

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5440506号
(P5440506)

(45) 発行日 平成26年3月12日(2014.3.12)

(24) 登録日 平成25年12月27日(2013.12.27)

(51) Int.Cl. F I
G02B 6/12 (2006.01) G O 2 B 6/12 D
 G O 2 B 6/12 B

請求項の数 14 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2010-532824 (P2010-532824)	(73) 特許権者	000004237
(86) (22) 出願日	平成21年10月8日 (2009.10.8)		日本電気株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2009/005247		東京都港区芝五丁目7番1号
(87) 国際公開番号	W02010/041454	(74) 代理人	100110928
(87) 国際公開日	平成22年4月15日 (2010.4.15)		弁理士 速水 進治
審査請求日	平成24年9月10日 (2012.9.10)	(72) 発明者	岡本 健志
(31) 優先権主張番号	特願2008-263535 (P2008-263535)		東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
(32) 優先日	平成20年10月10日 (2008.10.10)	(72) 発明者	佐藤 健二
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
		(72) 発明者	加藤 友章
			東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ジョイント

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第一の多モード干渉カブラと、
 前記第一の多モード干渉カブラと接合している第二の多モード干渉カブラとを有し、
 前記第一の多モード干渉カブラは、
 一側に第一ポートと第二ポートとを有し、
 他側に第三ポートと第四ポートとを有し、
 前記第二の多モード干渉カブラは、
 一側に第五ポートと第六ポートとを有し、
 他側に第七ポートと第八ポートとを有し、
 前記第三ポートと前記第五ポートとが接合しており、
 前記第四ポートと前記第六ポートとが接合しており、
 前記第二ポートには第一光吸収部が接続されており、
 前記第七ポートには第二光吸収部が接続されており、
 前記第一の多モード干渉カブラと前記第二の多モード干渉カブラとの接合部に前記第一の多モード干渉カブラまたは前記第二の多モード干渉カブラを伝播した光を反射する反射境界が設けられており、
 前記第一の多モード干渉カブラと前記第二の多モード干渉カブラとで、光導波路の材料または構造が異なり、
 前記第一ポートから入射した光は、前記第一の多モード干渉カブラを1回通過すること

により、前記第三ポートと前記第四ポートにそれぞれ等しく強度分配され、また、前記第八ポートから入射した光は、前記第二の多モード干渉カプラを1回通過することにより、前記第五ポートと前記第六ポートにそれぞれ等しく強度分配され、前記第一の多モード干渉カプラと前記第二の多モード干渉カプラとは、強度等分配の箇所が同じであり、

前記第一ポートから入射し、前記第一の多モード干渉カプラを1回通過し、前記反射境界を透過した光は、前記第二の多モード干渉カプラを1回通過し、前記第八ポートから出力され、

前記第一ポートから入射し、前記第一の多モード干渉カプラを1回通過し、前記反射境界で反射された光は、前記第一の多モード干渉カプラをさらに1回通過し、前記第二ポートに結合し、前記第一光吸収部に導かれ吸収され、

前記第八ポートから入射し、前記第二の多モード干渉カプラを1回通過し、前記反射境界を透過した光は、前記第一の多モード干渉カプラを1回通過し、前記第一ポートから出力され、

前記第八ポートから入射し、前記第二の多モード干渉カプラを1回通過し、前記反射境界で反射された光は、前記第二の多モード干渉カプラをさらに1回通過し、前記第七ポートに結合し、前記第二光吸収部に導かれ吸収される光ジョイント。

【請求項2】

前記第一の多モード干渉カプラと前記第二の多モード干渉カプラとが異なる材料で形成されている請求項1に記載の光ジョイント。

【請求項3】

前記第一の多モード干渉カプラが化合物半導体系材料で構成され、前記第二の多モード干渉カプラが石英系材料で構成されている請求項2に記載の光ジョイント。

【請求項4】

前記第一の多モード干渉カプラが化合物半導体系材料で構成され、前記第二の多モード干渉カプラがシリコン系材料で構成されている請求項2に記載の光ジョイント。

【請求項5】

前記第一の多モード干渉カプラがシリコン系材料で構成され、前記第二の多モード干渉カプラが石英系材料で構成されている請求項2に記載の光ジョイント。

【請求項6】

前記接合部に充填剤が充填されている請求項1乃至5いずれかに記載の光ジョイント。

【請求項7】

前記第一の多モード干渉カプラと前記第二の多モード干渉カプラとが異なる構造で形成されている請求項1乃至6いずれかに記載の光ジョイント。

【請求項8】

前記第一の多モード干渉カプラが埋め込み導波路構造で構成され、前記第二の多モード干渉カプラがリブ導波路構造で構成されている請求項7に記載の光ジョイント。

【請求項9】

前記第一の多モード干渉カプラがリブ導波路構造で構成され、前記第二の多モード干渉カプラがハイメサ導波路構造で構成されている請求項7に記載の光ジョイント。

【請求項10】

前記第一の多モード干渉カプラが埋め込み導波路構造で構成され、前記第二の多モード干渉カプラがハイメサ導波路構造で構成されている請求項7に記載の光ジョイント。

【請求項11】

前記第一の多モード干渉カプラがアクティブ領域で構成され、前記第二の多モード干渉カプラがパッシブ領域で構成されている請求項7乃至10いずれかに記載の光ジョイント。

【請求項12】

前記第一、二の多モード干渉カプラがいずれもパッシブ領域で構成されている請求項1乃至10いずれかに記載の光ジョイント。

【請求項13】

10

20

30

40

50

前記第一光吸収部および前記第二光吸収部は、光減衰器である請求項 1 乃至 1 2 いずれかに記載の光ジョイント。

【請求項 1 4】

前記第一光吸収部および前記第二光吸収部には、外部と電氣的な接続を行う配線が接続されていない請求項 1 乃至 1 2 いずれかに光ジョイント。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光ジョイントに関する。

