

(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2017-3670

(P2017-3670A)

(43) 公開日 平成29年1月5日(2017.1.5)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>GO2F 1/025 (2006.01)</b>	GO2F 1/025	2H137
<b>GO2B 6/12 (2006.01)</b>	GO2B 6/12 361	2H147
<b>GO2B 6/126 (2006.01)</b>	GO2B 6/126	2K102
<b>GO2B 6/125 (2006.01)</b>	GO2B 6/125 301	5F173
<b>GO2B 6/32 (2006.01)</b>	GO2B 6/12 341	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2015-115224 (P2015-115224)	(71) 出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(22) 出願日	平成27年6月5日 (2015.6.5)	(74) 代理人	110001243 特許業務法人 谷・阿部特許事務所
		(72) 発明者	上田 悠太 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
		(72) 発明者	神徳 正樹 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
		Fターム(参考)	2H137 AA05 AB01 BA31 BA48 BA49 BA53 BA55 BB02 BB14 BC02 BC07 BC31 BC41 DB16 EA04

最終頁に続く

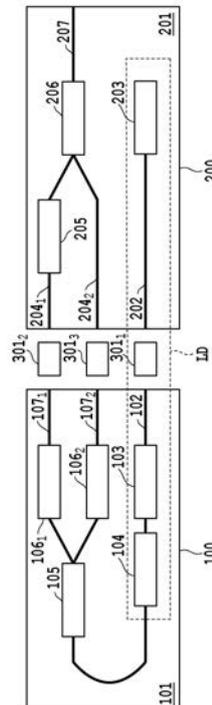
(54) 【発明の名称】 ハイブリッド集積型光送信器

(57) 【要約】

【課題】本発明は、化合物半導体を用いた光変調器が集積された光送信器において、簡易な方法により受動光素子を形成して、更なる小型化・高性能化を実現可能な光送信器を提供する。

【解決手段】本発明は、ハイブリッド集積型光送信器であって、第1の入出力導波路、光増幅器、反射器、1×2カプラ、第1及び第2の光変調器並びに第1及び第2の出力導波路が第1の基板上にモノリシック集積され、第2の入出力導波路、波長フィルタ回路、第1及び第2の入力導波路、偏波回転子、偏波合波器及び合波光出力導波路が第2の基板上にモノリシック集積され、単一波長発振レーザ部を構成するように光増幅器、反射器及び波長フィルタ回路が設計され、第1の基板は化合物半導体材料で構成され、第2の基板は第1の基板とは異なる材料で構成されていることを特徴とする。

【選択図】 図5



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

光増幅変調器及び波長・偏波制御回路を含むハイブリッド集積型光送信器であって、  
前記光増幅変調器は、

第 1 の入出力導波路と、

前記第 1 の入出力導波路から入力された光を増幅する光増幅器と、

前記光増幅器から出力された増幅光の一部を反射して前記第 1 の入力導波路側へ戻す  
反射器と、

前記反射器を介して前記光増幅器に接続され、前記光増幅器から前記反射器を通過して  
入力した増幅光を 2 分岐する 1 × 2 カプラと、

前記 1 × 2 カプラから出力された一方の分岐光を変調することにより第 1 の被変調光  
を生成する第 1 の光変調器と、

前記 1 × 2 カプラから出力された他方の分岐光を変調することにより第 2 の被変調光  
を生成する第 2 の光変調器と、

前記第 1 の光変調器で生成された前記第 1 の被変調光を出力する第 1 の出力導波路と

、

前記第 2 の光変調器で生成された前記第 2 の被変調光を出力する第 2 の出力導波路と

、

が第 1 の基板上にモノリシック集積されてなり、

前記波長・偏波制御回路は、

第 2 の入出力導波路と、

前記第 2 の入出力導波路から入射された光の波長に対して、特定の波長を有する光を  
選択的に反射して当該反射光を前記第 2 の入出力導波路に出力する波長フィルタ回路と、

前記第 1 の出力導波路から出力された前記第 1 の被変調光を入力する第 1 の入力導波  
路と、

前記第 2 の出力導波路から出力された前記第 2 の被変調光を入力する第 2 の入力導波  
路と、

前記第 1 の入力導波路から入力された前記第 1 の被変調光の偏波を回転して偏波回転  
光を生成する偏波回転子と、

前記第 2 の被変調光と前記偏波回転光を合波する偏波合波器と、

前記偏波合波器で合波された合波光を出力する合波光出力導波路と、

が第 2 の基板上にモノリシック集積されてなり、

前記光増幅変調器及び前記波長・偏波制御回路は、同一の光モジュール内に集積されて  
おり、

前記光増幅器から放出された自然発生光のうち、前記波長フィルタ回路の特性を反映し  
た特定波長の光のみを選択的に発振する単一波長発振レーザ部を構成するように、前記光  
増幅器、前記反射器及び前記波長フィルタ回路が設計され、

前記第 1 の基板は、光学利得を有する化合物半導体材料で構成されており、前記第 2 の  
基板は、前記第 1 の基板とは異なる材料で構成されていることを特徴とするハイブリッド  
集積型光送信器。

