

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4983391号
(P4983391)

(45) 発行日 平成24年7月25日 (2012. 7. 25)

(24) 登録日 平成24年5月11日 (2012. 5. 11)

(51) Int. Cl.

G O 2 B 6/42 (2006.01)

F I

G O 2 B 6/42

請求項の数 20 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2007-131205 (P2007-131205)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成19年5月17日 (2007. 5. 17)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2008-286962 (P2008-286962A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成20年11月27日 (2008. 11. 27)	(74) 代理人	100100310
審査請求日	平成22年3月5日 (2010. 3. 5)		弁理士 井上 学
		(72) 発明者	松岡 康信
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社日立製作所中央研究所内
		(72) 発明者	高橋 誠
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社日立製作所中央研究所内
		(72) 発明者	細見 和彦
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社日立製作所中央研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光モジュール及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対向する第1の平面と第2の平面とが平行である部材を有し、

前記部材の内部には空隙部があり、前記空隙部内には対向する第3の平面と第4の平面とを有し、前記第3の平面と第4の平面とは平行であり、

空隙部の存在するところの、前記部材の一の断面において、前記第1の平面に属する第1の線の延長線と前記第3の平面に属する第3の線の延長線とは交差し、その交差角度のうち小さい方の角度は $\phi 1$ であり、前記第2の平面に属する第2の線の延長線と前記第4の平面に属する第4の線の延長線とは交差し、その交差角度のうち小さい方の角度は $\phi 1$ であり、

前記第3の平面の面上の一部には少なくとも1つの反射膜が設けられ、前記第4の平面の面上の一部には少なくとも一つの波長選択フィルタが設けられ、

前記反射膜と前記波長選択フィルタの少なくとも一部は対向しており、

前記波長選択フィルタは波長 $\lambda 1$ の光を透過し、かつ、波長 $\lambda 2$ は反射するものであり、前記 $\lambda 1$ および $\lambda 2$ の関係は、 $\lambda 1 > \lambda 2$ であるか又は $\lambda 1 < \lambda 2$ であり、

基板上には発光素子および受光素子が設けられ、

前記基板の少なくとも一部と、前記部材の前記第2の面の少なくとも一部とが固定され、

前記発光素子の波長 $\lambda 1$ の第1の出射光は前記部材の一部、前記波長選択フィルタ、前

10

20

記空隙部および前記部材の他の一部を通過して前記部材の前記第 1 の面上の光ファイバに入射し、

前記光ファイバからの波長 λ_2 の第 2 の出射光は前記部材の他の一部および前記空隙部を通過し、前記波長選択フィルタおよび前記反射膜で反射し、前記空隙部および前記部材の一部を通過して前記受光素子に入射することを特徴とする光モジュール。

【請求項 2】

前記部材は第 1 の部材および第 2 の部材を有するか又は第 1 の部材および第 2 の部材から構成され、

前記第 1 および第 2 の部材はシリコンから構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の光モジュール。

10

【請求項 3】

前記第 1 の部材の前記第 3 の面はシリコン基板の結晶方位面の一つであり、前記第 2 の部材の前記第 4 の面はシリコン基板の結晶方位面の一つであることを特徴とする請求項 2 記載の光モジュール。

【請求項 4】

前記第 1 の出射光は前記第 1 の面から前記光ファイバへ直接、入射するか又はレンズを介して入射し、前記第 2 の出射光は前記光ファイバから前記第 1 の面へ直接、入射するか又はレンズを介して入射することを特徴とする請求項 1 記載の光モジュール。

【請求項 5】

前記空隙部内は減圧雰囲気下であるか、又は前記空隙部内には空気又はガスが存在するか、又は前記空隙部内は前記波長 λ_1 および波長 λ_2 を有する波長多重光を通過することが可能な物質で満たされていることを特徴とする請求項 1 記載の光モジュール。

20

【請求項 6】

前記発光素子は面発光型ダイオードであり、前記受光素子は面受光型ダイオードであることを特徴とする請求項 1 記載の光モジュール。

【請求項 7】

前記基板は相対的の高さの高い面と、相対的に高さの低い面を有し、前記発光素子および前記受光素子は前記低い面上に設けられて、前記高い面と前記部材の前記第 2 の面の少なくとも一部とが固定されていることを特徴とする請求項 6 記載の光モジュール。

【請求項 8】

30

その上に発光素子および受光素子が設けられた第 1 の基板と、

前記第 1 の基板上に設けられた第 2 の基板と、

前記第 2 の基板上に設けられた第 3 の基板とを有し、

前記第 2 の基板は互いに平行な第 1 の面と第 2 の面とを有し、前記第 1 の基板表面の少なくとも一部が前記第 1 の面の一部と接し、

前記第 2 の基板の前記第 1 の面側の一部には第 1 および第 3 の傾斜面が設けられ、前記第 1 および第 3 の傾斜面の前記第 2 の基板の第 1 の面の延在方向に対する狭い方の交差角度はいずれも $\Phi 1$ であり、

前記第 2 の基板の前記第 2 の面側には波長選択フィルタが設けられ、

前記第 3 の基板は互いに平行な第 3 の面と第 4 の面とを有し、前記第 2 の基板の前記第 2 の面の少なくとも一部が前記第 3 の面の少なくとも一部と接し、

40

前記第 3 の基板の前記第 4 の面側の一部には第 2 の傾斜面が設けられ、前記第 2 の傾斜面の前記第 3 の基板の第 4 の面の延在方向に対する狭い方の交差角度はいずれも $\Phi 1$ であり、

前記第 1 乃至第 3 の傾斜面は互いに平行であり、

前記発光素子の波長 λ_1 の第 1 の出射光は前記第 1 の傾斜面に入射し、前記第 2 の基板、前記波長選択フィルタおよび前記第 3 の基板を通過して前記第 2 の傾斜面から出射し、前記第 3 の基板上の光ファイバに入射し、

前記光ファイバからの波長 λ_2 の第 2 の出射光は前記第 2 の傾斜面に入射し、前記第 3 の基板を通過し、前記波長選択フィルタで反射し、前記第 3 の基板を通過し、前記第 3 の

50

基板の前記第 4 の面で反射し、前記第 3 の基板および前記第 2 の基板を通過して前記第 3 の傾斜面から出射し、前記第 1 の基板上の受光素子に入射することを特徴とする光モジュール。

【請求項 9】

前記第 1 乃至第 3 の基板はシリコン基板であることを特徴とする請求項 8 記載の光モジュール。

【請求項 10】

前記第 2 の出射光が前記第 4 の面で反射する部分には反射膜が設けられていることを特徴とする請求項 8 記載の光モジュール。

【請求項 11】

前記第 3 の基板に設けられた第 2 の傾斜面の角度 $\Phi 1$ と、前記第 3 の基板の屈折率 $n 2$ と前記第 3 の基板を取り囲む物質の屈折率 $n 1$ とが全反射条件 $\Phi 1 - \sin^{-1} (n 1 / n 2 \sin \Phi 1) - \sin^{-1} (n 1 / n 2) \geq 0$ の関係を満足することを特徴とする請求項 8 記載の光モジュール。

【請求項 12】

前記第 2 の出射光は前記第 4 の面の法線方向から前記第 4 の面の方へ伝播し、前記第 4 の面での屈折角度は $\theta 2$ であり、前記 $\theta 2$ は $n 1 \times \sin \Phi 1 = n 2 \times \sin \theta 2$ (スネルの法則) を満たし、 $n 1$ は前記部材の屈折率の値であり、 $n 2$ は前記光ファイバと前記第 3 の基板との間の減圧雰囲気下における屈折率の値であるか又は、その間に存在するガス又は空気の屈折率の値であることを特徴とする請求項 8 記載の光モジュール。

【請求項 13】

前記第 1 乃至第 3 の傾斜面はシリコン基板の結晶方位面の一つであることを特徴とする請求項 8 記載の光モジュール。

【請求項 14】

前記第 1 の出射光は前記第 4 の面から前記光ファイバへ直接、入射するか又はレンズを介して入射し、前記第 2 の出射光は前記光ファイバから前記第 4 の面へ直接、入射するか又はレンズを介して入射することを特徴とする請求項 8 記載の光モジュール。

【請求項 15】

前記発光素子は面発光型ダイオードであり、前記受光素子は面受光型ダイオードであることを特徴とする請求項 8 記載の光モジュール。

【請求項 16】

前記第 1 の基板は相対的に高さの高い面と、相対的に高さの低い面を有し、前記発光素子および前記受光素子は前記低い面上に設けられて、前記高い面と前記部材の前記第 2 の面の少なくとも一部とが固定されていることを特徴とする請求項 8 記載の光モジュール。