【背景技術】

【0002】

光部品パッケージの小型化、高機能化に対する要求は年々高まっており、それに伴い光デバイスの集積化が進んでいる。そのためには、光デバイスの集積方法、選定材料、素子構造について検討することが必要である。

【0003】

まず、レーザ等の発光素子に波長可変フィルタや変調器といった異機能素子を集積する場合、それぞれの機能素子の材料をそれぞれの特徴に応じて最適なもので構成することが望ましい。光デバイスに用いる材料としては、化合物半導体系、シリコン系、石英系がある。

【0004】

次に、材料のうちで、化合物半導体を一部領域あるいは全領域に用いる機能素子では、素子サイズ、高速応答性、信頼性等の観点から、それぞれの機能素子の構造をそれぞれの特徴に応じて最適なもので構成することが望ましい。構造には、コア構造と導波路構造がある。

【0005】

まず、コア構造について説明する。コア構造には、目的の波長での光利得を得るためにバンドギャップエネルギーの小さい層をもつアクティブ領域と、バンドギャップエネルギーが大きい層をもつパッシブ領域とに分けることができる。バンドギャップは層厚、結晶組成比、結晶組成比に起因する結晶ひずみにより調整できる。また、アクティブ領域、パッシブ領域は、それぞれ、構成する原子材料の種類を変えることで物性を異にすることができる。

【0006】

次に、導波路構造について説明する。光デバイスによく使われる導波路構造には大きく分けてハイメサ導波路構造、リブ導波路構造、埋め込み導波路構造の 3 種類がある（図 7）。

【0007】

図 7（a）は、ハイメサ導波路構造の一例を示す模式図である。図 7（a）で示すように、基板 10 上に、クラッド 11 とクラッド 11 に挟まれたコア 12 とからなるメサ形状の積層が形成されている。ハイメサ導波路構造は、導波路の脇の部分がコア構造の上下にわたって空気や誘電体といった低屈折率材料に置き換わった形状をしている。そのため、半導体と低屈折率材料との屈折率コントラストが大きく、導波路を急峻に曲げても放射損失が増大しにくいという特徴がある。そこで、ハイメサ導波路構造は、曲がり導波路を多用するデバイスを省サイズで形成するのに用いられる。また、ハイメサ導波路の両脇を低屈折率、すなわち低誘電率な材料で充填することにより、電気容量を低減することができる。このとき、信号変調時の容量部分の充電時間が短くてすむため、高速動作が必要なデバイスにも用いられる。

【0008】

図 7（b）は、リブ導波路構造の一例を示す模式図である。図 7（b）で示すように、基板 10 上に、クラッド 11 とクラッド 11 に挟まれたコア 12 とからなる積層が形成され、コア 12 の上部に形成されたクラッド 11 がメサ状に形成されている。リブ導波路構

10

20

30

40

50

造は、コア構造よりも上側のクラッド層が空気や誘電体といった低屈折率材料に置き換わった形状をしている。この構造は、導波路形成のためにコア構造を加工していないため、格子欠陥が生じにくい。その結果、電流注入による局在的な温度上昇が生じても素子劣化につながるような格子欠陥の増大もまた起こりにくく、信頼性が良好である。そこで、リブ導波路構造は、電流注入を伴うレーザ、LED、光増幅器といった利得素子によく用いられる。

【0009】

図7(c)は、埋め込み導波路構造の一例を示す模式図である。図7(c)で示すように、基板10上に、クラッド11とクラッド11に埋め込まれたコア12とが形成されている。埋め込み導波路構造は導波路の脇の部分がコア構造よりも屈折率の小さい半導体材料に置き換えられた形状をしている。この構造は、導波路形成のための加工により生じたダメージを結晶再成長により回復させているため、格子欠陥が生じにくい。その結果、リブ導波路と同様に、電流注入による局在的な温度上昇が生じても素子劣化につながるような格子欠陥の増大もまた起こりにくく、信頼性が良好である。そこで、埋め込み導波路構造は、電流注入を伴うレーザ、LED、光増幅器といった利得素子によく用いられる。また埋め込み導波路構造は、工程が複雑という欠点はあるが、リブ導波路構造よりもキャリア閉じ込めがよく、ハイメサ導波路構造のように、剥き出しの半導体側面を介したリーク電流も発生しにくい。そのため、レーザに適用した場合、しきい値を低くし、かつ、高効率に動作させることができる。

【0010】

どのような素子にも最適となるような導波路構造やコア構造は存在しない。したがって、集積素子全体としての性能を向上させるためには、各素子に適した導波路構造やコア構造を用いることが重要である。

【0011】

2種類のコア構造のモノリシック集積の手法の1つとして、コア構造の1部分をドライエッチング等により加工し、新たに別のコア構造を、Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy(MOVPE)法やChemical Beam Epitaxy(CBE)法等の結晶成長により形成する公知のバットジョイント技術がある(特許文献1)。

【0012】

導波路構造については、それぞれが大きく異なる断面形状であるため、導波モードの電界分布も異なっており、直接接続すると、前記導波モードの電界分布の不整合成分の一部が反射戻り光となる。反射戻り光はレーザの雑音の原因となり、相対的な戻り光量が 10^{-6} 程度ときわめてわずかであっても特性の変化が生じる。具体的には、光出力、発振モード数、発振スペクトル、雑音強度、変調時の応答出力波形が変化する。関連する技術として、たとえば、非特許文献1のようなものがある。この方法では、ハイメサ構造-埋め込み構造の境界部において導波モードの電界分布を互いに整合するように導波路幅を調整し、境界近傍の導波路の形状をテーパ状に徐々に変化させる。こうすることにより、導波モードの急峻な変化を抑え、反射戻り光を抑制している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0013】

【特許文献1】特開平11-87844

【非特許文献】

【0014】

【非特許文献1】J. Lightwave Technology, 23(12), pp. 4207-4214, 2005

【発明の概要】

【0015】

しかしながら、上記文献記載の光ジョイントには以下の問題がある。

【 0 0 1 6 】

まず第1に、異なる導波路構造同士の接続については、実用上十分な反射率低減に至っていない。この原因は、前記ハイメサ導波路構造、リブ導波路構造、埋め込み導波路構造がそれぞれ大きく異なる断面構造をもつため、各導波路の導波モードの電界分布を完全に揃えることが設計上困難だからである。また、それぞれの導波路構造が別々の工程で形成されることが多いため、露光等の位置ずれにより境界部の導波路にずれが生じ、これが反射戻り光の原因となることもある。