## 【請求項 2】

前記第 2 の基板は、シリコン又はガラス系材料で構成されていることを特徴とする請求  
項 1 に記載のハイブリッド集積型光送信器。

## 【請求項 3】

前記第 1 の入出力導波路、前記第 1 の出力導波路及び前記第 2 の出力導波路は、それぞ  
れ前記第 1 の基板の同一カット面に配置されており、

前記第 2 の入出力導波路、前記第 1 の入力導波路及び前記第 2 の入力導波路は、それぞ  
れ前記第 2 の基板の同一カット面に配置されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記  
載のハイブリッド集積型光送信器。

## 【請求項 4】

前記第 1 の入出力導波路、前記第 1 の出力導波路及び前記第 2 の出力導波路は、それぞ  
れ前記第 1 の基板の同一カット面に配置されており、

前記第 2 の入出力導波路、前記第 1 の入力導波路及び前記第 2 の入力導波路は、それぞ  
れ前記第 2 の基板の同一カット面に配置されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記  
載のハイブリッド集積型光送信器。

10

20

30

40

50

前記第 1 の入出力導波路及び前記第 2 の入出力導波路を光学的に結合する第 1 のレンズと、

前記第 1 の出力導波路及び前記第 1 の入力導波路を光学的に結合する第 2 のレンズと、  
前記第 2 の出力導波路及び前記第 2 の入力導波路を光学的に結合する第 3 のレンズと、  
をさらに含むことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載のハイブリッド集積型光送信器。

【請求項 5】

前記第 1 の入出力導波路、前記第 1 の出力導波路及び前記第 2 の出力導波路の各々の端面、及び / 又は前記第 2 の入出力導波路、前記第 1 の入力導波路及び前記第 2 の入力導波路の各々の端面に設けられた、導波路を導波するモード分布を変化させるスポットサイズ変換器をさらに含むことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載のハイブリッド集積型光送信器。

10

【請求項 6】

前記波長フィルタ回路は、入力した電気信号に対して反射波長が変化する機構を有することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載のハイブリッド集積型光変調器。

【請求項 7】

前記波長・偏波制御回路は、前記第 1 の被変調光及び前記第 2 の被変調光の光強度をモニタリングするためのモニタフォトディテクタをさらに含むことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載のハイブリッド集積型光変調器。

【請求項 8】

20

前記波長・偏波制御回路は、

前記波長フィルタ回路及び前記第 1 の入力導波路に接続され、前記単一波長発振レーザ部から出力された発振光の一部を前記波長フィルタ回路を通して入力するとともに前記第 1 の被変調光を入力し、当該入力した発振光の一部と前記第 1 の被変調光を合波する第 1 の光ハイブリッド回路と、

前記波長フィルタ回路及び前記第 2 の入力導波路に接続され、前記単一波長発振レーザ部から出力された発振光の一部を前記波長フィルタ回路を通して入力するとともに前記第 2 の被変調光を入力し、当該入力した発振光の一部と前記第 2 の被変調光を合波する第 2 の光ハイブリッド回路と、

をさらに含むことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載のハイブリッド集積型光変調器。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、小型なハイブリッド集積型光送信器に関する。

【背景技術】

【0002】

光送信器は、その伝送性能についてはもちろんの事、モジュールのサイズが小型である事が強く求められている。光送信器は一般に、半導体レーザに代表される光源素子と、電界吸収光変調器やマッハツェンダ干渉型変調器に代表されるような光源から出力された光に情報を乗せる変調器とから構成される。

40

【0003】

変調器については、従来、特にコア系ネットワークなどの長距離・大容量な光回線において、ニオブ酸リチウムなどに代表される強誘電体を材料として用いた素子が主流であった。しかし近年、光送信器はますますの小型化や低消費電力化が求められてきており、最近では従来の強誘電体による変調器よりも低消費電力・小型化が可能な化合物半導体による変調器が注目されている。

【0004】

化合物半導体の小型性等の利点を活かした変調器の代表として、入力光を 2 分岐する分波器と、2 分岐したそれぞれの光に対して個別の光を変調する 2 つの変調器と、2 つの変

50

調器で変調された変調光を合波する合波器と、が同一基板上にモノリシック集積された偏波多重変調器が挙げられる。偏波多重変調器では、同一偏波の2つの被変調光の内の一方の光の偏波を変調器で回転させた上でそれらを合波器で合波する事により、直交した2つの偏波に独立な信号を乗せた偏波多重信号を生成することができる。このような化合物半導体で構成されたモノリシック型の変調器により、小さなモジュールにおいて、偏波多重送信器を構成することができるという利点がある。

【0005】

更に、化合物半導体により変調器を構成する大きな利点としては、同一基板上に光学活性な組成の半導体材料を成長させる事で変調器内において光を増幅させる光増幅器や、光増幅器に加えて更に適当な波長選択機構（フィルタ）を集積化する事でレーザ素子をも同一基板にて実現する高機能化が達成できる所にある。

10

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】Nobuhiro Kikuchi 他, “80-Gbit/s InP DQPSK modulator with an n-p-i-n structure”, in Proc. of ECOC 2007, 10.3.1, 2007.

