

(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2013-12548

(P2013-12548A)

(43) 公開日 平成25年1月17日(2013.1.17)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)		
<b>HO1S</b>	<b>5/022</b>	<b>(2006.01)</b>	HO1S	5/022	2H137
<b>HO1L</b>	<b>25/16</b>	<b>(2006.01)</b>	HO1L	25/16	A 2H147
<b>GO2B</b>	<b>6/122</b>	<b>(2006.01)</b>	GO2B	6/12	B 5F173
<b>GO2B</b>	<b>6/42</b>	<b>(2006.01)</b>	GO2B	6/42	

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2011-143438 (P2011-143438)	(71) 出願人	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(22) 出願日	平成23年6月28日 (2011.6.28)	(74) 代理人	110000350 ポレール特許業務法人
		(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	井戸 立身 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	斎藤 慎一 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

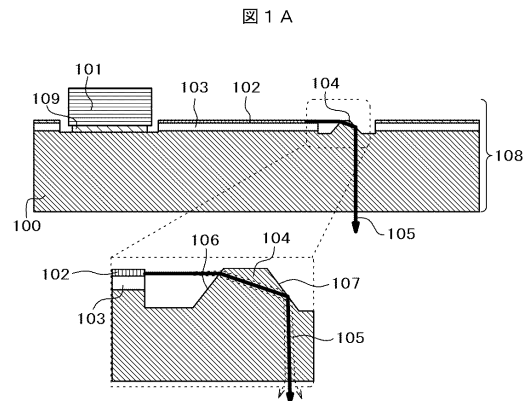
(54) 【発明の名称】 光モジュールおよび光電気混載ボード

(57) 【要約】

【課題】データ処理装置などの機器間又は機器内において、チップ間やボード間で送受信される高速光信号を伝送する際に、安価な作製手段で伝送速度高速化、小型・集積化、および部品実装性に優れるSi集積の光モジュールおよび光電気混載ボードを提供する。

【解決手段】Si同一基板100上に、レーザ光源素子101と、Si基板100に直接設けられたSi導波路102とを具備し、Si導波路102が基板水平方向に形成され、Si導波路光出射端からの光軸延長線上に、基板平行に対して傾斜角を有する第1のテーパ面106と、それと対向する位置に基板平行に対して傾斜角を有する第2のテーパ面107がそれぞれ表面に露呈した光路変換部106を設け、基板外部との間でやりとりされる光信号が、光路変換部104およびSi基板100内部を介して基板垂直方向に光学的に接続される光モジュールとする。

【選択図】 図1A



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

Si 基板上に載置されたレーザ光源素子と、  
該 Si 基板の主面に設けられ該レーザ光源素子から出射される光を導波する Si 導波路と、

前記 Si 導波路の光出射端からの光軸延長線上に、前記レーザ光源素子から放出される光の光路を変換する光路変換部とを具備し、

前記光路変換部は、前記 Si 基板の主面に対して第 1 の傾斜角を有する第 1 のテーパ面と、該第 1 のテーパ面と対向する位置に前記 Si 基板の主面に対して第 2 の傾斜角を有する第 2 のテーパ面と、前記第 1 のテーパ面と前記第 2 のテーパ面とに狭持された前記 Si 10  
基板で構成された本体部とを有し、

前記 Si 導波路から出射された光が、前記光路変換部の第 1 のテーパ面で屈折され、前記本体部を伝搬した後、前記第 2 のテーパ面で反射されることによって、前記レーザ光源素子、および前記 Si 導波路と、前記 Si 基板外部との間でやりとりされる光信号が、前記光路変換部および前記 Si 基板内部を介して前記 Si 基板の主面に対して垂直方向に光学的に接続されることを特徴とする光モジュール。

## 【請求項 2】

前記 Si 基板は、表面 Si 層の間に酸化膜を挿入した SOI (Si - On - Insulator) 構造を有する基板であることを特徴とする請求項 1 に記載の光モジュール。

## 【請求項 3】

前記光路変換部の第 1 および第 2 のテーパ面は、Si (111) 方位面が表面に露出していることを特徴とする請求項 1 に記載の光モジュール。 20

## 【請求項 4】

前記光路変換部の第 1 および第 2 のテーパ面の天頂部が、前記 Si 導波路の光出射端の上端よりも高い位置に配設されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光モジュール。