【 0 0 1 7 】

第2に、異なるコア構造同士を接続するBJ（バットジョイント）技術についても、実用上十分な反射率低減に至っていない。この原因は、高精度なエッチングと結晶再成長技術が必要であるため、形状制御が困難であることに起因する。したがって、BJで反射戻り光が形成されることとなる。

10

【 0 0 1 8 】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、反射戻り光が形成される反射境界が存在する光ジョイントにおいて、発生する反射戻り光の素子特性への影響を抑制できる技術を提供することを目的とする。

【 0 0 1 9 】

本発明によれば、第一の多モード干渉カプラと、
前記第一の多モード干渉カプラと接合している第二の多モード干渉カプラとを有し、
前記第一の多モード干渉カプラは、
一側に第一ポートと第二ポートとを有し、
他側に第三ポートと第四ポートとを有し、
前記第二の多モード干渉カプラは、
一側に第五ポートと第六ポートとを有し、
他側に第七ポートと第八ポートとを有し、
前記第三ポートと前記第五ポートとが接合しており、
前記第四ポートと前記第六ポートとが接合しており、
前記第二ポートには第一光吸収部が接続されており、
前記第七ポートには第二光吸収部が接続されており、
前記第一の多モード干渉カプラと前記第二の多モード干渉カプラとの接合部に前記第一の多モード干渉カプラまたは前記第二の多モード干渉カプラを伝播した光を反射する反射境界が設けられている光ジョイント
が提供される。

20

30

【 0 0 2 0 】

本発明によれば、反射境界で発生した反射戻り光を光吸収領域に導くことにより、集積した他の素子に対する反射戻り光の影響を抑制することができる。これにより、残留反射が抑制されていながら、各領域に最適な材料、導波路構造、コア構造を配した光集積デバイスを提供することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 1 】

上述した目的、およびその他の目的、特徴および利点は、以下に述べる好適な実施の形態、およびそれに付随する以下の図面によってさらに明らかになる。

40

【 0 0 2 2 】

【 図 1 】 第 1 の実施の形態の光ジョイントの平面図である。

【 図 2 】 第 2 の実施の形態の光ジョイントの平面図である。

【 図 3 】 第 3 の実施の形態の光ジョイントの平面図である。

【 図 4 】 第 4 の実施の形態の光ジョイントの平面図である。

【 図 5 】 第 5 の実施の形態の光ジョイントの平面図である。

【 図 6 】 第 6 の実施の形態の光ジョイントの平面図である。

【 図 7 】 導波路構造を説明する図である。

50

【図 8】実施の形態の光ジョイントの動作を説明する図である。

【図 9】光ジョイントのシミュレーション結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。尚、すべての図面において、同様な構成要素には同様の符号を付し、適宜説明を省略する。

【0024】

(第 1 の実施形態)

図 1 は、本実施の形態の光ジョイント 1 の平面図である。光ジョイント 1 は、 2×2 MMI カプラ (第一の多モード干渉カプラ) 30 と、 2×2 MMI カプラ 30 と接合している 2×2 MMI カプラ (第二の多モード干渉カプラ) 31 とを有している。 2×2 MMI カプラ 30 は、一の端面にポート 32 (第一ポート) とポート 33 (第二ポート) とを有し、反対側の端面に第三ポートと第四ポートとを有する。 2×2 MMI カプラ 31 は、一の端面に第五ポートと第六ポートとを有し、反対側の端面にポート 34 (第七ポート) とポート 35 (第八ポート) とを有する。第三ポートと第五ポートとが接合しており、第四ポートと前記第六ポートとが接合している。ポート 33 には、光導波路 302 を介して光吸収領域 20 (第一光吸収部) が接続されている。また、ポート 34 には、光導波路 303 を介して光吸収領域 21 (第二光吸収部) が接続されている。 2×2 MMI カプラ 30 と 2×2 MMI カプラ 31 との接合部に 2×2 MMI カプラ 30 または 2×2 MMI カプラ 31 を伝播した光を反射する反射境界 22 が設けられている。

【0025】

以下、光ジョイント 1 について具体的に説明する。

【0026】

図 1、8 で示すように、光ジョイント 1 は、光を伝搬させる光ジョイントである。光ジョイント 1 は、 2×2 MMI カプラ 30 と 2×2 MMI カプラ 31 とを有する。 2×2 MMI カプラ 30 には、一方にポート 32 およびポート 33 を有し、 2×2 MMI カプラ 31 には、一方にポート 34 およびポート 35 を有する。 2×2 MMI カプラ 30 のポート 32 と反対側のポート 30a と、 2×2 MMI カプラ 31 のポート 31a とは向かい合い接続されている。また、 2×2 MMI カプラ 30 のポート 33 と反対側のポート 30b と、 2×2 MMI カプラ 31 のポート 31b とは向かい合い接続されている。ポート 33 には光吸収領域 20 が接続されており、ポート 34 には光吸収領域 21 が接続されている。

【0027】

本実施形態において、反射境界 22 とは、反射戻り光が形成される領域をいう。ポート 30a と 31a との接合面が光を反射する反射面となり、該反射面で反射戻り光が形成される。また、ポート 30b と 31b との接合面が光を反射する反射面となり、該反射面で反射戻り光が形成される。すなわち、ポート 30a と 31a との接合面およびポート 30b と 31b との接合面にそれぞれ反射境界 22 が設けられている。