【非特許文献2】Yuta Ueda他, “Very-low-voltage operation of Mach-Zehnder interferometer-type electroabsorption modulator using asymmetric couplers”, Opt. Express, vol. 22, issue 12, pp. 14610-14616, 2014.

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

以上の様に、化合物半導体を用いた光変調器は多くの利点があるが、一方で化合物半導体を用いた光デバイスの共通の課題として、一般に化合物半導体は受動光回路で良く用いられるガラスやシリコンと比較して加工が難しいと言った点が挙がる。例えば上述の偏波多重送信器においては、理想的には偏波回転子や偏波合波器をも変調器と同一基板上にモノリシック集積ができれば、送信器モジュールの一層の小型化が期待できるが、化合物半導体の加工の困難性から、これらの偏波制御素子を化合物半導体基板上に作製する事は困難である。また、レーザ集積型変調器においても、単一波長発振・発振波長制御のための可変波長選択フィルタが必要であるが、これも一般に化合物半導体基板上に作製するには高いプロセス技術が要求される。

30

【0008】

本発明は、化合物半導体による変調器の更なる小型化・高性能化のために、化合物半導体基板を用いた光変調器が集積された光送信器において、偏波制御や波長制御のための受動光素子を簡易に実現する手法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0009】

このような目的を達成するために、請求項1に記載のハイブリッド集積型光送信器は、光増幅変調器及び波長・偏波制御回路を含むハイブリッド集積型光送信器であって、前記光増幅変調器は、第1の入出力導波路と、前記第1の入出力導波路から入力された光を増幅する光増幅器と、前記光増幅器から出力された増幅光の一部を反射して前記第1の入出力導波路側へ戻す反射器と、前記反射器を介して前記光増幅器に接続され、前記光増幅器から前記反射器を通過して入力した増幅光を2分岐する1×2カプラと、前記1×2カプラから出力された一方の分岐光を変調することにより第1の被変調光を生成する第1の光変調器と、前記1×2カプラから出力された他方の分岐光を変調することにより第2の被変調光を生成する第2の光変調器と、前記第1の光変調器で生成された前記第1の被変調光を出力する第1の出力導波路と、前記第2の光変調器で生成された前記第2の被変調光を出力する第2の出力導波路と、が第1の基板上にモノリシック集積されてなり、前記波長・偏波制御回路は、第2の入出力導波路と、前記第2の入出力導波路から入射された光の波長に対して、特定の波長を有する光を選択的に反射して当該反射光を前記第2の入出力

40

50

導波路に出力する波長フィルタ回路と、前記第 1 の出力導波路から出力された前記第 1 の被変調光を入力する第 1 の入力導波路と、前記第 2 の出力導波路から出力された前記第 2 の被変調光を入力する第 2 の入力導波路と、前記第 1 の入力導波路から入力された前記第 1 の被変調光の偏波を回転して偏波回転光を生成する偏波回転子と、前記第 2 の被変調光と前記偏波回転光を合波する偏波合波器と、前記偏波合波器で合波された合波光を出力する合波光出力導波路と、が第 2 の基板上にモノリシック集積されており、前記光増幅変調器及び前記波長・偏波制御回路は、同一の光モジュール内に集積されており、前記光増幅器から放出された自然発生光のうち、前記波長フィルタ回路の特性を反映した特定波長の光のみを選択的に発振する単一波長発振レーザ部を構成するように、前記光増幅器、前記反射器及び前記波長フィルタ回路が設計され、前記第 1 の基板は、光学利得を有する化合物半導体材料で構成されており、前記第 2 の基板は、前記第 1 の基板とは異なる材料で構成されていることを特徴とする。

10

## 【 0 0 1 0 】

請求項 2 に記載のハイブリッド集積型光送信器は、請求項 1 に記載のハイブリッド集積型光送信器であって、前記第 2 の基板は、シリコン又はガラス系材料で構成されていることを特徴とする。

## 【 0 0 1 1 】

請求項 3 に記載のハイブリッド集積型光送信器は、請求項 1 又は 2 に記載のハイブリッド集積型光送信器であって、前記第 1 の入出力導波路、前記第 1 の出力導波路及び前記第 2 の出力導波路は、それぞれ前記第 1 の基板の同一カット面に配置されており、前記第 2 の入出力導波路、前記第 1 の入力導波路及び前記第 2 の入力導波路は、それぞれ前記第 2 の基板の同一カット面に配置されていることを特徴とする。

20

## 【 0 0 1 2 】

請求項 4 に記載のハイブリッド集積型光送信器は、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載のハイブリッド集積型光送信器であって、前記第 1 の入出力導波路及び前記第 2 の入出力導波路を光学的に結合する第 1 のレンズと、前記第 1 の出力導波路及び前記第 1 の入力導波路を光学的に結合する第 2 のレンズと、前記第 2 の出力導波路及び前記第 2 の入力導波路を光学的に結合する第 3 のレンズと、をさらに含むことを特徴とする。