## 【請求項 5】

前記 Si 導波路の光出射端と前記光路変換部の少なくとも入射側との間の光路に、空気屈折率よりも大きく、Si の屈折率よりも小さい屈折率を有する媒体を挿入したことを特徴とする請求項 1 に記載の光モジュール。 30

## 【請求項 6】

前記 SOI 基板上に載置されるレーザ光源素子は、化合物半導体材料で作製されたレーザ素子であり、該レーザの発振光波長が 980nm 以上であることを特徴とする請求項 2 に記載の光モジュール。

## 【請求項 7】

複数のチャンネルを有するレーザ光源素子と、それぞれのチャンネルに対応して設けられた複数の Si 導波路と、前記複数の Si 導波路から出射される光の光路を変換する光路変換部とを有し、

前記複数の Si 導波路のそれぞれがアレイ状に載置され、

前記光路変換部は、前記本体部が一体で構成され、前記複数の Si 導波路のそれぞれから出射された光を屈折する第 1 のテーパ面と、前記本体部を伝搬した該光を反射する第 2 のテーパ面とを有することを特徴とする請求項 2 に記載の光モジュール。 40

## 【請求項 8】

前記光路変換部は、アレイ状に載置された複数の Si 導波路のそれぞれに対応して個別に設けられ、前記個別の光路変換部が交互に千鳥配置されていることを特徴とする請求項 7 に記載の光モジュール。

## 【請求項 9】

前記 Si 基板上に、前記 Si 基板の主面に対して第 3 の傾斜角を有する第 3 のテーパ面を有する別の光路変換部と受光素子部とが設けられ、

前記 Si 基板の外部から該 Si 基板の垂直方向に入射された光が、Si 基板内部を伝搬 50

した後、前記別の光路変換部に入射した光が前記第3のテーパ面で反射された後、前記受光素子部と光学的に接続されるように、前記別の光路変換部と前記受光素子部がそれぞれ配置されていることを特徴とする請求項1に記載の光モジュール。

【請求項10】

前記受光素子部は、受光部がゲルマニウム材料を用いて作製されていることを特徴とする請求項9に記載の光モジュール。

【請求項11】

前記Si導波路の断面積が、該Si導波路の光出射端近傍で変化していることを特徴とする請求項2に記載の光モジュール。

【請求項12】

光配線基板上に請求項2に記載の光モジュールが載置され、  
前記光配線基板は、クラッド層に囲まれて該クラッド層よりも屈折率の高い材料からなる配線コアから形成され、前記配線コアの端部に光路変換ミラー構造を具備する光導波路が設けられ、

前記光モジュールに搭載されたレーザ光源素子と前記配線コアとの間でやりとりされる光信号が、前記光モジュールを構成するSi基板を介して該Si基板の主面に対して垂直方向に光学的に接続されることを特徴とする光電気混載ボード。

【請求項13】

前記配線コアは、ポリマ材料で形成されていることを特徴とする請求項12に記載の光電気混載ボード。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、データ処理装置などの機器間又は機器内において、チップ間やボード間で送受信される高速光信号を伝送する際の送受信部となる光モジュールおよび、それを用いてボード上にて光及び電気の信号処理を行う光電気ハイブリッド混載ボードに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、一般ユーザに向けたFTTH(Fiber To The Home)などの高速ブロードバンドサービスの普及により、ルータ・サーバを代表とするIT機器の高速・大容量化が急速に進められている。このような状況の中で、IT機器間・内で従来用いられてきた電気インターコネクともチャンネル当り10~25Gbps以上の伝送が要求されている。しかしながら、高速化による高周波ノイズの発生に起因した機器の誤動作や、高周波信号の伝送損失発生による新たな波形調整素子等の必要性などの要因により、その速度限界が問題になってきている。これに対し、光は無誘導性であるため、光信号の伝送線路間におけるノイズ、クロストークは発生しないとともに、反射や損失についても、その変調周波数と無関係であり、制御も容易である。このように、機器間・内の信号伝送線路を光化することによって、10Gbps以上の高周波信号を低損失で伝播可能となるため、配線本数が少なくすむことと、高周波信号に対しても上記の対策が必要無くなるため有望である。また、上記ルータ/スイッチの他にも、ビデオカメラなどの映像機器やPC、携帯電話などの民生機器においても、今後画像高精細化にあたりモニタと端末間での映像信号伝送の高速・大容量化が求められるとともに、従来の電気配線では信号遅延、ノイズ対策等の課題が顕著となるため、信号伝送線路の光化が有効である。