【0028】

また、本実施形態において、ポートとは、光の出入り口をいう。換言すると、ポート 32、33、30a、30b は、 2×2 MMI カプラ 30 に光を入出力する端面をいい、ポート 34、35、31a、31b は、 2×2 MMI カプラ 31 に光を入出力する端面をいう。ポート 32 には、光導波路 301 が接合しており、ポート 35 には、光導波路 304 が接合している。光導波路 301、304 を介して外部から 2×2 MMI カプラ 30、31 に光が入射されたり、光導波路 301、304 を介して 2×2 MMI カプラ 30、31 から外部に光が出射されたりする。光導波路 301、304 は、たとえば、レーザ、LED、変調器、光スイッチと接続することができる。

【0029】

光吸収領域 20、21 とは、反射境界 22 で形成された反射戻り光を吸収する領域をいう。光吸収領域 20、21 には、バンドギャップの大きい層が設けられている。たとえば、光吸収領域 20、21 には、光受信器や光減衰器を設けることができる。

【0030】

2×2MMIカプラ30、31の材料としては、化合物半導体系、シリコン系、石英系がある。化合物半導体系には大まかにはInPベース、GaAsベースの材料を用いることができ、具体的には、InGaAsP、InGaAs、AlGaInAs、InGaAlAs等の材料を用いることができる。また、シリコン系には、Si、Ge、SiGe、SiC等を用いることができる。また、石英系には、SiN、SiO₂、SiON等を用いることができる。

【0031】

2×2MMIカプラ30、31は、基本モード光のみならず1次モード、2次モード等の高次モード光も導波するマルチモード導波路領域と、該マルチモード導波路領域の片端に接続されている2箇所ポートからなる。該ポートは、前記マルチモード導波路領域の幅(W₁、W₂)よりも導波路幅(d₁)が狭い。

10

【0032】

2×2MMIカプラ30、31は、マルチモード導波路領域を含んだ構造であり、このマルチモード導波路領域は、MMI(Multimode Interference)理論により、一つのポートから入射した光が、入射とは反対側の端部に2箇所に等しく強度分配されるように設計されている。マルチモード導波路領域を用いた回路は、光の損失が少なく、作製が容易という特性を有することから、最近広く用いられるようになった。

【0033】

このMMI理論は今まで主に、分岐・合流光導波路を設計する理論として知られている。(例えば、「ジャーナル・オブ・ライトウェーブ・テクノロジー(Journal of Lightwave Technology) Vol. 13, No. 4, 1995, 第615~627頁(著者: Lucas B. Soldano)」。このMMI理論によって一般に導かれるMMI長Lの式を式(1)及び(2)に具体的に示す。

20

【0034】

【数1】

$$W_e \cong W_1 + (\lambda_0 / \pi)(n_c / n_r)^{2\sigma} (n_r^2 - n_c^2)^{-1/2} \quad (1)$$

【0035】

【数2】

$$L_\pi \cong 4n_r W_e^2 / 3\lambda_0 \quad (2)$$

30

【0036】

ここで、W₁はマルチモード導波路領域の幅、n_rは導波路の屈折率、n_cはクラッドの屈折率、λ₀は入射光波長、σはTEモードのとき=0、TMモードのとき=1である。

【0037】

MMI理論によると、2×2MMIカプラの1つのポートから光が入射し、式(3)の条件を満たすとき、マルチモード導波路領域が導波する光は、2箇所に等しく強度分配され、分波器として動作する。

40

【0038】

【数3】

$$L = nL_\pi / 2 \quad (n=1,3,5\cdots) \quad (3)$$

【0039】

また、式(4)の条件を満たすとき、マルチモード導波路領域が導波する光は、1箇所に集光する性質を示す。

【0040】

【数4】

$$L = nL_{\pi}/2 \quad (n=2,4,6\cdots) \quad (4)$$

【0041】

たとえば、 2×2 MMIカプラ30、31が化合物半導体系からなるとき、ポート32、33、34、35それぞれの幅 d_1 は、 $1.5 \mu\text{m}$ 程度とすることができる。また、マルチモード導波路領域の幅 W_1 、 W_2 は、 $9.5 \mu\text{m}$ 程度とすることができる。また、マルチモード導波路領域の長さ L は、 $120 \mu\text{m}$ 程度とすることができる。

【0042】

また、 2×2 MMIカプラ30、31がシリコン系からなるとき、 d_1 は $0.5 \mu\text{m}$ 、 W_1 、 W_2 は $10.5 \mu\text{m}$ 、 L は $150 \mu\text{m}$ 程度とすることができる。また、 2×2 MMIカプラ30が石英系からなるとき、 d_1 が $2 \mu\text{m}$ 程度、 W_1 、 W_2 は $9.0 \mu\text{m}$ 程度、 L は $110 \mu\text{m}$ 程度とすることができる。

10

【0043】

ポート32とポート33、34、35との間隔 d_2 は、材料によらず $3 \mu\text{m}$ 程度とすることができる。

【0044】

つづいて、光ジョイント1の動作について説明する。

【0045】

光ジョイント1の動作は、外部からポート32に光を入力する第一モードと外部からポート35に光を入力する第二モードとがある。図8は、光ジョイント1の動作を説明する図である。

20

【0046】

図8(a)は第一モードの動作を示す図である。図8(a)で示すようにポート32から入射した光は、 2×2 MMIカプラ30を1回通過することにより、端面30a、30bにそれぞれ等しく強度分配される。

【0047】

反射境界22で反射戻り光が形成されると、反射戻り光は、 2×2 MMIカプラ30をさらに1回通過することにより、光結合器の光の干渉性から、 2×2 MMIカプラ30のポート33に結合し、光吸収領域20に導かれ吸収される。

30

【0048】

また、反射境界22を透過した光は 2×2 MMIカプラ31に入力する。 2×2 MMIカプラ31と 2×2 MMIカプラ30とは、強度分配の箇所が同じになるように設計してある。すると、 2×2 MMIカプラ31に入力した光は、 2×2 MMIカプラ30を1回通過することでポート35に大部分が結合し、ポート34にはほとんど結合しない。図9に、第一モードにおける光ジョイント1のシミュレーション結果を示す。