【請求項 17】

その上に発光素子および受光素子が設けられた第 1 の基板と、

前記第 1 の基板上に設けられた第 2 の基板とを有し、

前記第 2 の基板は互いに平行な第 1 の面と第 2 の面とを有し、前記第 1 の基板表面の少なくとも一部が前記第 1 の面の少なくとも一部と接し、

前記第 2 の基板の前記第 2 の面側の一部には第 1 および第 2 の傾斜面が設けられ、前記第 1 および第 2 の傾斜面の前記第 2 の基板の第 2 の面の延在方向に対する交差角度はいずれも $\Phi 1$ であり、

前記第 2 の基板の前記第 2 の面側には波長選択フィルタが設けられ、

前記第 1 および第 2 の傾斜面は互いに平行であり、

前記第 1 の傾斜面と前記第 2 の傾斜面との間には波長選択フィルタが設けられ、

前記発光素子の波長 $\lambda 1$ の第 1 の出射光は前記第 2 の基板に入射し、前記第 2 の基板の一部、前記波長選択フィルタおよび前記第 2 の基板の他の部分を通して前記第 1 の傾斜面から出射し、前記第 2 の基板上の光ファイバに入射し、

前記光ファイバからの波長 $\lambda 2$ の第 2 の出射光は前記第 2 の基板の前記第 1 の傾斜面に入射し、そこで前記第 2 の基板の面内方向に前記入射光が伝播するように、前記第 1 の傾

10

20

30

40

50

斜面で入射光の光路を変換し、前記入射光は前記波長選択フィルタを通過し、前記第2の傾斜面で反射し、前記第2の基板のその他の部分を通過して前記第2の基板から出射し、前記第1の基板上の受光素子に入射することを特徴とする光モジュール。

【請求項18】

前記角度 Φ 1は45度であることを特徴とする請求項17記載の光モジュール。

【請求項19】

前記第1の出射光は前記第4の面から前記光ファイバへ直接、入射するか又はレンズを介して入射し、前記第2の出射光は前記光ファイバから前記第4の面へ直接、入射するか又はレンズを介して入射することを特徴とする請求項17記載の光モジュール。

【請求項20】

前記第1の基板は相対的の高さの高い面と、相対的に高さの低い面を有し、前記発光素子および前記受光素子は前記低い面上に設けられて、前記高い面と前記部材の前記第2の面の少なくとも一部とが固定されていることを特徴とする請求項17記載の光モジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光モジュールに係り、特に、1本の光ファイバで複数の波長の光を伝送する、波長多重光伝送や1芯双方向光伝送の端末機として用いられる光モジュールの構造およびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年情報通信分野において、光を用いて大容量のデータを高速でやりとりする通信トラフィックの整備が急速に行われつつある。中でも特にインターネットの爆発的な普及に伴うアクセス回線のブロードバンド化が加速しており、F T T H (Fiber To The Home) サービスの顕著な市場立ち上がりが見られる。F T T Hの光伝送方式の中で、現在需要が増えてきているのが、複数の加入者で1本のファイバを共有するP O N (passive optical network)方式である。同方式では収容局から1本のファイバで送信されてきたデータを、スプリッタで16本から32本のファイバへ分岐し、各加入者宅まで分配することでファイバ敷設コストを大幅に削減可能である。また、各加入者側には端末装置としてO N U (Optical Network Unit) が敷設され、収容局から加入者側への下り信号(波長 $1.5\mu\text{m}$)と、加入者側から収容局への上り信号(波長 $1.3\mu\text{m}$)を波長多重(WDM)することにより、上りと下りの信号を同一のファイバを用いて伝送している。さらに、O N U内には2波長双方向光モジュールが載置されており、上り信号送信用の発光素子(Laser Diode)、下り信号受信用の受光素子(Photo Detector)、上り／下り信号を分離するWDMフィルタで基本的に構成されている。

【0003】

従来のモジュール方式として、以下の2方式に大別される。図12に第1の方式としてパッケージ138内にL D 135、P D 132、WDMフィルタ137の各光部品を空間的に配置したBIDI (Bi-Directional) モジュールの基本構成を示す。本方式では各光部品を独立に作製可能であるため、作製歩留まりを確保し易い。また、レンズ131、134を各々集積したCANパッケージ133、136に搭載された光素子135、132を動作させながらファイバ130と光軸調芯する、所謂アクティブアライメントで光接続可能であるため、安定した光結合効率が得られる利点がある。その反面、部品点数及び加工工数が多く、小型・低コスト化に不利な事が難点である。

【0004】

次に、図13に第2の方式として各光部品をPLC (Planer Lightwave Circuit) 導波路基板上に配置したPLCモジュールの基本構成を示す。本方式では、前述のBIDIモジュールと比較して、同一プラットフォーム基板140上に光素子141、143 (141が例えば、L D、143が例えば、P Dである。)、フィルタ142などの光部品を集積可能であ

10

20

30

40

50

るため、少ない部品点数及び加工工数にてモジュールの小型化が可能である。しかしながら、本 P L C 方式においては、各光素子をプラットフォーム基板 1 4 0 に設けられたアライメントマーク等をモニタしながら部品の搭載位置精度のみで調芯する、パッシブアライメント方式であるため、各々の光部品の位置決め精度を同時に満たすための実装裕度が小さく、作製歩留まりの確保が困難である。また、送受信される光がプラットフォーム基板 1 4 0 上の光導波路 1 4 5 の中を伝播されるため、空間に光を伝播させる方式と比べて光導波路媒体中の伝播損失や環境温度変化による特性変動が生じやすい。さらに低損失に光接続するために、光ファイバ 1 4 4 を光導波路 1 4 5 の直近に実装する必要があるため、光モジュールパッケージの気密を取り難く、モジュールの高信頼性確保が困難である。

【0005】

また、2 波長双方向光モジュールに関して、上記した従来の 2 方式とは別の光モジュール実装構造の一例が特許文献 1 に開示されている。これを図 1 4 -(a)斜視図および(b)上面図に示す。この例では、第 1 の方向にエッチング形成された第 1 の溝構造 1 1 0 0 a と第 1 の方向と 9 0 度をなす第 2 の方向にエッチング形成された第 2 の溝構造 1 1 0 0 b とを有する基板 1 1 0 0 と、基板上に配置され、波長に応じて光を透過または 9 0 度反射する、キューブ型の波長分波器 1 5 0 0 と、第 1 の溝構造に配置された発光素子側レンズ素子 1 4 0 0 a と、第 2 の溝構造に配置された受光素子側レンズ素子 1 4 0 0 b と、第 1 の溝構造の端部近傍に配置され、光を発光し、発光素子側レンズ素子および波長分波器を介して外部への出射光とするための発光素子 1 2 0 0 と、第 2 の溝構造の端部近傍に配置され、外部からの入射光を、波長分波器および受光素子側レンズ素子を介して受光する受光素子 1 3 0 0 とを備えた光モジュール構造を成している。

【0006】

これによって、前記した P L C 方式と同様に、光素子を同一基板上に一括して実装できるため、小型化可能であり、量産性に優れているため、モジュール価格の低減が可能である。また、ファイバと光素子間で授受される光は、レンズ素子 1 4 0 0 a、1 4 0 0 b および波長分波器を介して基板上の空間を伝播させるため、前記した光導波路媒体中の伝播損失や環境温度変化による特性変動の問題を回避可能である。

【0007】

【特許文献 1】特開 2 0 0 6 - 1 5 4 5 3 5 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特許文献 1 に開示される光モジュールでは、光部品としてレンズ素子 1 4 0 0 a、1 4 0 0 b、及び波長分波器 1 5 0 0 が存在し、プラットフォーム基板 1 1 0 0 上にそれぞれ個別にパッシブアライメントにて実装する必要があるため、光素子の実装も含めると光部品の実装工程が少なくない。また、波長分波器 1 5 0 0 の位置精度、特に角度ずれに対しては裕度が小さく、高精度な実装が要求されるとともに、歩留まりの確保が困難である。さらに、拡張性を考慮した場合、例えば 3 波長双方向光モジュールとした場合は、前述の従来 2 方式も共通して、光部品数及び実装面積を約 2 倍にする必要があり、小型化と光部品の更なる高精度実装が要求されるため、歩留まりの確保がますます困難となる。