前記第 1 の入出力導波路、前記第 1 の出力導波路及び前記第 2 の出力導波路の各々の端面、及び/又は前記第 2 の入出力導波路、前記第 1 の入力導波路及び前記第 2 の入力導波路の各々の端面に設けられた、導波路を導波するモード分布を変化させるスポットサイズ変換器をさらに含むことを特徴とする。

30

## 【 0 0 1 3 】

請求項 6 に記載のハイブリッド集積型光送信器は、請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載のハイブリッド集積型光変調器であって、前記波長フィルタ回路は、入力した電気信号に対して反射波長が変化する機構を有することを特徴とする。

## 【 0 0 1 4 】

請求項 7 に記載のハイブリッド集積型光送信器は、請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載のハイブリッド集積型光変調器であって、前記波長・偏波制御回路は、前記第 1 の被変調光及び前記第 2 の被変調光の光強度をモニタリングするためのモニタフォトディテクタをさらに含むことを特徴とする。

40

## 【 0 0 1 5 】

請求項 8 に記載のハイブリッド集積型光送信器は、請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載のハイブリッド集積型光変調器であって、前記波長・偏波制御回路は、前記波長フィルタ回路及び前記第 1 の入力導波路に接続され、前記単一波長発振レーザ部から出力された発振光の一部を前記波長フィルタ回路を通して入力するとともに前記第 1 の被変調光を入力し、当該入力した発振光の一部と前記第 1 の被変調光を合波する第 1 の光ハイブリッド回路と、前記波長フィルタ回路及び前記第 2 の入力導波路に接続され、前記単一波長発振レーザ部から出力された発振光の一部を前記波長フィルタ回路を通して入力するとともに前記第 2 の被変調光を入力し、当該入力した発振光の一部と前記第 2 の被変調光を合波する第

50

2の光ハイブリッド回路と、をさらに含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、化合物半導体による変調器が集積された光送信器の更なる小型化・高性能化を簡易な手法により実現可能とし、光通信の一層の普及に寄与することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明に係る光送信器の概略図である。

【図2】本発明の実施例1に係る光送信器を構成する光増幅器集積変調器の模式図である。

10

【図3】本発明の実施例1に係る光送信器を構成する波長・偏波制御回路の模式図である。

【図4】実施例1に係る波長フィルタ回路の具体的な構成例を示す図である。

【図5】本発明の実施例1に係る光送信器の構成を例示する図である。

【図6】本発明の実施例2に係る光送信器の構成を例示する図である。

【図7】本発明の実施例3に係る光送信器における波長フィルタ回路の構成を例示する図である。

【図8】本発明の実施例4に係る光送信器の構成を例示する図である。

【図9】本発明の実施例5に係る光送信器の構成を例示する図である。

【発明を実施するための形態】

20

【0018】

図1は、本発明に係る光送信器の概略図を示す。図1には、光増幅器および光変調器などの能動素子がモノリシック集積された光増幅器集積変調器10と、入射された光の波長に対して選択的に光を反射させる波長フィルタ回路、入射された光の偏波を回転させる偏波回転子および異なる経路から入射された異なる偏波の光を合波する偏波合波器などの受動素子がモノリシック集積された波長・偏波制御回路20と、を同一の光モジュール内に別種の基板に分けてハイブリッド集積した光送信器が示されている。

【0019】

以下、図面を用いて、本発明の各実施例について説明する。

(実施例1)

30

実施例1では、光増幅器集積変調器と波長・偏波制御回路とをハイブリッド集積した光送信器の構成例について例示する。図2は、本発明の実施例1に係る光送信器における光増幅器集積変調器100の構成を例示する。図2には、第1の入出力導波路102と、第1の入出力導波路102に接続された光増幅器(SOA)103と、SOA103に接続された反射器104と、反射器104に接続された1×2カプラ105と、1×2カプラ105の出力端の一方に接続された第1の光変調器106<sub>1</sub>と、1×2カプラ105の出力端の他方に接続された第2の光変調器106<sub>2</sub>と、第1の光変調器106<sub>1</sub>に接続された第1の出力導波路107<sub>1</sub>と、第2の光変調器106<sub>2</sub>に接続された第2の出力導波路107<sub>2</sub>と、が第1の基板101上にモノリシック集積された光増幅器集積変調器100が示されている。

40

【0020】

第1の入出力導波路101から入射された光は、SOA102において増幅される。SOA102で増幅された光の一部は反射器104により反射されて再びSOA102を通過して入出力導波路101から出射される。一方で、反射器104を透過した光は1×2カプラ105により2分岐されて、第1の光変調器106<sub>1</sub>及び第2の光変調器106<sub>2</sub>にそれぞれ出力される。第1の光変調器106<sub>1</sub>及び第2の光変調器106<sub>2</sub>でそれぞれ変調されて生成された第1の被変調光及び第2の被変調光は、それぞれ第1の出力導波路107<sub>1</sub>及び第2の出力導波路107<sub>2</sub>を介して第1の基板101から出射される。