【0003】

このような高速光インターコネクシステムを実現し、機器間・内に適用するためには、安価な作製手段で性能面、小型・集積化、および部品実装性に優れた光モジュール、回路が必要となる。そこで、配線媒体に従来の光ファイバより安価で高密度化に有利な光導波路を用い、基板上に光学部品と光導波路を集積した小型、高速の光モジュールが提案されている。

【0004】

10

20

30

40

50

光インターコネクトシステム向け光モジュールの従来方式の例として、光導波路配線基板上に、発光素子アレイと受光素子アレイ、および集積回路がそれぞれ集積された光モジュールを、半田ボールによって実装した形態が特許文献1に開示されている。本例では、光導波路配線基板上に光モジュールを実装した際に、発光素子アレイ或いは受光素子アレイと光導波路間で、基板垂直方向に光の接続が行われると同時に、光モジュールと光導波路配線基板間で電氣的な接続が行われる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2008-294226号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1に開示されている光モジュールの実装形態によれば、光モジュールには面発光レーザ(VCSSEL)などの表面出射型発光素子や、表面入射型受光素子の実装される。すなわち、光信号がやりとりされる発光面あるいは受光面と、電気信号がやりとりされる電極が、光素子の同一面上に形成されているため、ワイヤボンダ実装により光素子と光導波路間の空間的光学距離が増大することになる。これにより、空間部分での光のビーム拡がりによる光素子-光導波路間光接続損失の増大を引き起こすこととなる。特に受光部では、今後の光モジュール高速化(20Gbps/ch以上)に対して、受光素子の受光径が小さく(20μm以下)となるため、光のビーム拡がりによる光接続損失増大の影響が益々顕著となる。さらに、今後25Gbps/chや40Gbps/chの伝送速度高速化が進むにつれて、光源素子と面発光レーザ(VCSSEL)等に代表される直接変調方式の限界や、ワイヤボンダ実装におけるインダクタンス(L)の影響による電気信号の劣化の影響も顕著となってくると予想される。

20

【0007】

上記のことから、今後のボード内・間大容量・省電力信号伝達を低損失、低コストで実現するために、近年、光モジュールの高速・小型集積化が可能となる、Siフォトニクス技術を融合した集積光モジュールが注目されている。本技術では、Siの1チップ上に光素子や光学部品を集積することによって、部品点数・実装工程を大幅に削減できるとともに、チップスケールの光モジュール小型化が可能となる。また、上記Siを用いたチップスケールの光モジュールの実現課題としては、光素子と光導波路間で、基板垂直方向に光の接続を行うために、Siの基板平行方向に伝搬する光を垂直方向に光路変換するミラー構造の作製方法、および光導波路基板とSi光デバイスとを低損失な光結合構造がそれぞれ挙げられる。

30

【0008】

そこで、本発明の目的は、データ処理装置などの機器間又は機器内において、チップ間やボード間で送受信される高速光信号を伝送する際に、安価な作製手段で伝送速度高速化、小型・集積化、および部品実装性に優れるSi集積の光モジュールおよび、それを用いてボード上基板垂直方向の光素子と光導波路間でやりとりされる光信号の伝達を、低損失且つ高速に行う光電気混載ボードを提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達するために、本願発明の光モジュールの主なものは、以下の通りである。

【0010】

Si基板上に載置されたレーザ光源素子と、該Si基板の主面に設けられ該レーザ光源素子から出射される光を導波するSi導波路と、Si導波路の光出射端からの光軸延長線上に、レーザ光源素子から放出される光の光路を変換する光路変換部とを具備し、光路変換部は、Si基板の主面に対して第1の傾斜角を有する第1のテーパ面と、該第1のテーパ面と対向する位置にSi基板の主面に対して第2の傾斜角を有する第2のテーパ面と、