【0009】

したがって、本発明の目的は 1 本の光ファイバで複数の波長の光を伝送する、波長多重光伝送や 1 芯双方向光伝送の端末機として用いられる光モジュールに関して、低損失な光学特性及び高信頼性を保ちつつ、ウェハプロセス等の一括作製によって光部品数、実装工程数を大幅削減し、小型化且つ高い歩留まりを実現可能な光モジュールを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明では上記課題を解決するために、発光素子と受光素子が、基板表面の水平方向直線上にそれぞれ載置された光素子搭載基板と、伝播光の波長に対して透明な材料で出来た

10

20

30

40

50

基板の一方の面内に基板平面に対して角度を有し、基板厚み方向を伝播する光を屈折するための第一の傾斜面が設けられた第一の光機能集積基板と、第一の基板とは別の、伝播光の波長に対して透明な材料でできた基板の一方の面内に基板平面に対して角度を有し、基板厚み方向を伝播する光を屈折するための第二の傾斜面が設けられた第二の光機能集積基板を設ける。また、第一の傾斜面と第二の傾斜面の間の光路中に、伝播光の波長透過率がそれぞれ異なる第一の波長選択フィルタおよび反射膜を少なくとも設ける。

この際、本発明では、光素子搭載基板上の発光素子から出射された光が、第一の光機能集積基板および第一の波長選択フィルタおよび第二の光機能集積基板を通過し、基板の外部に設けられた一つの光ファイバと光接続されるとともに、光ファイバから出射された、発光素子の出射光とは異なる波長の光が、第二の光機能集積基板を通過した後、第一の波長選択フィルタおよび反射膜で反射され、第二の光機能集積基板を通過して光素子搭載基板上の受光素子へ入射されるようにする。このために、光素子搭載基板をベースとして、その上に、第一および第二の光機能集積基板を積み上げるようにして固定する。例えば、図1に示す通りである。

10

また、第一の光機能集積基板に設けられた第一の傾斜面と第二の光機能集積基板に設けられた第二の傾斜面の角度が平行をなす光モジュールとしている。

【0011】

さらに、第一の光機能集積基板に設けられた第一の傾斜面と第二の光機能集積基板に設けられた第二の傾斜面を、それぞれウエハ上でエッチングによって形成し、光素子搭載基板と、第一および第二の光機能集積基板をそれぞれウエハレベルで基板厚み方向に一括に貼り合せ、切断によってチップ化する製造方法を用いた光モジュールとする。

20

【発明の効果】

【0012】

本発明の実施例によれば、1本の光ファイバで複数の波長の光を伝送する、波長多重光伝送や1芯双方向光伝送の端末機として用いられる光モジュールに関して、低損失な光学特性及び高信頼性を保ちつつ、ウェハプロセス等の一括作製によって光部品数、実装工程数を大幅削減し、小型化且つ高い歩留まりを実現可能な光モジュールおよびその製造方法を提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下に詳細に実施例を説明する。

（実施例1）

図1は、本発明の第一の実施例である光モジュールの斜視図及び断面図である。

30

【0014】

図1の構成では、発光素子10と受光素子11が、基板表面の水平方向直線上にそれぞれ載置された光素子搭載基板12と、基板の一方の面内に基板平行に対して角度を有し、基板厚み方向を伝播する光を屈折するための第一の傾斜面13が設けられた第一の光機能集積基板14と、同様に基板の一方の面内に基板平行に対して角度を有し、基板厚み方向を伝播する光を屈折するための第二の傾斜面15が設けられた第二の光機能集積基板16がそれぞれ設けられている。また、本構成では上記光素子搭載基板12と、第一および第二の光機能集積基板14、16をそれぞれ基板厚み方向に積層しているとともに、第一の傾斜面13と第二の傾斜面15の間の光路に、伝播光の波長透過率がそれぞれ異なる第一の波長選択フィルタ17、および反射膜18をそれぞれ載置している。これによって、光素子搭載基板12上の発光素子10から出射された光20が、第一の光機能集積基板14および第一の波長選択フィルタ17および第二の光機能集積基板16を通過し、基板の外部に設けられた光ファイバ19と光接続される。また、光ファイバ19から出射された、発光素子10の出射光とは異なる波長の光21が、第二の光機能集積基板16を通過し、第一の波長選択フィルタ17および反射膜18で反射され、第二の光機能集積基板14を通過し、光素子搭載基板12上の受光素子11に入射される、一芯双方向光モジュールの機能を有することが出来る。

40

50

【0015】

このように、光機能を有する基板を厚み方向に3次元的に実装した構成とすることで、チップスケールの光モジュール小型・高集積化が実現できる。また、光素子搭載基板12と第一および第二の光機能集積基板14、16はそれぞれ後述するウェハプロセスで作製可能であるため、別体の光部品を基板上に各々実装する従来の方式と比べて、部品数、作製工程数の大幅な削減による低コスト化と高い歩留まりが期待できる。また、授受する光は基板内部及び空間を伝播させるため、前述した光導波路を用いたPLC型と比較すると媒体中の伝播損失や環境温度変化による特性変動の問題は回避可能である。さらに拡張性を考慮した場合、本発明の構成によると、光部品の追加は光機能集積基板の基板厚み方向へ積層すれば良いため、各個別光部品を2次元方向に追加する従来方式と比較して少ない部品数及び実装面積で拡張可能である。

10

【0016】

ここで、光素子搭載基板10の材料は特に限定されないが、後述する光素子10、11とパッケージとの電気線路を基板上に形成するため、Siなどの半導体或いはセラミックが好ましい。また、第一の光機能集積基板14および第二の光機能集積基板16の材料は、発光素子10から光ファイバへ、または光ファイバから受光素子11に対して授受される光が基板内部を伝播するため、伝播光の波長に対して透明な又は透明度の高い材料である必要があり、後述する同基板をウェハプロセスで作製する場合を考慮すると、石英ガラス、或いはSi、InP、GaAs等が好適である。

20

【0017】

本光モジュールの動作の一例は以下の通りである。例えば、波長 λ_1 を有する伝播光20が発光素子10から光機能集積基板14に対し、基板に垂直な角度で入射される。この伝播光20は第一の光機能集積基板14内を伝播後に、基板平面に対し ϕ_1 の角度を有する傾斜面13及び波長選択フィルタ17を介して、傾斜面13の法線方向に対し、 θ_2 の角度で折り曲げられ、第二の光機能集積基板16内を伝播後に、基板16の外部に出射される。ここで、屈折角 θ_2 は傾斜面13の傾斜角 ϕ_1 （＝基板平面の延在方向に対する傾斜角）および第一の光機能集積基板14および基板外部の物質（ここでは空気を想定）の屈折率で決まる。次に、上記伝播光20は、第二の光機能集積基板16の基板平面に対し絶対値 ϕ_1 の角度を有する傾斜面15にて屈折しながら入射され、光機能集積基板16内を伝播後、基板外部に出射されファイバ19に入射される。この時、第一および第二の光機能集積基板14および16の傾斜角が平行、すなわち ϕ_1 が等しい場合、発光素子10から基板に垂直な角度で光機能集積基板14に入射された光は、スネルの法則に基づき、第二の光機能集積基板16から基板に垂直な角度で出射される。

30

【0018】

ここでスネルの法則は、次の式で与えられる。 $n_1 \times \sin \phi_1 = n_2 \times \sin \theta_2$ 。ここで、 n_1 は集積基板材料の屈折率の値であり、 n_2 は空隙部の減圧雰囲気下における屈折率の値であるか又は、空隙部内のガス、空気又は充填材の屈折率の値である。

同様に、例えば波長 λ_2 を有する伝播光21がファイバ19から第二の光機能集積基板16に対し、基板に垂直な角度で入射される。この伝播光21は第二の光機能集積基板16内を伝播後に、基板平面に対し ϕ_1 の角度を有する傾斜面15を介して、 θ_2 の角度で折り曲げられ基板外部に出射される。次に、伝播光21は、波長選択フィルタ17及び反射膜18で反射された後、第一の光機能集積基板14の傾斜面13にて屈折しながら入射され、第一の光機能集積基板14内を伝播後、基板外部に出射され受光素子11に入射される。

40

【0019】

さらに、光素子搭載基板12上に載置される発光素子10と受光素子11は、基板厚み方向を伝播する光と授受されるため、実装の簡略性を考慮するとそれぞれ面発光型ダイオードと面受光型ダイオードが良い。

(実施例2)