【0021】

図3は、本発明の実施例1に係る光送信器における波長・偏波制御回路200の構成を

50

例示する。図3には、第2の入出力導波路202と、第2の入出力導波路202に接続された波長フィルタ回路203と、第1の入力導波路204<sub>1</sub>と、第2の入力導波路204<sub>2</sub>と、第1の入力導波路204<sub>1</sub>に接続された偏波回転子205と、第2の入力導波路204<sub>2</sub>及び偏波回転子205に接続された偏波合波器206と、偏波合波器206に接続された合波光出力導波路207と、が第2の基板201上にモノリシック集積された波長・偏波制御回路200が示されている。

#### 【0022】

第1の出力導波路107<sub>1</sub>から出力されて、第1の入力導波路204<sub>1</sub>を介して偏波回転子205に入力された第1の被変調光は、偏波回転子205により偏波が回転する。一般に偏波多重送信器では直交する偏波を用いるため、その偏波回転量は90°とした。偏波回転子205により偏波が回転された光及び第2の入力導波路204<sub>2</sub>から入射された光は偏波合波器206に入力されて合波され、その合波光は合波光出力導波路207を介して第2の基板201から出射される。

10

#### 【0023】

第2の出力導波路107<sub>2</sub>から出力されて、第2の入出力導波路202に入射した被変調光は、波長フィルタ回路203に入力される。波長フィルタ回路203は、入力した光のうち、特定波長を有する光を選択して再び第2の入出力導波路202側に戻し、他の波長の光は透過するように設計されている。

#### 【0024】

図4は、波長フィルタ回路203の具体的な構成例を示す。図4には、第2の入出力導波路202と、第2の入出力導波路202近傍に設けられたリング共振器208と、リング共振器208近傍に設けられた導波路209と、導波路209近傍に設けられたリング共振器210と、リング共振器210近傍に設けられた導波路211と、導波路211の一端に接続された反射器212と、を備えた波長フィルタ回路203が示されている。図4に示されるように、本実施例では、波長フィルタ回路203として、二つのリング共振器208及び209を集積したリング共振器型の波長フィルタを用いた。

20

#### 【0025】

第2の入出力導波路202から波長フィルタ回路203に入力された光は、第2の入出力導波路202を伝搬し、リング共振器208の特性を反映して特定波長を有する一部の光のみが導波路209に結合し、残りの波長の光は波長フィルタ回路203を通過する。更に、導波路209に結合した光はリング共振器210の特性を反映して特定波長を有する一部の光のみが導波路211に結合する。導波路211に結合した光は反射器212により反射されて、これまでの経路を戻って再び第2の入出力導波路202から出力される。従って、二つのリング共振器の共振波長周期が異なる場合、共振波長が合致した波長を有する光が選択的に第2の入出力導波路202へ反射される事になる。

30

#### 【0026】

本実施例では、波長フィルタとして図4に示したようにリング共振器を選択したが、分布反射器などの回折格子によるものでも構わない。

#### 【0027】

第1の基板101は、SOA102がモノリシック集積されている必要があるため、光学利得を有する材料であるならば例えばGaAsなどの他の化合物半導体でも良いが、本実施例では、レーザ発振波長が光ファイバにおいて損失が最も小さい1.55μmになるInPを選択した。

40

#### 【0028】

また、第2の基板201は偏波制御や波長選択フィルタなどの受動素子を精度よく、また小型に作製できる材料が好ましい。本実施例では、第2の基板201としては、近年のシリコンフォトニクスに代表されるように洗練されたシリコンプロセスにより高い加工精度で、かつその高い屈折率により小型に受動素子が作製できるシリコンを選んだが、受動素子を非常に低損失・高性能に作製可能なガラス系材料でも構わない。

#### 【0029】

50

反射器 104 としては、本実施例では、作製の簡便さから、半導体導波路の途中をエッチングにより切断する事で光の一部のパワーを反射させるようなエッチドミラー型の反射器を採用するが、後述の単一波長発振レーザ LD における発振波長を有する光を 1 × 2 コプラ 105 へ透過し、他の波長の光を反射する機能を実現できるならばその機構は問わない。

#### 【0030】

第 1 の光変調器 106<sub>1</sub> 及び第 2 の光変調器 106<sub>2</sub> としては、本実施例では、非特許文献 1 に記載の様な、光変調器として二つのマッハツェンダ干渉導波路が集積されたネスト型の光変調器を採用する。ただし、非特許文献 2 に記載の様な、光の透過・吸収で光強度のオン・オフを実現する電界吸収光変調器など他の光変調器など光に対して信号を乗せられる変調器ならばその構成はどういったものでも構わない。ネスト型の光変調器は光の電界ベクトルの位相を変調できる、いわゆる光ベクトル変調器として機能し、電界吸収光変調器は小型性が利点であり、いずれも化合物半導体上で作製が可能である。