50

第1のテーパ面と第2のテーパ面とに狭持されたSi基板で構成された本体部とを有し、Si導波路から出射された光が、光路変換部の第1のテーパ面で屈折され、本体部を伝搬した後、第2のテーパ面で反射されることによって、レーザ光源素子、およびSi導波路と、Si基板外部との間でやりとりされる光信号が、光路変換部およびSi基板内部を介してSi基板の主面に対して垂直方向に光学的に接続されることを特徴とする。

【0011】

また、本願発明の光電気混載ボードの主なものは、以下の通りである。

【0012】

光配線基板上に上述した光モジュールが載置され、光配線基板は、クラッド層に囲まれて該クラッド層よりも屈折率の高い材料からなる配線コアから形成され、配線コアの端部に光路変換ミラー構造を具備する光導波路が設けられ、光モジュールに搭載されたレーザ光源素子と配線コアとの間でやりとりされる光信号が、光モジュールを構成するSi基板を介して該Si基板の主面に対して垂直方向に光学的に接続されることを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、光素子と光導波路配線、および光路変換ミラー部がSiの1チップに集積された、小型・高速の光モジュールを得ることができる。また、本発明の光モジュールを、光導波路を設けたボード上に実装することにより、基板垂直方向の光素子と光導波路間でやりとりされる信号が、Si基板を介して高効率に光学接続された光電気混載ボードを提供できる。

20

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1A】本発明の第一の実施例である光モジュールの全体、および光路変換部の拡大断面図である。

【図1B】本発明の第一の実施例である光モジュールの上面斜視図である。

【図2A】本発明の第二の実施例である光モジュールの、光路変換部製造方法の一例の、SOI基板断面図である。

【図2B】本発明の第二の実施例である光モジュールの、光路変換部製造方法の一例の、酸化膜とSi層に溝部を設けた図である。

【図2C】本発明の第二の実施例である光モジュールの、光路変換部製造方法の一例の、溝部にSi再成長層を設けた図である。

30

【図2D】本発明の第二の実施例である光モジュールの、光路変換部製造方法の一例の、Si再成長層にエッチングにてテーパ面を有する光路変換構造を設けた図である。

【図2E】本発明の第二の実施例である光モジュールの、光路変換部製造方法の一例の、Si再成長層の垂直エッチングによってSi薄膜層の光出射端面を設けた図である。

【図2F】本発明の第二の実施例である光モジュールの、光路変換部製造方法の一例の、再表面層の酸化膜除去にてSi導波路を表面に露呈した図である。

【図3】本発明の第三の実施例である光モジュールの全体、および光路変換部の拡大断面図である。

【図4】本発明の第四の実施例である光モジュールの全体、および光路変換部の拡大断面図である。

40

【図5】本発明の第五の実施例である光モジュールの上面斜視図である。

【図6】本発明の第六の実施例である光モジュールの上面斜視図である。

【図7】本発明の第七の実施例である光モジュールの全体、および光路変換部の拡大断面図である。

【図8】本発明の第八の実施例である光モジュールが実装された光電気混載ボードの断面図である。

【図9】本発明の第九の実施例である光モジュールの上面斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

50

以下に、図面を用いて、本発明の実施の形態を詳細に述べる。

【実施例 1】

【0016】

図 1 A および図 1 B は、本発明の第一の実施例である光モジュールの概要を示す図である。図 1 A の全体、および光路変換部の拡大断面図に示すように、本実施例では、Si 材料でできた同一基板 100 上に、レーザ光源素子 101 を載置しているとともに、Si 基板 100 上の基板水平方向に直接設けられた Si 導波路 102 で構成されている。また、Si 導波路 102 の光出射端からの光軸延長線上には、基板平行に対して傾斜角を有する第 1 のテーパ面 106 と、同第 1 のテーパ面 106 と対向する位置に基板平行に対して傾斜角を有する第 2 のテーパ面 107 がそれぞれ表面に露呈した光路変換部 104 が設けら