【0049】

以上より、 2×2 MMIカプラ30のポート32を介して入射した光は、光ジョイント1を介することで、反射光は 2×2 MMIカプラ30のポート33を介して光吸収領域20で吸収させることができる。また、透過光は 2×2 MMIカプラ31のポート35から出力させることができる。したがって、 2×2 MMIカプラ30と 2×2 MMIカプラ31との間に反射境界22が存在しても形成した反射戻り光を局所に吸収させることができる。したがって、反射戻り光が半導体レーザ等に入射するのを抑制することができる。

40

【0050】

図8(b)は第二モードの動作を示す図である。図8(b)で示すように、ポート35から入射した光は、 2×2 MMIカプラ31を1回通過することにより、端面31a、31bにそれぞれ等しく強度分配される。

【0051】

反射境界22で反射戻り光が形成されると、反射戻り光は、 2×2 MMIカプラ31をさらに1回通過することにより、光結合器の光の干渉性から、 2×2 MMIカプラ31の

50

ポート 3 4 に結合し、光吸収領域 2 1 に導かれ吸収される。

【 0 0 5 2 】

また、反射境界 2 2 を透過した光は 2×2 M M I カプラ 3 0 に入力し、 2×2 M M I カプラ 3 0 を 1 回通過することでポート 3 2 に大部分が結合し、ポート 3 3 にはほとんど結合しない。

【 0 0 5 3 】

つづいて、本実施形態の作用効果について説明する。本実施形態の光ジョイント 1 は、ポート 3 2 とポート 3 3 とを有する 2×2 M M I 干渉カプラ 3 0 と、ポート 3 4 とポート 3 5 とを有する 2×2 M M I 干渉カプラ 3 1 とを反射境界 2 2 を介して接合し、ポート 3 3 およびポート 3 4 にそれぞれ光吸収領域 2 0、2 1 を設ける構成を採用している。これにより、ポート 3 2 から光を入力する第一モードでは、光結合器の光干渉性の原理を利用して、反射境界 2 2 で形成された反射戻り光をポート 3 3 に結合させて光吸収領域 2 0 に吸収させることができる。一方、ポート 3 5 から光を入力する第二モードでは、反射境界 2 2 で形成された反射戻り光をポート 3 4 に結合させて光吸収領域 2 1 に吸収させることができる。したがって、反射境界 2 2 で形成された反射戻り光を局所に集約し、他の集積デバイスに反射戻り光が入射してしまうのを抑制することができる。よって、光集積デバイスの最終性能を向上させることが可能となる。

【 0 0 5 4 】

(第 2 の実施形態)

図 2 は、本実施形態の光ジョイント 2 の平面図である。光ジョイント 2 では、 2×2 M M I カプラ 3 0 と 2×2 M M I カプラ 3 1 とが異なる材料で形成されている。具体的には、 2×2 M M I カプラ 3 0 は材料 4 1 で形成され、 2×2 M M I カプラ 3 1 は材料 4 2 で形成されている。その他の構成は光ジョイント 1 と同様である。

【 0 0 5 5 】

材料 4 1、4 2 としては、例えば化合物半導体系材料、石英系材料、シリコン系材料を用いることができる。たとえば、材料 4 1 を化合物半導体系とし、材料 4 2 を石英系とすることができる。また、材料 4 1 を化合物半導体系とし、材料 4 2 をシリコン系としてもよい。また、材料 4 1 をシリコン系とし、材料 4 2 を石英系としてもよい。

【 0 0 5 6 】

光ジョイント 2 では、異なる材料の接合部が反射境界 2 2 となる。しかしながら、反射境界 2 2 で発生した反射戻り光は、光ジョイント 1 と同様の原理により光吸収領域 2 0、2 1 に導かれ、吸収される。したがって、反射戻り光が他の素子に与える影響を抑制しながら、それぞれの素子に適した材料を用いて集積することが可能となる。よって、集積光デバイスの最終性能が向上する。

【 0 0 5 7 】

(第 3 の実施形態)

図 3 は、本実施の形態の光ジョイント 3 を示す平面図である。光ジョイント 3 は、 2×2 M M I カプラ 3 0 と 2×2 M M I カプラ 3 1 との接合部に充填剤 2 4 が充填されている。また、 2×2 M M I カプラ 3 0 は材料 4 1 で形成され、 2×2 M M I カプラ 3 1 は材料 4 2 で形成されている。その他の構成は光ジョイント 1 と同様である。

【 0 0 5 8 】

光ジョイント 3 は、 2×2 M M I カプラ 3 0 と 2×2 M M I カプラ 3 1 とを異なる材料を用いた構成とし、 2×2 M M I カプラ 3 0 と 2×2 M M I カプラ 3 1 とが充填剤 2 4 を介して接続している。こうすることによって、 2×2 M M I カプラ 3 0 を伝播した光を反射する反射境界 2 2 と、 2×2 M M I カプラ 3 1 を伝播した光を反射する反射境界 2 3 がそれぞれ形成される。

【 0 0 5 9 】

ここで、 2×2 M M I カプラ 3 0 および 2×2 M M I カプラ 3 1 の屈折率がそれぞれ式 (5) を満たすとき、反射境界 2 2、2 3 で形成される反射戻り光を最小にできることが知られている。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 0 】

【 数 5 】

$$nd = \lambda_0(2m+1)/4 \quad (m=0,1,2\cdots) \quad (5)$$

【 0 0 6 1 】

そこで、充填材として、式(6)を満たす屈折率を有するものを用いると、反射境界22、23における反射戻り光の発生を抑制することができるため好ましい。なお、nは充填剤の屈折率、dは材料間に充填された充填剤の幅、 λ_0 は入射光波長を表す。また、材料41の屈折率を n_1 、材料42の屈折率を n_2 とする。充填材の具体例としては、アルミナ、SiN、SiO₂等が挙げられる。