10

#### 【0031】

図 5 は、光増幅器集積変調器 100 と波長・偏波制御回路 200 とをハイブリッド集積した実施例 1 に係る光送信器の構成を例示する。図 5 には、光増幅器集積変調器 100 と、波長・偏波制御回路 200 と、第 1 乃至第 3 のレンズ 301<sub>1</sub> 乃至 301<sub>3</sub> と、が同一の光モジュール内にハイブリッド集積された光送信器が示されている。図 5 に示されるように、光増幅器集積変調器 100 の第 1 の入出力導波路 102 と波長・偏波制御回路 200 の第 2 の入出力導波路 202 との間には、第 1 の入出力導波路 102 と第 2 の入出力導波路 202 とを光学的に結合する第 1 のレンズ 301<sub>1</sub> が設けられている。また、光増幅器集積変調器 100 の第 1 の出力導波路 107<sub>1</sub> と波長・偏波制御回路 200 の第 1 の入力導波路 204<sub>1</sub> との間には、第 1 の出力導波路 107<sub>1</sub> と第 1 の入力導波路 204<sub>1</sub> とを光学的に結合する第 2 のレンズ 301<sub>2</sub> が設けられており、光増幅器集積変調器 100 の第 2 の出力導波路 107<sub>2</sub> と波長・偏波制御回路 200 の第 2 の入力導波路 204<sub>2</sub> との間には、第 2 の出力導波路 107<sub>2</sub> と第 2 の入力導波路 204<sub>2</sub> とを光学的に結合する第 3 のレンズ 301<sub>3</sub> が設けられている。

20

#### 【0032】

一般に、SOA 103 は光を増幅するだけでなく自然放出光として一定の波長域の光をレーザ発振のためのいわゆる種光として放出するため、第 1 の入出力導波路 102 と第 2 の入出力導波路 202 とが光学的に結合されていれば、上述の種光の内の特定の波長の光に正帰還がかかる事で、第 1 の基板 101 上の SOA 103 及び反射器 104 と、第 2 の基板 201 上の波長フィルタ回路 203 とにより、単一波長発振レーザ LD が構成される事になる。

30

#### 【0033】

同様に、第 1 の出力導波路 107<sub>1</sub> 及び第 1 の入力導波路 204<sub>1</sub>、並びに第 2 の出力導波路 107<sub>2</sub> 及び第 2 の入力導波路 204<sub>2</sub> が、それぞれ第 2 のレンズ 301<sub>2</sub> 及び第 3 のレンズ 301<sub>3</sub> を介して光学的に結合していれば、第 1 の光変調器 106<sub>1</sub> から出力された第 1 の被変調光の偏光が偏波回転子 205 により 90° 回転された後に、当該偏光が回転された第 1 の被変調光と第 2 の光変調器 106<sub>2</sub> から出力された第 2 の被変調光とを偏波合波器 206 で合波させる事で偏波多重信号を合波光出力導波路 207 から出射できる。

40

#### 【0034】

ここで、第 1 の入出力導波路 102、第 1 の出力導波路 107<sub>1</sub> 及び第 2 の出力導波路 107<sub>2</sub> は、第 1 の基板 101 の同一カット面に配置することができる。それにより、第 1 の入出力導波路 102 における入出力光と、第 1 の出力導波路 107<sub>1</sub> 及び第 2 の出力導波路 107<sub>2</sub> から出力される第 1 の被変調光及び第 2 の被変調光のそれぞれの光軸は同じ方向を向くことになる。同様に、第 2 の入出力導波路 202、第 1 の入力導波路 204<sub>1</sub> 及び第 2 の入力導波路 204<sub>2</sub> は、第 2 の基板 201 の同一カット面に配置することができる。それにより、第 2 の基板 201 のそれぞれの導波路から入出力される光の光軸は同じ方向を向くことになる。従って、第 1 の基板 101 及び第 2 の基板 201 を並べれば、

50

それぞれの導波路からの光の光軸が結合するように各導波路を配置する事が可能となる。

【0035】

また、本実施例では、図5に示すように、光学結合のための第1乃至第3のレンズ301<sub>1</sub>乃至301<sub>3</sub>としてそれぞれに光軸に対して一つの、1レンズ系を仮定しているが、作製精度などの観点から必要に応じて2枚以上のレンズを用いても構わない。

【0036】

以上のように、本発明では、化合物半導体材料を用いた第1の基板101上で光変調器及び光増幅器を形成する一方で、比較的加工が容易なシリコン又はガラス系材料を用いた第2の基板201上で波長フィルタ回路203、偏波回転子205及び偏波合波器206を形成して、これらが形成された第1の基板101及び第2の基板201を同一モジュール上にハイブリッド集積している。それにより、化合物半導体を用いた光変調器が集積された光送信器において、従来と比較して簡易な方法により偏波制御や波長制御のための受動光素子を形成することができるため、化合物半導体による変調器の更なる小型化・高性能化を実現することができる。

10

【0037】

(実施例2)