10

【0017】

本構造によれば、レーザ光源素子 101 から出射され、Si 導波路 102 内を伝搬後、一旦 Si 外部に出射された光は、光路変換部 104 の第 1 のテーパ面で外部（例えば空気）と Si との屈折率差によって屈折された後、Si 光路変換内部を伝搬する。さらに、同 Si 光路変換内部の伝搬光は、第 2 のテーパ面 107 にて Si（屈折率約 3.5）と外部（例えば空気、屈折率 1.0）との屈折率差によって基板垂直下方に反射された後、Si 基板 100 内を通過し、基板外部に出射される。

【0018】

上述のように、本構造によって、レーザ光源素子 101 と、Si 基板 100 上に一体集積された Si 導波路 102、光路変換部 104 をそれぞれ Si の 1 チップに集積することで、光部品を Si ウェハプロセスで一括に作製でき、安価且つチップスケールに小型化されるとともに、高密度で大容量の信号伝送を可能とする光モジュール 108 が実現可能である。

20

【0019】

なお、Si 基板 100 は、表面 Si 層の間に酸化膜 103 を埋め込んだ、Si-on-Insulator (SOI) 構造を有する基板としてもよい。SOI 基板を用いることで、埋め込み酸化膜 103 を低屈折率のクラッド層として構成できるため、図 1 B のように、Si 平面上の配線パターン形成によって、Si ウェハプロセスにて容易に埋め込み酸化膜 103 上の Si 層を光導波路 102 として用いることができる。

30

【0020】

また、光路変換部 104 の第 1 のテーパ面 106 および第 2 のテーパ面 107 は、Si (111) 方位面が表面に露呈した構造としてもよい。Si (111) 面は、所望の傾斜角度を保って、ダイシングするか、あるいはレーザ光を照射することにより、あるいはエッチングなどの薬品を用いた加工法によって、獲得することができる。エッチングの場合には、アルカリ性ウェットエッチング等の通常用いられる Si ウェハプロセスによって容易に作製できる。また同時に、方位面の基板平行面に対する傾斜角が約 54.7 度で決められるため、作製ばらつきが無く、高精度にテーパ面を作製可能である。勿論、54.7 度の必然性は問わないが、Si 光導波路 102 からの出射光を基板垂直下方向に光路変換

40

【0021】

さらに、Si 半導体基板 100 上に載置されるレーザ光源素子 101 は、インジウム燐 (InP) などの化合物半導体材料を用いた基板上に作製されたレーザ素子を用い、その発振波長は Si での光吸収の問題を回避するため 980 nm 以上の赤外波長帯とするのが良い。

【実施例 2】

【0022】

図 2 A ~ 図 2 F は、本発明の第二の実施例である光モジュールの、光路変換部の製造方

50

法の一例を示す図である。

【0023】

図2Aに示すような、Si基板100とSi薄膜層202間に埋め込み酸化膜103を挿入したSOI基板の表面に、図2Bに示すように、酸化膜200を形成した後、任意の箇所の酸化膜200、Si薄膜層202、および埋め込み酸化膜103をエッチング等により溝部203を形成する。

【0024】

次に図2Cのように、溝部203にSiを再成長などによって埋め込んだ構造とする。Si埋め込み層201の厚みは、最表面酸化膜200部分の高さと同程度が良いが、Si薄膜層202部分の高さよりは高い位置まで埋め込まれていた方が望ましい。

10

【0025】

次に図2Dのように、Si埋め込み層201上の任意の箇所に、フォトリソグラフィなどによってエッチングマスクパターンを形成した後、アルカリ性のエッチング液等を用いて異方性のウェットエッチングを実施し、Si(111)面が表面に露呈したテーパ面106、107を形成する。本手法で作製したSi(111)テーパ面は、実施例1で説明したように、方位面の基板平行面に対する傾斜角が約54.7度で決められる。ここで、図示はしていないが、Si薄膜層202および表面酸化膜200の表面上にフォトリソグラフィなどによってエッチングマスクパターンを形成した後、エッチングによって配線パターン形成することによって、Si導波路パターンを形成できる。

【0026】

次に図2Dのように、Si薄膜層202の末端部分のSi埋め込み層201を、エッチング等によって基板垂直方向に加工することによって、Si導波路102の端面部を設けるとともに、2つのテーパ面106、107を有する光路変換部104が形成される。なお、図2Eのように、Si導波路102上の表面酸化膜200は残しておいても良いし、図2Fに示すように、表面酸化膜200を除去しても良く、どちらも光モジュールの性能に大きく影響する事は無いと考えられる。