図2は、本発明の第二の実施例の光モジュールの断面図である。ここでは第一の実施例

50

の光モジュールで示した構造と同機能を有する、他のモジュール構造例を示す。図2のように、発光素子10と受光素子11が、基板表面の水平方向直線上にそれぞれ載置された光素子搭載基板12と、基板の一方の面内に基板平面に対して所定の角度を有し、基板厚み方向を伝播する光を屈折させるための第一、第三の傾斜面13、30がそれぞれ設けられた第一の光機能集積基板14と、同様に基板の一方の面内に基板平行に対して角度を有し、基板厚み方向を伝播する光を屈折するための第二の傾斜面15が設けられた第二の光機能集積基板16が設けられている。また、本構成では前述した第一の実施例と同様に、光素子搭載基板11と、第一および第二の光機能集積基板14、16をそれぞれ基板厚み方向に積層しているとともに、第一の傾斜面13と第二の傾斜面15との間および第三の傾斜面30と第二の傾斜面15の間の光路に、伝播光の波長透過率がそれぞれ異なる第一の波長選択フィルタ17、および反射膜23をそれぞれ載置している。

10

【0020】

本構成によって、実施例1で説明した動作と同様に、例えば、波長 λ_1 を有する発光素子10から基板に垂直な角度で出射された伝播光20が、基板平面に対し ϕ_1 の角度を有する傾斜面13を介して θ_2 の角度で折り曲げられ第一の光機能集積基板14内部を伝播する。ここで、屈折角 θ_2 は傾斜面13の傾斜角 ϕ_1 （＝基板平面の延在方向に対する傾斜角）および光機能集積基板14および基板外部の物質（ここでは空気を想定）の屈折率で決まる。次に、上記伝播光20は、第一の波長選択フィルタ17を通過後、第二の光機能集積基板16内を伝播する。さらに、光機能集積基板16の基板平面に対し絶対値 ϕ_1 の角度を有する傾斜面15にて屈折しながら基板外部に出射され、ファイバ19に入射される。この時、光機能集積基板14および16の傾斜角が平行、すなわち ϕ_1 が等しい場合、発光素子10から基板に垂直な角度で光機能集積基板14に入射された光は、スネルの法則に基づき、光機能集積基板16から基板に垂直な角度で出射される。

20

【0021】

上記の光モジュール構造とすることによっても、実施例1の説明した構造と同様の効果が得られる。なお、本構造においても実施例1の構造と同様に、光素子搭載基板12の材料はSiなどの半導体或いはセラミックが好ましく、第一の光機能集積基板14および第二の光機能集積基板16の材料は、伝播光の波長に対して透明な材料である必要があり、石英ガラス、或いはSi、InP、GaAs等が好適である。また、光ファイバ19から光機能集積基板平面に対して垂直に入出射される光20、21が光機能集積基板14、15を通過し、光素子搭載基板12上の発光素子10及び受光素子11に対して垂直に授受されるように、第一の傾斜面13と第二の傾斜面15および第三の傾斜面30の傾斜角度 Φ_1 が等しい、すなわち平行であることが好ましい。

30

さらに図2の構造では、光ファイバ19から出射された光21が、第二の傾斜面15および光機能集積基板16を通過し、第一の波長選択フィルタ17で反射され、第二の光機能集積基板16と外部物質との界面61で反射される構成としている。ここで、第二の光機能集積基板16を伝播する光が外部物質との界面61で全反射条件を満たしていないと、光が外部に放出し過剰損失となってしまうため、界面61に反射膜23を施す必要がある。これによって部品、工程数の追加が必要である。そこで、図2に示す光モジュールにおいて、第二の傾斜面15の傾斜角度を Φ_1 、第二の光機能集積基板14の屈折率を n_2 、第二の光機能集積基板を取り囲む物質の屈折率を n_1 とすると、伝播光が界面61で全反射条件となるように、 $\Phi_1 - \sin^{-1}(n_1/n_2 \sin \Phi_1) - \sin^{-1}(n_1/n_2) \geq 0$ の関係で構成することにより、前記反射膜23は不要となる。

40

（実施例3）

図3（a）乃至図3（f）および図4（a）乃至図4（d）は、本発明の第三の実施例として、図1に示した光モジュール構造の作製方法を説明する図である。

【0022】

手順として、先ず図3（a）のように前述した第一及び第二の光機能集積基板14、16のベースとなるSiなど基板上に、酸化膜などのマスク35をパターン形成する。次に図3（b）のように基板14、16の表面をエッチングし、角度 Φ_1 の傾斜面13、15を

50

形成する。エッチング方法として、切削加工、ドライエッチ或いはウェットエッチングなど様々な手法が選択出来るが、Si基板に対しては結晶方位によって任意の角度が決まり、物理加工に比べて比較的平滑なエッチング表面が得られる水酸化カリウム（KOH）水溶液によるウェットエッチングが望ましい。また、傾斜角度 $\Phi 1$ はSi（110）平面基板をそのままエッチングすると約54度となるが、その他任意の角度で形成する場合は、予め結晶表面に傾斜角度をもつオフ基板を使用することにより、角度制御が可能となる。次に図3（c）で基板14に形成した傾斜面13上に波長選択フィルタ17を形成することにより、第一の光機能集積基板14が完成される。波長選択フィルタ17は多層誘電体膜で形成し、ここでは発光素子から出射される光の波長を $1.31\mu\text{m}$ 、受光素子へ入射される光の波長を $1.55\mu\text{m}$ としているため、 $1.31\mu\text{m}$ の波長光を透過し、 $1.55\mu\text{m}$ の波長光を反射する機能を有している。また同様に、図3（d）では基板16に形成した傾斜面15上に反射膜18を形成することにより、第二の光機能集積基板15が完成される。この場合、波長選択フィルタ18は $1.55\mu\text{m}$ の波長光を反射する機能を有している。また、図3（e）では基板12上に発光素子10および受光素子11を載置し、光素子搭載基板12を作製する。なお、光素子を搭載する際に、後の光機能集積基板実装を考慮して基板表面から素子が出ないように溝部40を設けておくことが有効である。最後に図3（f）のように、光素子搭載基板12上に傾斜面13が上向きになるように第一の光機能集積基板14を載置し、さらにその上に傾斜面15が下向きになるように第二の光機能集積基板16を載置することにより、本発明の光モジュール構造が完成される。

【0023】

次に、図4（a）～（f）に前述の作製手順をウェハスケールで表している。図3の説明と同様に、図4（a）で基板14の面内にマスクパターンを形成した状態でエッチングすることにより、複数の傾斜面13-1、13-2、…13-Nを同時に作製する。また、各傾斜面上に複数の波長選択フィルタ17-1、17-2、…17-Nを蒸着或いはスパッタリング法にて同時に形成することによって第一の光機能集積基板14をウェハレベルで作製できる。なお、この時基板14表面の外側にアライメントマーク42をメタル或いは誘電体膜、もしくは基板の直接加工によって形成しておく。図4（b）で、基板16の面内に前述と同じ手法にて複数の傾斜面15-1、15-2、…15-Nおよび複数の反射膜18-1、18-2、…18-Nおよびアライメントマーク43を形成し、第一の光機能集積基板16を作製する。さらには図4（c）のように基板12の面内にウェットエッチング等にて複数の溝部40-1～Nおよびアライメントマーク41を作製し、各溝部上に発光素子10-1～N、受光素子11-1～Nをそれぞれ載置することにより、光素子搭載基板12をウェハレベルで作製できる。最後に図4（d）のように光素子搭載基板12上に第一および第二の光機能集積基板14、16をそれぞれアライメントマーク41、42、43を使って位置決めを行いながら貼り合わせる。なお、貼り合わせの手法は特に限定しないが、通常の電気実装で実施される半田を用いた方法や、半田レスのウェハ接合技術などの手法によっても作製可能である。その後、貼りあわせた基板をダイシング等によりチップ化することによって、1枚のウェハから複数の本モジュール44-1～Nが作製されるため、量産に適している。

（実施例4）

図5、図6は、本発明の第四の実施例の光モジュールの断面図である。図5では第一の実施例の光モジュール構造において、光素子と第一の傾斜面とを結ぶ光路間、および光ファイバと第二の傾斜面とを結ぶ光路間にレンズを設けた構造例を示す。

【0024】

図5のように、実際の光モジュールでは発光素子10および受光素子11と光ファイバ19との間で授受される光20、21は任意のビーム系と拡がり角度をもって伝播する。このため、光ファイバ19および各光素子の高い光結合効率と、波長選択フィルタ17、および反射膜18の安定なフィルタ特性を得るために、光モジュール内伝播光を集光或いはコリメートするためのレンズを設ける事が有効である。そこで図5の例では、光素子搭載基板12上の発光素子10および受光素子11と、第一の傾斜面13とを結ぶ光路間に