図6は、本発明の実施例2に係る光送信器の構成を例示する。図6には、光増幅器集積変調器100と、波長・偏波制御回路200と、第1乃至第3のスポットサイズ変換器401<sub>1</sub>乃至401<sub>3</sub>と、が同一の光モジュール内にハイブリッド集積された光送信器が示されている。図6に示されるように、光増幅器集積変調器100の第1の入出力導波路102の端部と波長・偏波制御回路200の第2の入出力導波路202の端部には、第1の入出力導波路102と第2の入出力導波路202とを光学的に結合する第1のスポットサイズ変換器401<sub>1</sub>が設けられている。また、光増幅器集積変調器100の第1の出力導波路107<sub>1</sub>の端部と波長・偏波制御回路200の第1の入力導波路204<sub>1</sub>の端部には、第1の出力導波路107<sub>1</sub>と第1の入力導波路204<sub>1</sub>とを光学的に結合する第2のスポットサイズ変換器401<sub>2</sub>が設けられており、光増幅器集積変調器100の第2の出力導波路107<sub>2</sub>の端部と波長・偏波制御回路200の第2の入力導波路204<sub>2</sub>の端部には、第2の出力導波路107<sub>2</sub>と第2の入力導波路204<sub>2</sub>とを光学的に結合する第3のスポットサイズ変換器401<sub>3</sub>が設けられている。

20

【0038】

実施例1では、光増幅器集積変調器100及び波長・偏波制御回路200を第1乃至第3のレンズ301<sub>1</sub>乃至301<sub>3</sub>を用いて光学的に結合していた。本実施例2では、第1の基板101及び第2の基板201に導波路を導波するモード分布を変化させるスポットサイズ変換器401がそれぞれ集積されている事で、レンズを介さずに直接、第1の基板101及び第2の基板201の各導波路を光学結合する、いわゆるバットカップリングさせる事が可能となる。

30

【0039】

この時、それぞれのスポットサイズ変換器401は光学結合を形成する導波路同士の光の界分布が近くなるように設計されている必要がある。本構成により、レンズが不要な更なる小型なハイブリッド集積型光送信器が実現できる。

40

【0040】

ここで、本実施例2では、第1の基板101及び第2の基板201の全ての導波路にスポットサイズ変換器401が設けられた構成としたが、第1の基板101及び第2の基板201のいずれか一方における導波路にスポットサイズ変換器401が設けられた構成としてもよい。

【0041】

(実施例3)

図7は、本発明の実施例3に係る光送信器における波長フィルタ回路の構成を例示する。図7には、第2の入出力導波路202と、第2の入出力導波路202近傍に設けられたリング共振器208と、リング共振器208近傍に設けられた導波路209と、導波路2

50

09近傍に設けられたリング共振器210と、リング共振器210近傍に設けられた導波路211と、導波路211の一端に接続された反射器212と、リング共振器208上に設けられたマイクロヒータ213と、リング共振器210上に設けられたマイクロヒータ214と、を備えた波長フィルタ回路203'が示されている。

【0042】

本実施例3では、波長フィルタ回路203'には、波長フィルタ回路203'に入力した電気信号に対する反射波長を変化させる機構である第1及び第2のマイクロヒータ213及び214が設けられている。第1及び第2のマイクロヒータ213及び214の発熱温度を調整して屈折率を変調することにより、単一波長発振レーザ部LDを可変波長レーザとする事ができる。本実施例3に示されるように、リング共振器208及び209にそれぞれマイクロヒータ213及び214を設けて屈折率を変調すれば、リング共振器の共振波長の変化に応じて単一波長発振レーザ部LDの発振波長を制御する事ができる。

10

【0043】

(実施例4)

図8は、本発明の実施例4に係る光送信器の構成を例示する。図8には、光増幅器集積変調器100と、波長・偏波制御回路800と、スポットサイズ変換器401<sub>1</sub>乃至301<sub>3</sub>と、が同一の光モジュール内にハイブリッド集積された光送信器が示されている。図8に示されるように、本実施例4に係る波長・偏波制御回路800は、第1の入力導波路204<sub>1</sub>に設けられ、第1の入力導波路204<sub>1</sub>を導波する光の強度をモニタリングするモニタフォトディテクタ801と、偏波回転子205と合波器205との間に設けられ、偏波回転子205と合波器205との間を導波する第1の被変調光の強度をモニタリングするモニタフォトディテクタ802と、第2の入力導波路204<sub>2</sub>に設けられ、第2の入力導波路204<sub>2</sub>を導波する第2の被変調光の強度をモニタリングするモニタフォトディテクタ803と、をさらに備える。

20

【0044】

光送信器は応用上、送信器内における光の強度をモニタリングすることが多くの場合で必要となる。本実施例4に係る光送信器において、特に第2の基板201の材料をシリコン材料とした場合、比較的容易に波長・偏波制御回路800内にモニタフォトディテクタ801乃至803を集積する事ができる。従って、波長・偏波制御回路800に集積化されたモニタフォトディテクタ801乃至803により、光増幅器集積変調器100から出力された光の光強度をモニタリングすることができる。