20

【0027】

本実施例で説明したようなプロセス工程によって、Si基板100上にSi導波路102、光路変換部104をそれぞれSiウェハプロセスで一括に作製でき、安価且つチップスケールに小型化された光モジュールが実現可能である。

30

【実施例3】

【0028】

図3は、本発明の第三の実施例である光モジュールの全体、および光路変換部の拡大断面図である。本実施例では、光路変換部104の第1および第2のテーパ面106、107の最上部104Aが、Si導波路102の光出射端部よりも高い位置に位置しているとともに、光路変換部104の第1および第2のテーパ面106、107の最下部104Bが、Si導波路102の光出射端部よりも低い位置に位置するように設けた構造としている。本構造とすることで、Si導波路102内を伝搬した光が、Si外部に出射された時に屈折率差によって拡がった場合においても、光路変換部104の第1のテーパ面106に効率良く当てる事が出来るため、出射光が光路変換部104のテーパ面106外に放出した際の、過剰光損失を抑制可能である。

40

【実施例4】

【0029】

図4は、本発明の第四の実施例である光モジュールの全体、および光路変換部の拡大断面図である。本実施例では、Si導波路102の光出射端と、光路変換部104の間の光路に、空気(1.0)よりも大きく、Si(約3.5)よりも小さい屈折率を有する媒体400を挿入している。同中間屈折率を有する媒体400は、具体的には、使用する光の波長(980nm以上)に対して高い透過率(約80%以上)を有し、屈折率が1.4乃至1.5である誘電体酸化膜や樹脂などが望ましい。実施例2で説明したように、光路変換部104の第1および第2のテーパ面106、107を異方性エッチングによってSi

50

(111) 方位面が露呈するように作製すると、基板平行面に対するテーパ面の傾斜角が約54.7度となる。Siの屈折率を3.5とすると、同傾斜角で第1テーパ面106での屈折角および第2テーパ面107でのSi内部反射角を算出すると、同中間屈折率を有する媒体400の屈折率が1.4乃至1.5の場合に、第2テーパ面107で反射した後の光がSi基板100のほぼ垂直下方向に光路変換される。また、1.4乃至1.5の屈折率を有する媒体400は、通常の半導体デバイスに用いられる誘電体酸化膜や樹脂などの材料であり、容易に適用できる。さらに、様々な屈折率を有する媒体400の材料を選択することによって、第1テーパ面106での屈折角を変化させることができる。すなわち、媒体400の屈折率によって、光信号105の光路変換角度を任意に調整可能である。

10

【実施例5】

【0030】

図5は、本発明の第五の実施例である光モジュールの上面斜視図である。本実施例では、2ch以上(本例では4ch)のレーザ光源素子アレイ500と、Si導波路102アレイがSi基板100上に載置されている。また、Si導波路102アレイの各導波路の光出射端からの光軸延長線上には、基板平行に対して傾斜角を有する第1のテーパ面106と、同第1のテーパ面106と対向する位置に基板平行に対して傾斜角を有する第2のテーパ面107がそれぞれ表面に露呈したSi光路変換部104が設けられている。

【0031】

本構成によって、部品点数と実装工程数を増やすことなく、さらにはチップスケールの小型化を保ちつつ、光モジュールの大容量化が可能である。

20

【実施例6】

【0032】

図6は、本発明の第六の実施例である光モジュールの上面斜視図である。本実施例では、実施例5の構造と比較して、Si導波路102アレイの各隣接チャンネルに対して、Si光路変換部104A~104Dが、Si基板100の平面上でそれぞれ交互に千鳥配置した構成としている。

【0033】

本構成とすることで、実施例5で説明した構造と比べて、Si導波路102アレイからの出射光の各チャンネル間における光のクロストークを回避しつつ、チャンネル間ピッチを小さくできるため、光モジュールの更なる小型、高密度化が可能となる。また、各Si光路変換部104A~104Dはフォトリソグラフィとエッチング等によって一括にパターン形成可能であるため、部品点数と実装工程数を増やすことなく、Si基板100平面上の任意の位置に対して容易に形成できる。