レンズ５３、５４を有する基板５２と、光ファイバ１９と第二の光機能集積基板１６に設けられた第二の傾斜面１５とを結ぶ光路間にレンズ５１を有する基板５０を載置している。

【００２５】

本構成によって、光素子搭載基板１２上の発光素子１０から出射された光２０が、レンズ５０によって平行ビームに変換され、レンズ基板５２、第一の光機能集積基板１４および第一の波長選択フィルタ１７および第二の光機能集積基板１６、レンズ基板５０を通過し、再度レンズ５１によって集光され、基板の外部に設けられた光ファイバ１９と光接続される。また、光ファイバ１９から出射された光２１が、レンズ５１によって平行ビームに変換され、レンズ基板５０、第二の光機能集積基板１６を通過し、第一の波長選択フィルタ１７および反射膜１８で反射された後、第二の光機能集積基板１４、レンズ基板５２を通過し、レンズ５４によって集光され、光素子搭載基板１２上の受光素子１１に入射される。これによって光ファイバ１９および各光素子の高い光結合効率と、波長選択フィルタ１７、および反射膜１８の安定なフィルタ特性を得ることが可能となる。

10

【００２６】

また同様に、図６に第二の実施例の光モジュール構造において、光素子と第一、第三の傾斜面とを結ぶ光路間、および光ファイバと第二の傾斜面とを結ぶ光路間にレンズを設けた構造例を示す。本構成とすることによっても、前述した光ファイバ１９および各光素子の高い光結合効率と、波長選択フィルタ１７、２２の安定なフィルタ特性を得ることが出来る。なお、光ファイバ１９と第二の光機能集積基板１６に設けられた第二の傾斜面１５とを結ぶ光路間に設けるレンズは、図６に示すレンズ６０のように光モジュールから離隔していても良く、例えばパッケージ側に設けられていても、その作用は同じである。

20

（実施例５）

図７、図８は、本発明の第五の実施例の光モジュールの断面図である。図７では第一の実施例の光モジュール構造において、光モジュールで授受される光が追加された場合の構造例を示す。即ち、図１の実施例では、波長多重数が２であるが、本実施例ではそれが３である。

図７のように、光ファイバ１９から出射される光７２が付加された場合、それに伴い、第一の光機能集積基板１４上に第三の波長選択フィルタ７０と、光素子搭載基板１２上に受光素子７１を追加すれば良い。

30

【００２７】

この場合、光ファイバ１９から出射された光７２は、第二の光機能集積基板１６を通過し、第一の波長選択フィルタ１７および反射膜１８および第三の波長選択フィルタ７０、さらに反射膜１８で多重反射された後、第二の光機能集積基板１４、光素子搭載基板１２上の受光素子７１に入射される。このように、本構造によって機能拡張する場合においても、最小限の部品数及び工程数で１芯３波対応の光モジュールの作製が可能である。また、同様に図８では第二の実施例の光モジュール構造において、光モジュールで授受される光が追加された場合の構造例を示す。本例においても、ファイバ１９から出射される光８２が付加された場合に伴い、第一の光機能集積基板１４上に第三の波長選択フィルタ８０と、光素子搭載基板１２上に受光素子８１を追加することで光モジュールが作製できる。

40

（実施例６）

図９は、本発明の第六の実施例の光モジュールの断面図である。図９では第一の実施例の光モジュールをパッケージ化した際の構造例を示す。

【００２８】

本構造では、光素子搭載基板１２とレンズ基板５２と、第一及び第二の光機能集積基板１４、１６およびレンズ基板５０がそれぞれ基板厚み方向に載置された光モジュール９６をパッケージ９７上に載置している。

【００２９】

また、素子搭載基板１２にメタル蒸着などによって電気線路９０、９１を設け、同電気線路と発光素子１０及び受光素子１１とが電気接続されるように各光素子を載置している

50

。また、電気線路 90、91 はパッケージに設けられた電気端子 93、95 とメタルワイヤ 92、94 を通して接続されることにより、光モジュール 96 とパッケージ 97 外部とで電源或いは電気信号の授受がされる構造としている。

【0030】

また、パッケージ上面の任意の位置にレンズ 60 を載置することにより、発光素子 10 および受光素子 11 と、パッケージ外部に設けられた光ファイバ 19 間を伝播する光 20、21 が光モジュール 96 およびレンズ 60 を介して光学的に接続される構成としている。

【0031】

このように本発明の光モジュールでは、前述した LD、PD、WDM フィルタの各光部品を空間的に配置した従来の BIDI モジュールと比較して、1 パッケージ内にチップスケールにて全ての光機能を集積したモジュールを実現できるため、光モジュールの小型化・量産性に優れている。また、本構成によってパッケージ外部に設けられた光ファイバ 19 と光モジュール 96 はレンズ 60 を介して空間的に光学接続され、パッケージを気密封止できるため、光モジュールの高信頼性も満足できる。

（実施例 7）

図 10 は、本発明の第七の実施例である光モジュールの断面図である。

図 10 の構成では、発光素子 100 と受光素子 101 が、基板表面の水平方向直線上にそれぞれ載置された光素子搭載基板 102 と、基板の一方の面内に基板平行に対して角度を有し、基板厚み方向の伝播光又は水平方向の伝播光の光路を 90 度だけ変換するための第一の傾斜面 104 と、第一の傾斜面と同一面上に、基板平行に対して角度を有し、基板厚み方向又は水平方向伝播光を 90 度光路変換するための第二の傾斜面 105 と、第一の傾斜面 104 と第二の傾斜面 105 との間の光路に、基板平面の方向に対して所定の角度を有する波長選択フィルタ 106 がそれぞれ設けられた光機能集積基板 111 がそれぞれ設けられている。

【0032】

また、本構成では上記光素子搭載基板 102 と、光機能集積基板 111 とをそれぞれ基板厚み方向に積層している。本構成によって、光素子搭載基板 102 上の発光素子 100 から基板上部に向かって出射された光 107 が、光機能集積基板 111 に設けられた波長選択フィルタ 106 で基板水平方向に光路変換し、光機能集積基板内を伝播した後、第一の傾斜面 104 で基板厚み方向に光路変換され、基板の外部に設けられた光ファイバ 107 と光接続される。さらに、光ファイバ 109 から光機能集積基板 111 に向かって出射された、発光素子 100 の出射光 107 とは異なる波長の光 108 が、光機能集積基板 111 に設けられた第一の傾斜面 104 で基板水平方向に光路変換され、波長選択フィルタ 106 を透過し、第二の傾斜面 105 で基板厚み方向に光路変換され、光素子搭載基板上の受光素子 101 へ入射される、一芯双方向光モジュールの機能を有することが出来る。なお、第二の傾斜面 105 上には反射膜 110 が設けられている。

本構成によって、前述した第一の実施例の光モジュールと比較して、1 つの光機能集積基板と 1 つの光機能集積基板で光モジュールを作製できるため、さらなる光モジュール小型・高集積化が実現できる。

【0033】

また、第一、第三の実施例で説明した光モジュールと同様に、本光素子搭載基板 102 と光機能集積基板 111 はそれぞれウェハプロセスで作製可能であるため、別体の光部品を基板上に各々実装する従来の方式と比べて、部品数、作製工程数の大幅な削減による低コスト化が期待できる。

【0034】

ここで、光機能集積基板 111 に設けられた第一の傾斜面 104 および第二の傾斜面 105 で伝播光を 90 度折り返すための光反射膜 110 を設ける必要がある。反射膜の材料は特に限定しないが、反射部の損失を考慮すると、少なくとも伝播光の波長に対して 70 % 以上の反射率を有するメタル或いは多層誘電膜が望ましい。

【0035】

また、光素子搭載基板102の材料は第一、第三の実施例で説明した光モジュールと同様に、Siなどの半導体或いはセラミックが好ましく、光機能集積基板111の材料についても、伝播光の波長に対して透明な材料である必要があり、石英ガラス、或いはSi、InP、GaAs等が好適である。

【0036】

また、光機能集積基板111に設ける波長選択フィルタ106はSiを斜め深溝加工することによって形成した回折格子形状に形成することにより、同一基板上に光路変換とフィルタ機能を有する光機能集積基板111がウェハプロセスで一括に作製できる。

(実施例8)

10

図11は、本発明の第八の実施例の光モジュールの断面図である。図11では第七の実施例の光モジュール構造において、光モジュールで授受される光が追加された場合、ならびに光素子と波長選択フィルタ106、123および第二の傾斜面105とを結ぶ光路間、および光ファイバと第一の傾斜面とを結ぶ光路間にレンズ125、126、127を設けた構造例を示す。