10

【 0 0 6 2 】

【 数 6 】

$$n = \sqrt{n_1 n_2} \quad (6)$$

【 0 0 6 3 】

光ジョイント3では、屈折率が異なる材料同士を接続する際、適当な屈折率を有する充填剤24を用いることで反射境界22または反射境界23における反射戻り光の発生を抑制することができる。また、発生してしまった反射戻り光は、光ジョイント1と同様の原理により光吸収領域20、21に集約して光集積デバイスの損失を低減させることができる。

20

【 0 0 6 4 】

(第4の実施形態)

図4は、本実施の形態の光ジョイント4の平面図である。光ジョイント4では、2×2MMIカプラ30と2×2MMIカプラ31とが異なる構造で形成されている。具体的には、2×2MMIカプラ30は構造71で形成され、2×2MMIカプラ31は構造72で形成されている。その他の構成は光ジョイント1と同様である。

【 0 0 6 5 】

たとえば、構造71として、埋め込み導波路構造を採用することができる。また、構造72として、ハイメサ導波路構造を採用することができる。こうすることによって、構造71と構造72との接合部が反射境界22となり、反射境界22で反射戻り光が発生する。しかしながら、光ジョイント1と同様の原理により、反射戻り光は、光吸収領域21、22に導かれ、吸収される。したがって、反射戻り光が他の素子に与える影響を抑制しながら、集積するそれぞれの素子に適した材料を用いることが可能となる。よって、集積光デバイスの最終性能が向上する。

30

【 0 0 6 6 】

また、構造71として、アクティブ領域を採用してもよく、構造72として、パッシブ領域を採用してもよい。こうすることによって、構造71と構造72との接合部が反射境界22となり、反射境界22で反射戻り光が発生する。しかしながら、光ジョイント1と同様の原理により、反射戻り光は、光吸収領域21、22に導かれ、吸収される。したがって、反射戻り光が他の素子に与える影響を抑制しながら、集積するそれぞれの素子に適した材料を用いることが可能となる。よって、集積光デバイスの最終性能が向上する。

40

【 0 0 6 7 】

(第5の実施形態)

図5は、本実施の形態の光ジョイント5の平面図である。光ジョイント5では、2×2MMIカプラ30と2×2MMIカプラ31とが異なる導波路構造で形成されている。具体的には、2×2MMIカプラ30は導波路構造61で形成され、2×2MMIカプラ31は導波路構造62で形成されている。その他の構成は光ジョイント1と同様である。

【 0 0 6 8 】

たとえば、光ジョイント5において、導波路構造61を埋め込み導波路構造とし、導波路構造62をリブ導波路構造とすることができる。また、導波路構造61をリブ導波路構

50

造とし、導波路構造 6 2 をハイメサ導波路構造としてもよい。また、導波路構造 6 1 を埋め込み導波路構造とし、導波路構造 6 2 をハイメサ導波路構造としてもよい。

【 0 0 6 9 】

光ジョイント 5 では、導波路構造 6 1 と導波路構造 6 2 との接合部が反射境界 2 2 となり、反射境界 2 2 で反射戻り光が形成される。しかしながら、光ジョイント 1 と同様の原理により、反射戻り光は、光吸収領域 2 0、2 1 に導かれ、吸収される。したがって、反射戻り光が他の素子に与える影響を抑制しながら、集積するそれぞれの素子に適した材料を用いることが可能となる。よって、集積光デバイスの最終性能が向上する。

【 0 0 7 0 】

なお、 2×2 MMI カブラ 3 0 および 2×2 MMI カブラ 3 1 のコア構造は、いずれも、パッシブ領域で形成することもできる。たとえば化合物半導体系材料の場合には、 2×2 MMI カブラ 3 0 および 2×2 MMI カブラ 3 1 のコア構造は、いずれも、バンドギャップエネルギーの大きい層から構成されている。たとえば、 2×2 MMI カブラ 3 0 および 2×2 MMI カブラ 3 1 のコア構造は、バンドギャップの波長換算値が $1.05 \sim 1.45 \mu\text{m}$ の InGaAsP もしくは InGaAlAs といった材料から構成することができる。

【 0 0 7 1 】

(第 6 の実施形態)

図 6 は、本実施の形態の光ジョイント 6 を示す平面図である。光ジョイント 6 は、 2×2 MMI カブラ 3 0 および 2×2 MMI カブラ 3 1 をそれぞれ異なるコア組成で構成されている。具体的には、光ジョイント 6 は、 2×2 MMI カブラ 3 0 がアクティブ領域 5 1 で構成され、 2×2 MMI カブラ 3 1 がパッシブ領域 5 2 で構成されている。

【 0 0 7 2 】

アクティブ領域 5 1 とパッシブ領域 5 2 とは、構成する原子材料の種類を変えることで物性を異にすることができる。光デバイスには、Al、Ga、In、N、P、As、Sb といった原子がよく用いられる。具体的には、アクティブ領域 5 1 のコアは、目的の波長での光利得を得るためにバンドギャップエネルギーの小さい層から構成される。一方、パッシブ領域 5 2 のコアは、バンドギャップエネルギーが大きい層から構成される。バンドギャップは層厚、結晶組成比、および結晶組成比に起因する結晶ひずみにより調整できるが、たとえば、アクティブ領域 5 1 をバンドギャップの波長換算値が $1.47 \sim 1.63 \mu\text{m}$ の InGaAsP もしくは InGaAlAs といった材料から構成し、パッシブ領域 5 2 をバンドギャップの波長換算値が $1.05 \sim 1.45 \mu\text{m}$ の InGaAsP もしくは InGaAlAs といった材料から構成することができる。アクティブ領域 5 1 は、レーザ、LED、光増幅器、フォトディテクタ等とすることができる。一方、パッシブ領域 5 2 は、変調器、光フィルタ等とすることができる。

【 0 0 7 3 】

光ジョイント 6 では、 2×2 MMI カブラ 3 0 と 2×2 MMI カブラ 3 1 とを別々のコア構造を用いた構成としている。光ジョイント 6 では、アクティブ領域 5 1 とパッシブ領域 5 2 との接合部が反射境界 2 2 となり、反射境界 2 2 で反射戻り光が形成される。しかしながら、光ジョイント 1 と同様の原理により、反射戻り光は、光吸収領域 2 0、2 1 に導かれ、吸収される。したがって、反射戻り光が他の素子に与える影響を抑制しながら、集積するそれぞれの素子に適した材料を用いることが可能となる。よって、集積光デバイスの最終性能が向上する。