30

【実施例7】

【0034】

図7は、本発明の第七の実施例である光モジュールの全体、および光路変換部の拡大断面図である。本実施例では、レーザ光源素子101と、Si基板100に直接設けられたSi導波路102、および第1の光路変換部104Aが形成されたSiの同一基板100上に、基板平行に対して傾斜角を有するテーパ面701が表面に露呈した第2の光路変換部104B、および受光素子部700を設けている。

40

【0035】

本構成では、Si基板100の外部からSi基板の垂直方向に入射された光105Bが、Si基板100内部を伝搬した後、第2の光路変換部104Bのテーパ面701にて、Si(屈折率約3.5)と外部(例えば空気、屈折率1.0)との屈折率差によって反射された後、Si基板100表面に設けた受光素子部700と光学的に接続される。

【0036】

なお、第2の光路変換部104Bのテーパ面701は、第1の光路変換部104Aと同様に、実施例2で説明したSiウェハプロセス手法を用いて簡易且つ高精度に作製可能である。また、Si半導体基板100上に形成する受光素子部700は、受光部に980nm

50



m以上の赤外波長帯に吸収感度を有し、Siのウェハプロセスにて作製可能なゲルマニウム(Ge)材料を用いるのが望ましい。

【0037】

本構成によって、レーザ光源素子101と、Si基板100上に一体集積されたSi導波路102、光路変換部104A, 104B、さらには受光素子部700をそれぞれSiの1チップに集積することで、光部品をSiウェハプロセスで一括に作製でき、安価且つチップスケールに小型化されるとともに、高密度で大容量の信号伝送可能な送受信機能を有する光モジュール108が実現できる。

【実施例8】

【0038】

10

図8は、本発明の第八の実施例である光モジュールが実装された光電気混載ボードの断面図である。本実施例では、図80のように、ガラスエポキシなどの基板803上に、クラッド層800に囲まれてクラッド層よりも屈折率の高い材料でできた配線コア801から形成された光導波路配線ボードを設けている。また、配線コア801の端部には光路変換ミラー802を載置している。

【0039】

本構成では、レーザ光源素子101から出射され、Si導波路102内を伝搬後、一旦Si外部に出射された光は、光路変換部104によって屈折および基板垂直下方に反射された後、Si基板100内を通過し、基板外部に出射される。さらに、同出射光105は、光導波路配線ボード内に設けられた光路変換ミラー802で基板水平方向に折り曲げられ、配線コア801と光学的に接続されるとともに、コア内を伝搬する。

20

【0040】

なお、配線コア801や光路変換ミラー802はポリマ材料を用いて形成することで、フィルムラミネートやフォトリソグラフィ等のプリント配線基板で一般に用いられる工法を使って、簡易且つ安価に作製できる。

本構成のように、レーザ光源素子101と、Si基板100上に一体集積されたSi導波路102、光路変換部104をそれぞれSiの1チップに集積した光モジュールを、光路変換ミラー構造を具備する光導波路を設けた基板上に実装することにより、光素子と光導波路間でやりとりされる信号が、Si基板を介して高効率に光学接続された高速且つ大容量の光電気混載ボードを実現できる。

30

【実施例9】

【0041】

図9は、本発明の第九の実施例である光モジュールの上面斜視図である。本実施例では、Si基板100に設けられたSi光導波路102を、光出射端近傍でテーパ形状900とすることで、光導波路幅を変化させた構成としている。

【0042】

本構成によって、Si光導波路102の光出射端近傍の断面積を変えることによって、Si光導波路102の出射ビーム径を調整することができる。すなわち、本構成によって、実施例8で説明したような、配線コア径が約50 $\mu$ m角と大きいマルチモードの光導波路配線ボードと、本光モジュールとを光学接続する場合において、Si光導波路102とマルチモードの光導波路配線のコア径や開口数(numerical aperture, NA)の違いによって生じる、モードミスマッチによる光結合損失の増大を抑制することができる。