【0037】

図11のように、光ファイバ19から出射される光122が付加された場合、それに伴い、光機能集積基板111上に第二の波長選択フィルタ123と、光素子搭載基板102上に受光素子121を追加すれば良い。

【0038】

20

また、そこで図11の例では、光素子搭載基板102上の発光素子100と第一の波長選択フィルタ106、および受光素子101と第二の波長選択フィルタ123、および受光素子121と第二の傾斜面105とを結ぶそれぞれの光路間にレンズ125、126、127を有する基板128を載置するとともに、光機能集積基板111に設けられた第一の傾斜面124を凹型曲面形状としている。

【0039】

本構造によって、光素子搭載基板102上の発光素子100から基板上部に向かって出射された光107が、レンズ125によって平行ビームに変換され、レンズ基板128、光機能集積基板111を通過し、波長選択フィルタ106で基板水平方向に光路変換し、光機能集積基板内を伝播した後、第一の傾斜面124で基板厚み方向に光路変換されるとともに集光され、基板の外部に設けられた光ファイバ107と光接続される。

30

【0040】

さらに、光ファイバ109から光機能集積基板111に向かって出射された、発光素子100の出射光107とは異なる波長の光108が、光機能集積基板111に設けられた第一の傾斜面124で基板水平方向に光路変換されるとともに平行ビームに変換され、第一の波長選択フィルタ106を透過し、第二の波長選択フィルタで基板厚み方向に光路変換された後、光機能集積基板111、レンズ基板128、光機能集積基板110を通過し、レンズ126にて集光され、光素子搭載基板上の受光素子101へ入射される。なお、光ファイバ109から光ファイバ109から光機能集積基板111に向かって出射される、もう一つの波長光127も前述の光126と同様の光路を経て受光素子121に入射される。

40

【0041】

これによって前述した第四の実施例の光モジュールと同様に、光ファイバ19および各光素子の高い光結合効率と、波長選択フィルタ106、123の安定なフィルタ特性を得ることが可能となる。

【0042】

また、本モジュールを前述した第六の実施例と同様にパッケージ化した際においても、1パッケージ内にチップスケールにて全ての光機能を集積した、小型化・量産性に優れる光モジュールを実現できる。

【0043】

50

なお、図面中で使用する符号の説明は次の通りである。

10, 100, 135, 141, 1200…発光素子、11, 71, 81, 101, 121, 132, 143, 1300…受光素子、12, 102…光素子搭載基板、12a, 14a, 16a…基板表面、13, 15, 30, 104, 105, 124…傾斜面、14, 16, 111…光機能集積基板、17, 22, 70, 80, 106, 123, 137, 142…波長選択フィルタ、18, 23, 110…反射膜、19, 109, 130, 144…光ファイバ、20, 21, 72, 82, 107, 108, 122…伝播光、35…エッチングマスク、40…溝部、41, 42, 43…アラインメントマーク、44, 96…光モジュール（チップ）、50, 52, 128…レンズ基板、51, 53, 54, 60, 125, 126, 127, 131, 134…レンズ、61…光機能集積基板／基板外物質界面、90, 91…電気配線、92, 94…メタルワイヤ、93, 95…パッケージ電気端子、97, 133, 136, 138…パッケージ、140, 1100…基板、145…光導波路、1100a, 1100b…V溝、1400a, 1400b…レンズ素子、1500…波長分波器。

上記実施例に関連する技術的事項は以下の通りである。

1. 2, 3枚型基本

少なくとも1つの発光素子と受光素子が、基板表面の水平方向直線上にそれぞれ載置された光素子搭載基板と、

伝播光の波長に対して透明な材料の基板であって、該基板の一方の面内に基板平行に対して角度を有し、基板厚み方向を伝播する光を屈折するための第一の傾斜面が少なくとも1つ設けられた第一の光機能集積基板と、

前記第一の基板とは別の、伝播光の波長に対して透明な材料でできた基板の一方の面内に基板平行に対して角度を有し、基板厚み方向を伝播する光を屈折するための第二の傾斜面が少なくとも1つ設けられた第二の光機能集積基板とを有し、

前記第一の傾斜面と第二の傾斜面の間の光路に、伝播光の波長透過率がそれぞれ異なる第一および第二の波長選択フィルタが少なくとも2つ載置され、

前記光素子搭載基板上の発光素子から出射された光が、前記第一の光機能集積基板および第一の波長選択フィルタおよび前記第二の光機能集積基板を通過し、該基板の外部に設けられた一つの光ファイバと光接続されるとともに、

前記光ファイバから出射された、前記発光素子の出射光とは異なる波長の光が、前記第二の光機能集積基板を通過した後、第一の波長選択フィルタおよび第二の波長選択フィルタで反射、または第一の波長選択フィルタおよび第二の波長選択フィルタで反射され、第二の波長選択フィルタを通過し、前記第二の光機能集積基板を通過して前記光素子搭載基板上の受光素子へ入射されるように、

前記光素子搭載基板と、第一および第二の光機能集積基板がそれぞれ基板厚み方向に載置されていることを特徴とする光モジュール。

2. 傾斜面（1）、（2）角が平行

上記1記載の光モジュールにおいて、前記第一の光機能集積基板に設けられた第一の傾斜面と前記第二の光機能集積基板に設けられた第二の傾斜面の角度が平行をなすことを特徴とする光モジュール。

3. 1枚型モジュール作製方法

上記1記載の光モジュールにおいて、前記第一の光機能集積基板に設けられた第一の傾斜面と前記第二の光機能集積基板に設けられた第二の傾斜面を、それぞれウエハ上でエッチングによって形成し、前記光素子搭載基板と、第一および第二の光機能集積基板をそれぞれウエハレベルで基板厚み方向に一括に貼り合せ、切断によってチップ化して形成する光モジュールの製造方法

4. レンズ付加

上記2記載の光モジュールにおいて、前記光素子搭載基板上の光素子と前記第一の光機能集積基板に設けられた第一の傾斜面とを結ぶ光路間、または前記光ファイバと前記第二の光機能集積基板に設けられた第二の傾斜面とを結ぶ光路間の少なくとも一方にレンズが設けられていることを特徴とする光モジュール。

5. 光素子詳細

上記2記載の光モジュールにおいて、前記光素子搭載基板上に載置された光素子は、授受する光の波長がそれぞれ異なる面発光型ダイオードと面受光型ダイオードであることを特徴とする光モジュール。

6. 傾斜溝角度と屈折率の関係

上記2記載の光モジュールにおいて、前記第二の光機能集積基板に設けられた第二の傾斜面の角度 $\Phi 1$ と、前記第二の光機能集積基板の屈折率 $n 2$ と第二の光機能集積基板を取り囲む物質の屈折率 $n 1$ とが全反射条件 $\Phi 1 - \sin^{-1}(n 1 / n 2 \sin \Phi 1) - \sin^{-1}(n 1 / n 2) \geq 0$ の関係で構成されていることを特徴とする光モジュール。

7. 基材限定

上記2記載の光モジュールにおいて、前記光素子搭載基板と前記第一及び第二の光機能集積基板の材料がSiである事を特徴とする光モジュール。

8. 傾斜溝の構造限定

上記7記載の光モジュールにおいて、前記第一の光機能集積基板に設けられた第一の傾斜面と前記第二の光機能集積基板に設けられた第二の傾斜面が、それぞれ基板の結晶方位でおりなす角度で形成されていることを特徴とする光モジュール。

9. パッケージ構造

上記4記載の光モジュールにおいて、前記光素子搭載基板と前記第一及び第二の光機能集積基板がパッケージ上に載置されると共に、光素子搭載基板に載置された光素子とパッケージに設けられた電気端子とが、光素子搭載基板に形成された電気線路を介して電氣的に接続され、

第一及び第二の光機能集積基板と前記波長選択フィルタを介して、光素子と光学的に接続される前記光ファイバが、パッケージ上面に載置されたことを特徴とする光モジュール。

10. (独立2)1枚型基本

少なくとも1つの発光素子と受光素子が、基板表面の水平方向直線上にそれぞれ載置された光素子搭載基板と、

伝播光の波長に対して透明な材料の基板であって、該基板の一方の面内に基板平行に対して角度を有し、基板厚み方向又は水平方向伝播光を90度光路変換するための第一の傾斜面と、前記第一の傾斜面と同一面上に、基板平行に対して角度を有し、基板厚み方向又は水平方向伝播光を90度光路変換するための第二の傾斜面がそれぞれ設けられ、

