1 記載の光装置。

【0052】

(付記 11)

前記絶縁層の厚みが、約 1 μm 乃至約 4 μm の範囲内にある

ことを特徴とする付記 1 記載の光装置。

【0053】

(付記 12)

1 以上の追加的なウエーブガイドを更に有し、該追加的なウエーブガイドの各々は、前記主基板の表面上に設けられ、第1端部及び第2端部を有し、前記表面上に設けられた下位クラディング層及び下位クラディング層上に設けられたコア層を更に有し、追加的なウエーブガイド各々の第1端部が前記接続領域の側に隣接して設けられる 20

ことを特徴とする付記 1 記載の光装置。

【0054】

(付記 13)

光電素子を更に有する付記 1 記載の光装置であって、該光電素子は：

2 次的な基板；

前記 2 次的な基板の表面上に設けられた下位クラディング層、該下位クラディング層上に設けられたコア層及び該コア層上に設けられた上位クラディング層；

前記上位クラディング層上にある上面；及び

前記光電素子の表面上に設けられた少なくとも 1 つの導電性パッド； 30

を有し、前記光電素子の上面が前記接続領域に対向し且つ少なくとも 1 つのスペーサと隣接するように前記光電素子が位置付けられ；及び

前記光電素子の前記少なくとも 1 つのスペーサは、前記絶縁層に設けられた導電性パッドに導電性の材料体で電氣的に結合される

ことを特徴とする光装置。

【0055】

(付記 14)

前記導電性の材料体が、半田から構成される

ことを特徴とする付記 1 3 記載の光装置。

【0056】

(付記 15)

前記導電性の材料体がインジウム - スズ半田から構成され、前記導電性パッドの 1 つの表面が銅から構成される

ことを特徴とする付記 1 3 記載の光装置。

【0057】

(付記 16)

前記第1のウエーブガイドのコア層が、該コア層中の光の伝搬方向に沿う中心線を有し且つ前記第1のウエーブガイドの前記第1端部で第1の厚みを有し、前記光電素子のコア層が、該コア層の光の伝搬方向に沿う中心線を有し且つ前記第1のウエーブガイドの前記第1端部に面する領域で第2の厚みを有し、ある共通面を基準に測定された前記第1及び第2 40

の中心線の高度差は $1/2 \times T_s$ の値より少なく、 T_s は前記第1及び第2の厚みの内でより大きいものである

ことを特徴とする付記13記載の光装置。

【0058】

(付記17)

前記第1のウエーブガイドの前記第1端部における前記第1のコア層及び前記第1の下位クラディング層間の平坦な界面が、前記主基板の上面上の第1高度を定め、前記第1のウエーブガイドの前記第1端部での前記第1コア層の上表面が、前記主基板の上面上の第2高度を定め；

前記光電素子のコア層が、前記第1のウエーブガイドの前記第1端部に隣接して設けられ且つスペーサ上に設けられた領域で第1の厚みを有し、前記光電素子の上位クラディング層が前記隣接して設けられた領域内で第2の厚みを有し；

前記スペーサの上端が、前記第1の厚みの半分と前記第2の厚みとを加えたものに等しい量以上の分だけ前記第2高度の下にあり；及び

前記スペーサの上端が、前記第1の厚みの半分と前記第2の厚みとを加えたものに等しい量より多くの分だけ前記第1高度の下にはない；

ことを特徴とする付記13記載の光装置。

【0059】

(付記18)

(a) 主基板の上面上に第1のウエーブガイドを形成する工程であって、該第1のウエーブガイドは下位クラディング層、コア層、第1端部及び第2端部を有し、前記第1のウエーブガイドの前記第1端部は光電素子の接続領域の側に隣接して設けられ、前記コア層及び前記下位クラディング層間の境界平面は前記主基板の上面より高い高度を有するとする工程；

(b) 前記接続領域上に絶縁層を形成する工程；

(c) 前記コア層及び下位クラディング層換の境界平面の高度より下にスペーサの上端が位置するように複数のスペーサを前記絶縁層上に形成する工程；

(d) 複数の導電性パッドを前記絶縁層上に形成する工程；

を有し、前記スペーサ及び導電性パッドは互いに離れて設けられる

ことを特徴とする光装置を製造する方法。

【0060】

(付記19)

(d)の工程が(c)の工程に先行する

ことを特徴とする付記18記載の方法。

【0061】

(付記20)

(b)の工程が：

フォトエポキシ層を前記接続領域上に形成する工程；

フォトエポキシ層をあるパターンの化学線放射にさらす工程；及び

露光したフォトエポキシ層を現像する工程；

を有することを特徴とする付記18記載の方法。

【0062】

(付記21)