40

【0043】

なお、Si光導波路102の光出射端近傍の断面積は、徐々に小さくしても良いし、反対に大きくしても良く、どちらの場合においてもビーム径を変化することが可能である。

【符号の説明】

【0044】

100... Si基板、

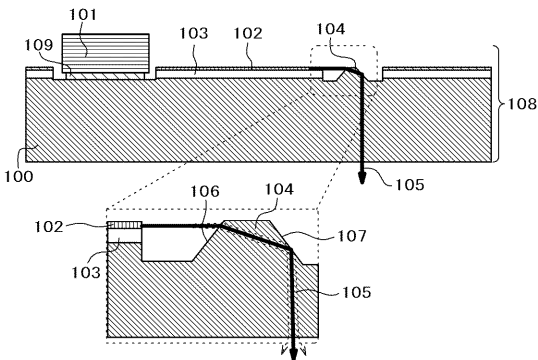
101... レーザ光源素子、

50

- 102 ... Si 光導波路、
- 103 ... 埋め込み酸化膜、
- 104、104A、104B、104C、104D ... Si 光路変換部、
- 105、105A、105B ... 光信号
- 106、107、701 ... テーパ面、
- 108 ... 光モジュール、
- 109 ... 半田、
- 200 ... 酸化膜、
- 201 ... Si 再成長層、
- 202 ... Si 薄膜層、
- 203 ... 溝部、
- 400 ... Si と空気との中間屈折率媒体、
- 500 ... レーザ光源素子アレイ、
- 700 ... 受光素子部、
- 800 ... クラッド層、
- 801 ... コア層、
- 802 ... 光路変換ミラー、
- 803 ... 基板、
- 804 ... 薄膜層。

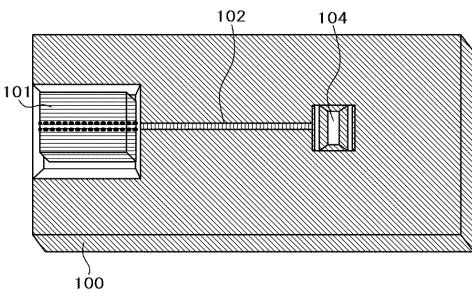
【図1A】

図1A



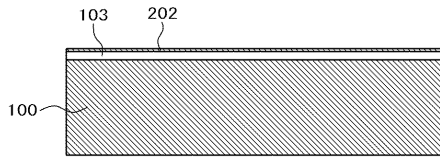
【図1B】

図1B



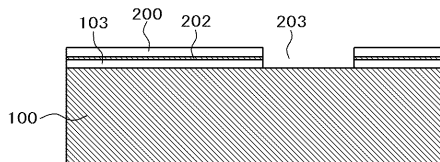
【図2A】

図2A



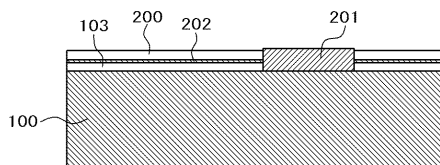
【図2B】

図2B



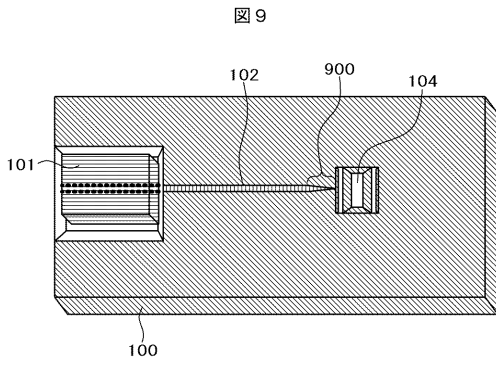
【図2C】

図2C





【 図 9 】



---

フロントページの続き

(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

Fターム(参考) 2H137 AB12 BA35 BA53 BB02 BB12 BC51 CA12E CA12F CA34 EA02  
EA04 EA05  
2H147 AB04 AB05 AC01 AC02 BA05 BB01 BB02 BG02 BG06 BG19  
CA13 CB07 CD02 CD12 DA08 EA12D EA13A EA13C EA14B EA16A  
EA16B EA16D FC02 FC08 FD15 GA08 GA19  
5F173 MA02 MB02 MC20 MC30 MD03 MD34 MD35 MD37 MD65 MF03  
MF25 MF28