前記第一の傾斜面と第二の傾斜面との間の光路に、基板平行に対して角度を有する波長選択フィルタが少なくとも1つ設けられた光機能集積基板を有し、

前記光素子搭載基板上の発光素子から基板上部に向かって出射された光が、前記光機能集積基板に設けられた波長選択フィルタで基板水平方向に光路変換され、光機能集積基板内を伝播し、前記第一の傾斜面で基板厚み方向に光路変換され、該基板の外部に設けられた一つの光ファイバと光接続されるとともに、

前記光ファイバから前記光機能集積基板に向かって出射された、前記発光素子の出射光とは異なる波長の光が、光機能集積基板に設けられた第一の傾斜面で基板水平方向に光路変換され、前記波長選択フィルタを透過し、前記第二の傾斜面で基板厚み方向に光路変換され、光素子搭載基板上の受光素子へ入射されるように、

前記光素子搭載基板と光機能集積基板が基板厚み方向に載置されていることを特徴とする光モジュール。

11. 1枚型モジュール作製方法

上記10記載の光モジュールにおいて、前記光機能集積基板に設けられた第一乃至第二の傾斜面を、それぞれウエハ上でエッチングによって形成し、前記光素子搭載基板と、光機能集積基板をそれぞれウエハレベルで基板厚み方向に一括に貼り合せ、切断によってチップ化して形成する光モジュールの製造方法。

12. 傾斜面に反射膜

上記10記載の光モジュールにおいて、前記前記光機能集積基板に設けられた第一乃至第二の傾斜面に伝播光の波長に対する反射率が70%以上の光反射膜が形成されていること

10

20

30

40

50

を特徴とする光モジュール。

13. 基材限定

上記12記載の光モジュールにおいて、前記光素子搭載基板と光機能集積基板の材料がSiである事を特徴とする光モジュール。

14. 傾斜溝の構造限定

上記13記載の光モジュールにおいて、前記光機能集積基板に設けられた第一乃至第二の傾斜面が、それぞれ基板の結晶方位でおりなす角度で形成されていることを特徴とする光モジュール。

15. フィルタ詳細

上記13記載の光モジュールにおいて、前記光機能集積基板に設けられた波長選択フィルタがSiを深溝加工することによって形成した回折格子であることを特徴とする光モジュール。

10

16. レンズ付加

上記12記載の光モジュールにおいて、前記光素子搭載基板上の光素子と前記光機能集積基板に設けられた波長選択フィルタおよび第二の傾斜面とを結ぶ光路間、または前記光ファイバと前記第一の傾斜面とを結ぶ光路間の少なくとも一方にレンズが設けられていることを特徴とする光モジュール。

17. 傾斜面(3)レンズ形状

上記16記載の光モジュールにおいて、前記第一の傾斜面が凹型曲面形状をなすことを特徴とする光モジュール。

20

18. パッケージ構造

上記16記載の光モジュールにおいて、前記光素子搭載基板と光機能集積基板がパッケージ上に載置されると共に、光素子搭載基板に載置された光素子とパッケージに設けられた電気端子とが、光素子搭載基板に形成された電気線路を介して電氣的に接続され、光機能集積基板に設けられた第一乃至第二の傾斜面と前記波長選択フィルタを介して、光素子と光学的に接続される前記光ファイバが、パッケージ上面に載置されたことを特徴とする光モジュール。

【産業上の利用可能性】

【0044】

1本の光ファイバで複数の波長の光を伝送する、波長多重光伝送や1芯双方向光伝送の端末機として用いられる光モジュールに関して、低損失な光学特性及び高信頼性を保ちつつ、ウェハプロセス等の一括作製によって光部品数、実装工程数を大幅削減し、小型化且つ高い歩留まりを実現可能な光モジュールおよびその製造方法を提供できる。

30

【図面の簡単な説明】

【0045】

【図1】図1は、本発明の第一の実施例である光モジュールの斜視図及び断面図である。

【図2】図2は、本発明の第二の実施例の光モジュールの断面図である。

【図3】図3は、本発明の第三の実施例として、光モジュール構造の作製方法を説明する図である。

【図4】図4は、本発明の第三の実施例として、光モジュール構造の作製方法をウェハスケールで表している図である。

40

【図5】図5は、本発明の第四の実施例の光モジュールの断面図であり、第一の実施例の光モジュール構造にレンズを設けた構造例を示す。

【図6】図6は、本発明の第四の実施例の光モジュールの断面図であり、第二の実施例の光モジュール構造にレンズを設けた構造例を示す。

【図7】図7は、本発明の第五の実施例の光モジュールの断面図であり、第一の実施例の光モジュール構造において、光モジュールで授受される光が追加された場合の構造例を示す。

【図8】図8は、本発明の第五の実施例の光モジュールの断面図であり、第二の実施例の光モジュール構造において、光モジュールで授受される光が追加された場合の構造例を示

50

す。

【図 9】図 9 は、本発明の第六の実施例の光モジュールの断面図である。

【図 10】図 10 は、本発明の第七の実施例である光モジュールの断面図である。

【図 1 1】図 1 1 は、本発明の第八の実施例の光モジュールの断面図である。

【図 1 2】図 1 2 は、従来モジュールの第 1 の方式である、BIDIモジュールの基本構成図である。

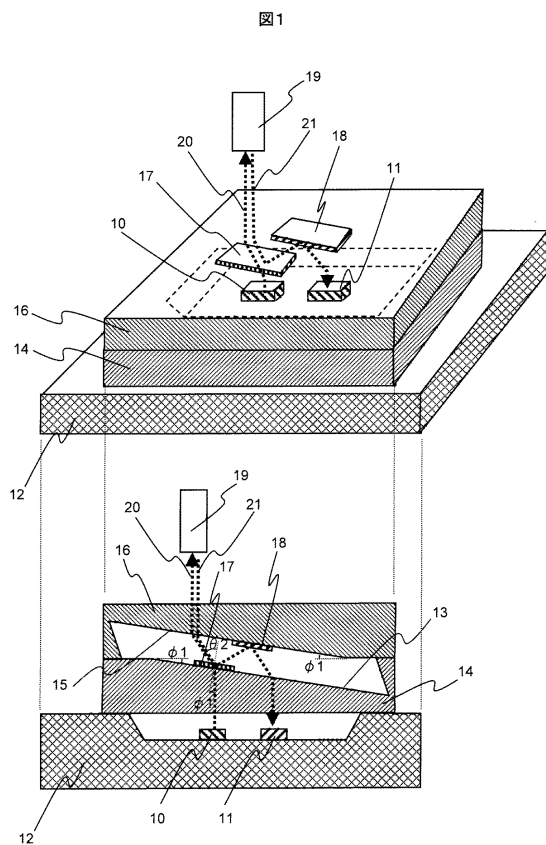
【図 1 3】図 1 3 は、従来モジュールの第 2 の方式である、PLCモジュールの基本構成図である。

【図 14 (a)】図 14 (a) は、特許文献 1 に開示されている、従来の光モジュール実装構造の斜視図である。

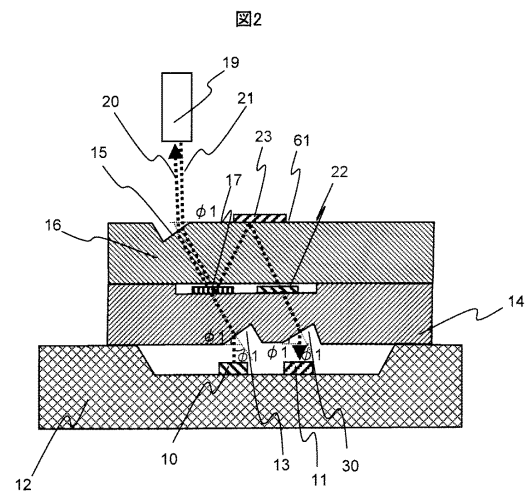
【図 1 4 (b)】図 1 4 (b) は、特許文献 1 に開示されている、従来の光モジュール実装構造の上面図である。