(b)の工程が、マスクを用いて前記フォトエポキシ層をプラズマエッチングし、前記第1のウエーブガイドの第1端部に隣接する絶縁層の一部を除去する工程を更に有し、該工程はフォトエポキシ層を現像する工程の後に行われる

ことを特徴とする付記20記載の方法。

【0063】

(付記22)

(c)の工程が：

10

20

30

40

50

フォトエポキシ層を形成する工程；
 フォトエポキシ層をあるパターンの化学線放射にさらす工程；
 露光したフォトエポキシ層を現像する工程；
 現像されたフォトエポキシ層をある時間にわたってある温度に加熱する工程；
 を有し、その時間は該層のガラス転移温度（ T_g ）を120より高い値に上昇させる
 のに充分である

ことを特徴とする付記18記載の方法。

【0064】

（付記23）

現像されたフォトエポキシ層を加熱する工程は、該層のガラス転移温度（ T_g ）を130
 0以上の値に上昇させる

ことを特徴とする付記22記載の方法。

【0065】

（付記24）

現像されたフォトエポキシ層を加熱する工程は、該層のガラス転移温度（ T_g ）を14
 0以上の値に上昇させる

ことを特徴とする付記22記載の方法。

【0066】

（付記25）

（a）乃至（d）の工程が行われた後に、光電素子を前記接続領域に結合する工程を更
 に有し、前記光電素子は第1表面に設けられた複数の導電性パッドを有し、該結合する工
 程は前記光電素子の前記導電性パッドと前記絶縁層に設けられた導電性パッド各々との間
 に導電体を形成する工程を有する

ことを特徴とする付記18記載の方法。

【0067】

（付記26）

前記導電体を形成する工程が、第1の導電性パッド群に半田材料のピラーを形成する工
 程を有し、該ピラーは露出した上面を有し；

ピラーの上面が第2の導電性パッド群に面するように前記光電素子を前記接続領域に設
 ける工程；及び

ピラーが前記第2の導電性パッド群に結合するように及び前記光電素子の第1表面が少
 なくとも1つのスペーサに接触するように、ピラーに熱を加えながら前記光電素子及び前
 記主基板を加圧する