【 0 0 7 4 】

以上に説明した各実施形態の光ジョイントでは、反射境界で発生した反射光を、光吸収領域に導くことにより、反射戻り光の半導体レーザへの影響を抑制することができ、これにより、各領域に最適な導波路構造、コア構造を配した光集積デバイスを実現できる新規な素子構造を提供する。

【 0 0 7 5 】

上記の各実施形態の光ジョイントでは、 2×2 MMI カブラ 3 0 のポート 3 2 から入射

10

20

30

40

50

した光が 2×2 MMI カプラ 30 の入射とは反対側の端部にて 2 箇所等に等しく強度分配される。反射境界 22 からの反射光は、 2×2 MMI カプラ 30 を 2 回通過することにより、光結合器の光の干渉性から、 2×2 MMI カプラ 30 のポート 33 に結合し、光吸収領域 20 に導かれ吸収される。結果として、 2×2 MMI カプラ 30 のポートを介した反射戻り光は抑制され、半導体レーザの安定動作を可能とする。

【0076】

これら実施の形態の光ジョイントの活用例としては、幹線系、アクセス系に使用される波長多重通信の中長距離光源が挙げられる。

【0077】

以上、図面を参照して本発明の実施形態について述べたが、これらは本発明の例示であり、上記以外の様々な構成を採用することもできる。

【0078】

たとえば、以下の態様も本発明に適用可能である。

(1) 光を伝搬させる光ジョイントにおいて、

第1の 2×2 多モード干渉 (MMI) カプラ (以下 2×2 MMI カプラ) と第2の 2×2 MMI カプラを有し、

第1の 2×2 MMI カプラには、一方にポート1およびポート2を有し、

第2の 2×2 MMI カプラには、一方にポート3およびポート4を有し、

第1の 2×2 MMI カプラのポート1、ポート2とは反対側のポートおよび、第2の 2×2 MMI カプラのポート3、ポート4とは反対側のポートは向かい合い接続されており、ポート2には光吸収領域1が接続されており、ポート3には光吸収領域2が接続されており、

前記接続箇所において反射境界を有していることを特徴とする光ジョイント。

(2) (1) に記載の光ジョイントにおいて、第1の 2×2 MMI カプラと第2の 2×2 MMI カプラとが異なる材料で形成されていることを特徴とする光ジョイント。

(3) (1) または (2) に記載の光ジョイントにおいて、材料の境界の接合部には充填剤を用いていることを特徴とする光ジョイント。

(4) (2) に記載の光ジョイントにおいて、第1の 2×2 MMI カプラが化合物半導体系材料で構成され、第2の 2×2 MMI カプラが石英系材料で構成されていることを特徴とする光ジョイント。

(5) (2) に記載の光ジョイントにおいて、第1の 2×2 MMI カプラが化合物半導体系材料で構成され、第2の 2×2 MMI カプラがシリコン系材料で構成されていることを特徴とする光ジョイント。

(6) (2) に記載の光ジョイントにおいて、第1の 2×2 MMI カプラがシリコン系材料で構成され、第2の 2×2 MMI カプラが石英系材料で構成されていることを特徴とする光ジョイント。

(7) (1) ~ (6) に記載の光ジョイントにおいて、第1の 2×2 MMI カプラと第2の 2×2 MMI カプラとが、異なる構造で形成されていることを特徴とする光ジョイント。

(8) (1) ~ (7) に記載の光ジョイントにおいて、第1の 2×2 MMI カプラが埋め込み導波路構造で構成され、第2の 2×2 MMI カプラがリブ導波路構造で構成されていることを特徴とする光ジョイント。

(9) (1) ~ (7) に記載の光ジョイントにおいて、第1の 2×2 MMI カプラがリブ導波路構造で構成され、第2の 2×2 MMI カプラがハイメサ導波路構造で構成されていることを特徴とする光ジョイント。

(10) (1) ~ (7) に記載の光ジョイントにおいて、第1の 2×2 MMI カプラが埋め込み導波路構造で構成され、第2の 2×2 MMI カプラがハイメサ導波路構造で構成されていることを特徴とする光ジョイント。

(11) (1) ~ (7) に記載の光ジョイントにおいて、第1の 2×2 MMI カプラがアクティブ領域で構成され、第2の 2×2 MMI カプラがパッシブ領域で構成されているこ

10

20

30

40

50

とを特徴とする光ジョイント。

(12)(1)~(7)に記載の光ジョイントにおいて、第1の2×2MMIカブラがパッシブ領域で構成され、第2の2×2MMIカブラもパッシブ領域で構成されていることを特徴とする光ジョイント。

【0079】

なお、当然ながら、上述した実施の形態および複数の変形例は、その内容が相反しない範囲で組み合わせることができる。また、上述した実施の形態および変形例では、各部の構造などを具体的に説明したが、その構造などは本発明を満足する範囲で各種に変更することができる。

【0080】

この出願は、2008年10月10日に提出された日本出願特願2008-263535を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

【0081】

以上、実施形態を参照して本発明を説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。本発明の構成や詳細には、本発明のスコープ内で当業者が理解しうる様々な変更をすることができる。