10

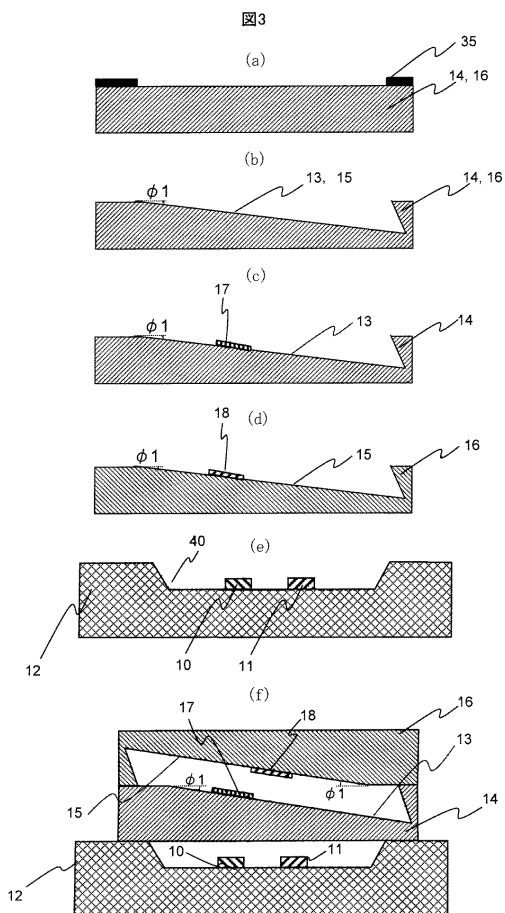
【図 1】



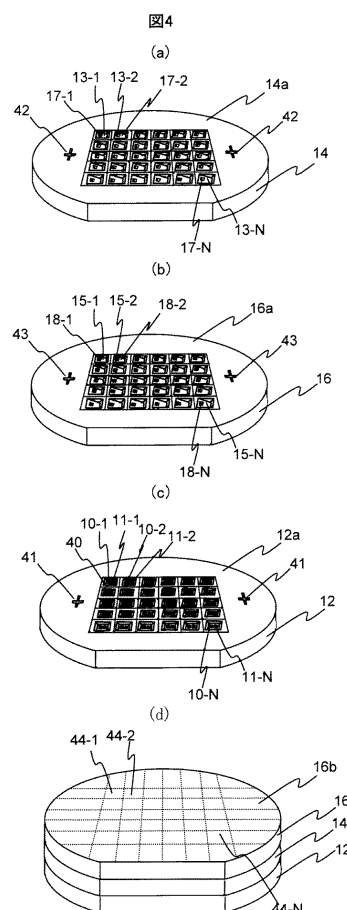
【図 2】



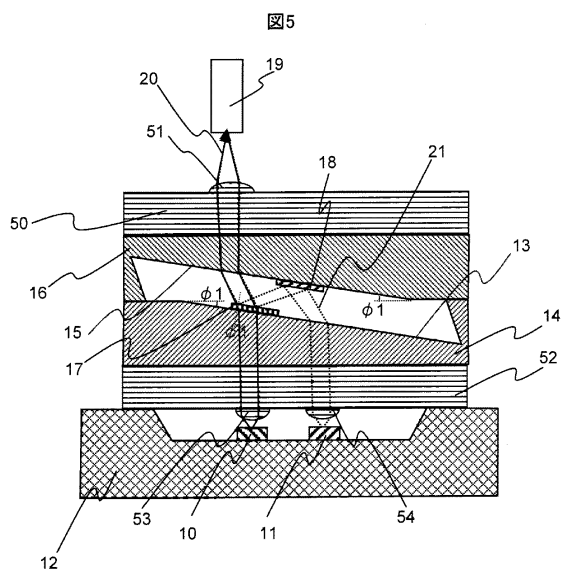
【図 3】



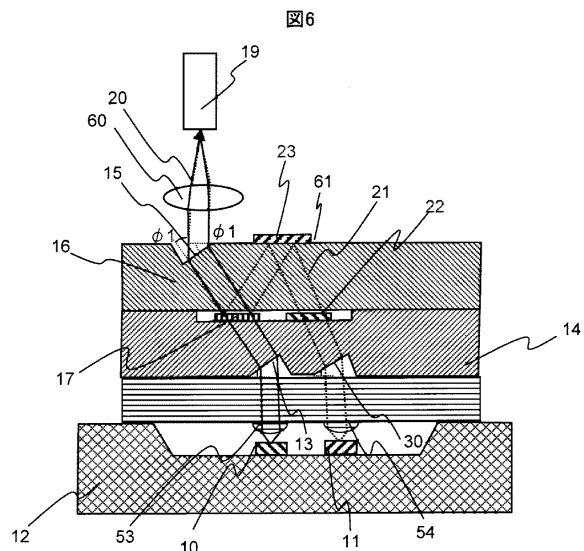
【図 4】



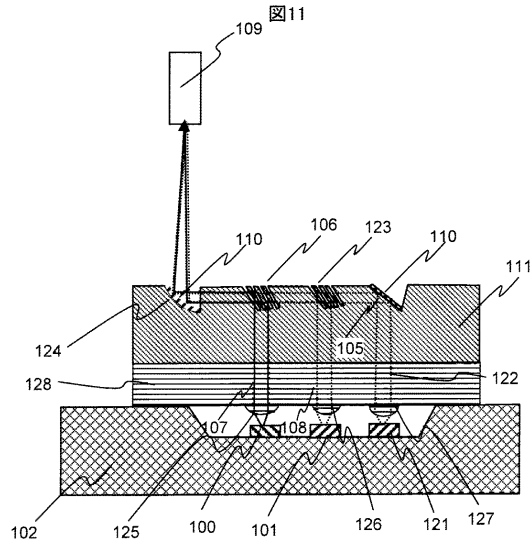
【図 5】



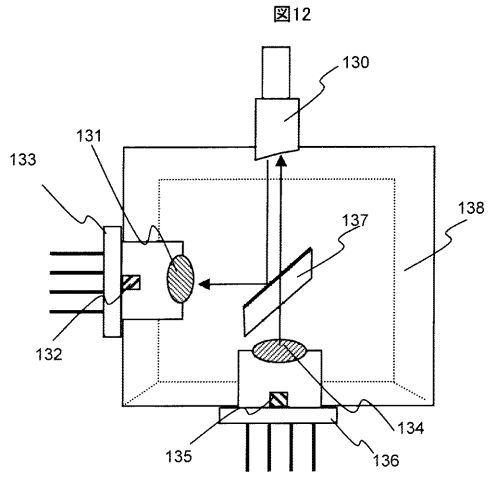
【図 6】



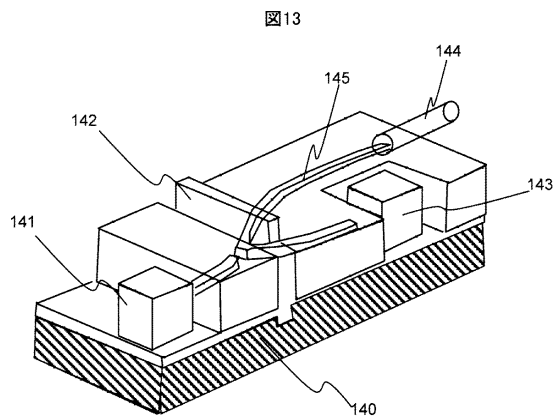
【図 1 1】



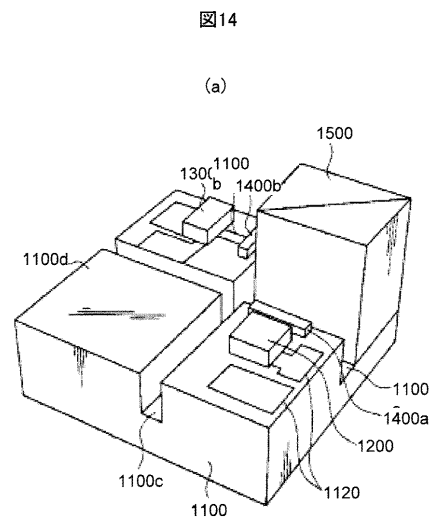
【図 1 2】



【図 1 3】

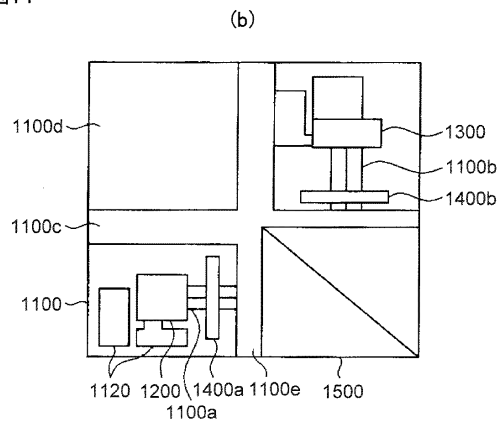


【図 1 4 (a)】



【図14(b)】

図14



フロントページの続き

審査官 石原 徹弥

- (56)参考文献 特開2005-257911 (JP, A)
特開平10-115732 (JP, A)
実開昭61-068209 (JP, U)
特開2004-279892 (JP, A)
特開平11-311721 (JP, A)
特開2000-321464 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 6/42