ことを特徴とする付記25記載の方法。

【図面の簡単な説明】

【0068】

【図1】本発明の一実施例による光装置の平面図を示す。

【図2】図1に示される本発明の一実施例による光装置の断面図を示す。

【図3】図1に示される本発明の一実施例による光装置の平面図を示す。

【図4】本発明による方法で製造される装置例の各工程での断面図を示す。

【図5】本発明による方法で製造される装置例の各工程での断面図を示す。

【図6】本発明による方法で製造される装置例の各工程での断面図を示す。

【図7】本発明による方法で製造される装置例の各工程での断面図を示す。

【図8】本発明による方法で製造される装置例の各工程での断面図を示す。

【図9】本発明による方法で製造される装置例の各工程での断面図を示す。

【図10】本発明による方法で製造される装置例の各工程での断面図を示す。

【符号の説明】

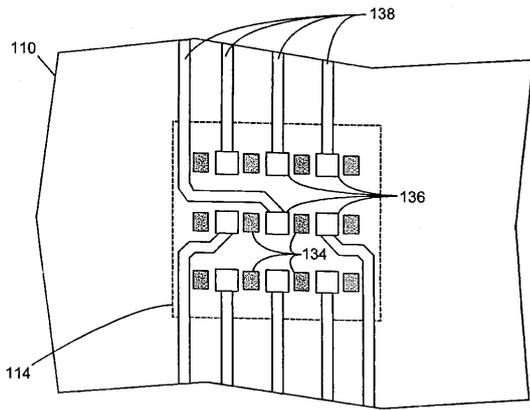
【0069】

100 光装置

110 メイン光ボード

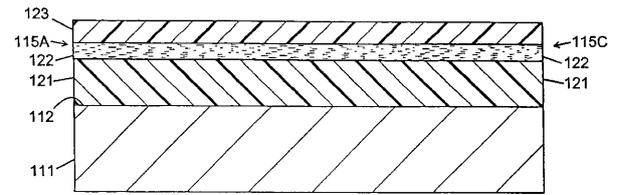
【 図 3 】

図1に示される本発明の一実施例による光装置の平面図



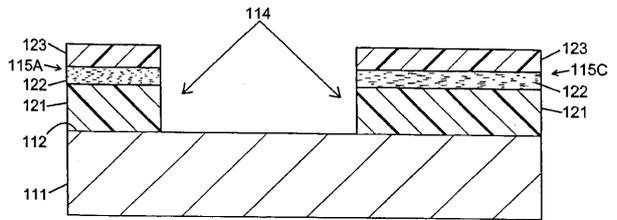
【 図 4 】

本発明による方法で製造される装置例の各工程での断面図



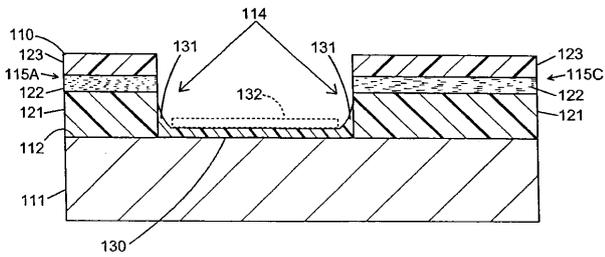
【 図 5 】

本発明による方法で製造される装置例の各工程での断面図



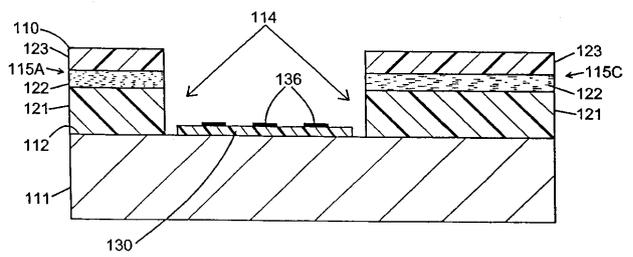
【 図 6 】

本発明による方法で製造される装置例の各工程での断面図



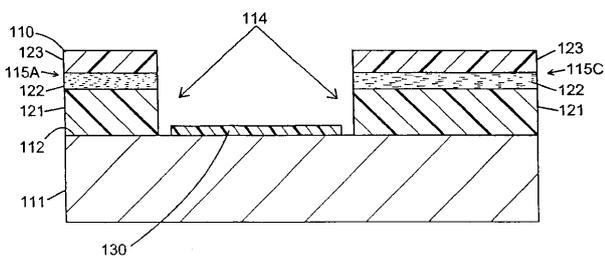
【 図 8 】

本発明による方法で製造される装置例の各工程での断面図



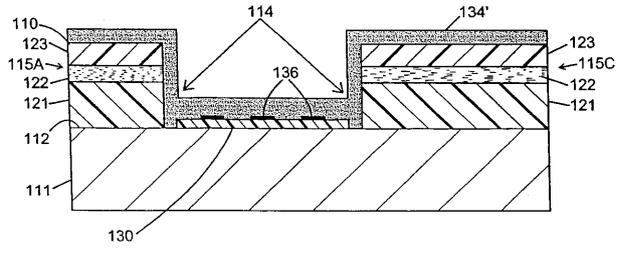
【 図 7 】

本発明による方法で製造される装置例の各工程での断面図



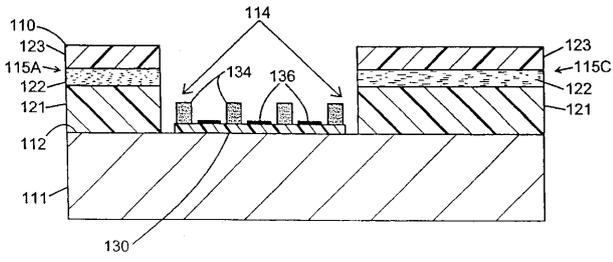
【 図 9 】

本発明による方法で製造される装置例の各工程での断面図



【 図 1 0 】

本発明による方法で製造される装置例の各工程での断面図



 フロントページの続き

| (51) Int.Cl. | F I | | | テーマコード(参考) |
|--------------------------------|---------|-------|---|------------|
| G 0 2 B 6/12 (2006.01) | G 0 2 B | 6/12 | J | |
| G 0 2 F 1/313 (2006.01) | G 0 2 F | 1/313 | | |

Fターム(参考) 2H137 AB12 AB16 AC01 BA31 BB26 BC01 BC61 CA12E CA12F CA73
 CC05 EA04
 2H147 AB24 AB32 BB02 BD11 BD13 CA09 CC02 CC10 CC14 DA11
 EA13C EA14A EA14B EA16A EA16B EA20A EA20B FC04 FF05 FF06
 2K002 AA02 AB04 BA06 CA06 CA22 CA23 DA06 FA08 FA10 HA02
 5F088 BA16 BB01 JA14
 5F173 MC03 MC25 MD58 MD63 MD77 MD83 MD84 MF25