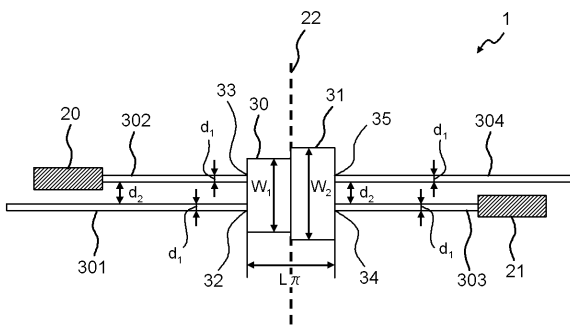
【符号の説明】

【0082】

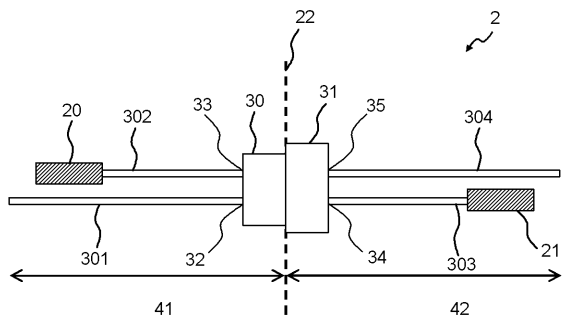
1	光ジョイント	
2	光ジョイント	20
3	光ジョイント	
4	光ジョイント	
5	光ジョイント	
6	光ジョイント	
10	基板	
11	クラッド	
12	コア	
20	光吸収領域	
21	光吸収領域	
22	反射境界	30
23	反射境界	
24	充填剤	
30	2×2MMIカブラ	
30a	ポート	
30b	ポート	
31	2×2MMIカブラ	
31a	ポート	
31b	ポート	
32	ポート	
33	ポート	40
34	ポート	
35	ポート	
41	材料	
42	材料	
51	アクティブ領域	
52	パッシブ領域	
61	導波路構造	
62	導波路構造	
71	構造	
72	構造	50

- 3 0 1 光導波路
- 3 0 2 光導波路
- 3 0 3 光導波路
- 3 0 4 光導波路

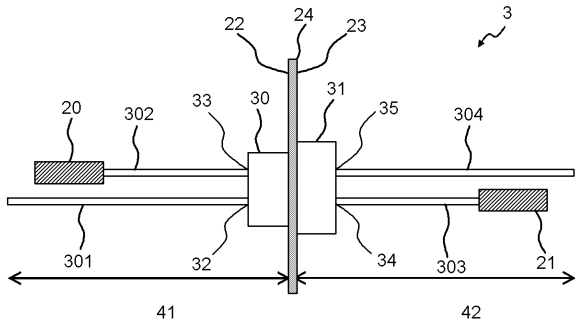
【 図 1 】



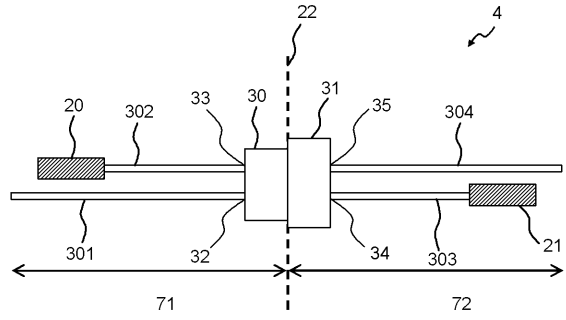
【 図 2 】



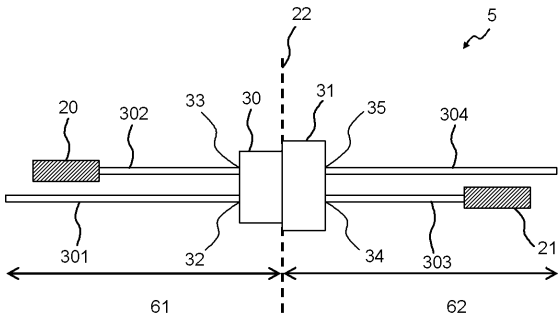
【図3】



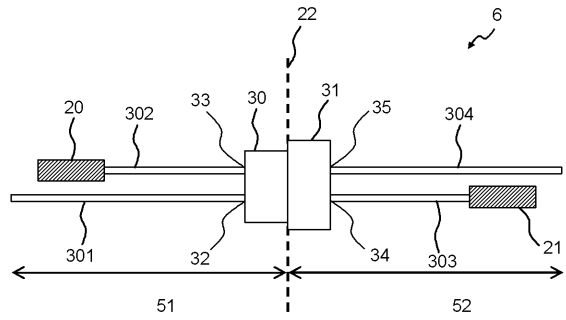
【図4】



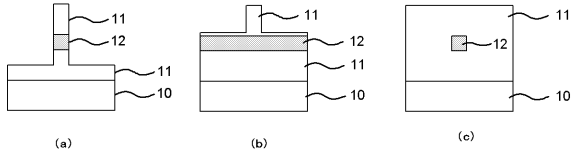
【図5】



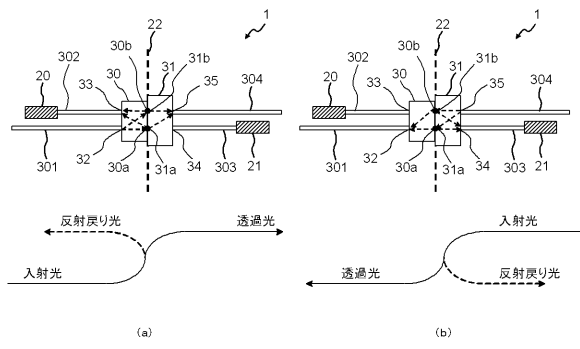
【図6】



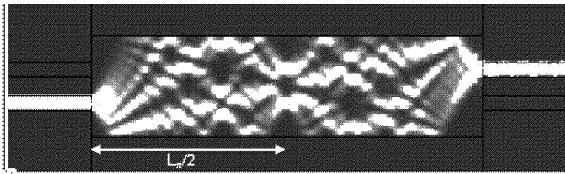
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 水谷 健二
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

審査官 高 芳徳

(56)参考文献 特開2008-176145(JP,A)
特開2004-325999(JP,A)
特開2004-361660(JP,A)
特表2007-532980(JP,A)
国際公開第2006/077641(WO,A1)
国際公開第2007/020778(WO,A1)
国際公開第2008/107963(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B	6/12	-	6/43
H01S	5/00	-	5/50
G02F	1/00	-	7/00