30

【0045】

本実施例4では、モニタフォトディテクタ801乃至803によりそれぞれ第1の被変調光、第2の被変調光、波長フィルタ回路203から光増幅器集積変調器100への戻り光の強度をモニタリングしているが、必要に応じて必要な箇所と数のフォトディテクタを配置して良い。また、例えば第1の被変調光を光増幅器集積変調器100側で分波して、波長・偏波制御回路800の適当な導波路に結合させた上でモニタフォトディテクタにより受光するといった様に、モニタフォトディテクタまでの光の経路も必要に応じて変更して良い。

【0046】

(実施例5)

図9は、本発明の実施例5に係る光送信器の構成を例示する。図9には、光増幅器集積変調器100と、波長・偏波制御回路900と、スポットサイズ変換器401<sub>1</sub>乃至301<sub>3</sub>と、が同一の光モジュール内にハイブリッド集積された光送信器が示されている。図9に示されるように、本実施例5に係る波長・偏波制御回路900は、波長フィルタ回路203及び第1の入力導波路204<sub>1</sub>に接続された光ハイブリッド回路901と、波長フィルタ回路203及び第2の入力導波路204<sub>2</sub>に接続された光ハイブリッド回路とが設けられている。

40

【0047】

上記実施例1乃至4に係る光送信器では、光増幅器103と反射器104と波長フィル

50

タ回路 203 とから構成される単一波長発振レーザ部 LD を光が往復する光路は、光増幅器 103 より出力側、すなわち 1×2 カプラ 105 から第 1 及び第 2 の入力導波路 204<sub>1</sub> 及び 204<sub>2</sub> を通る光路に対して光学的な機能としては分離されていた。

【0048】

しかしながら、本実施例 5 に係る光送信器では、比較的複雑な受動素子の構成が容易なシリコンなどからなる第 2 の基板 201 において、これら二つの光路を結合させる事で新たな機能を実現する事ができる。

【0049】

例えば図 9 に示されるように、光ハイブリッド回路 901 及び 902 は、それぞれ単一波長発振レーザ部 LD における発振光の一部を波長フィルタ回路 203 を通して取り出して入力するとともに、第 1 及び第 2 の光変調器 106<sub>1</sub> 及び 106<sub>2</sub> から出力された第 1 及び第 2 の被変調光を入力して、発振光の一部と被変調光をそれぞれ合波している。

10

【0050】

二つの光ハイブリッド回路 901 及び 902 へそれぞれ入射される、単一波長発振レーザ部 LD から入射した光の波長と、第 1 及び第 2 の被変調光の波長は原理的に全く同一のものである。従って、例えば、第 1 及び第 2 の被変調光が四位相偏移変調 (QPSK) であった場合、光ハイブリッド回路 901 及び 902 として 2×4 ポートの多モード干渉導波路などの適当な干渉素子を用いて、さらにその先にフォトディテクタを集積すれば、それぞれの被変調光の位相情報を単一波長発振レーザ部 LD から出力された光との干渉によって知る事ができる。すなわち、第 1 及び第 2 の被変調光の状態をモニタリングする事が

20

【符号の説明】

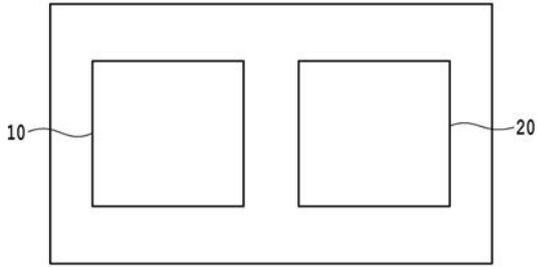
【0051】

光増幅器集積変調器 10、100  
 波長・偏波制御回路 20、200  
 基板 101、201  
 導波路 102、107、202、204、207、209、211  
 SOA 103  
 反射器 104、212  
 1×2カプラ 105  
 光変調器 106  
 波長フィルタ回路 203  
 偏波回転子 205  
 偏波合波器 206  
 リング共振器 208、210  
 マイクロヒータ 213、214  
 レンズ 301  
 スポットサイズ変換器 401  
 モニタフォトディテクタ 801、802、803  
 光ハイブリッド回路 901、902

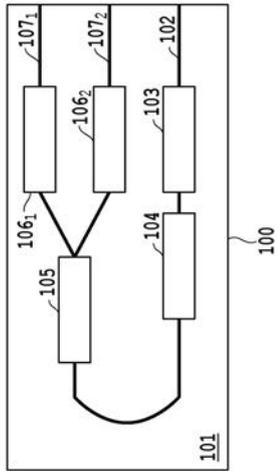
30

40

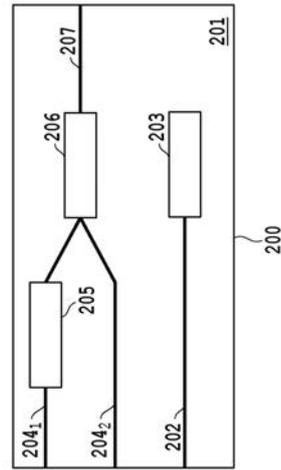
【 図 1 】



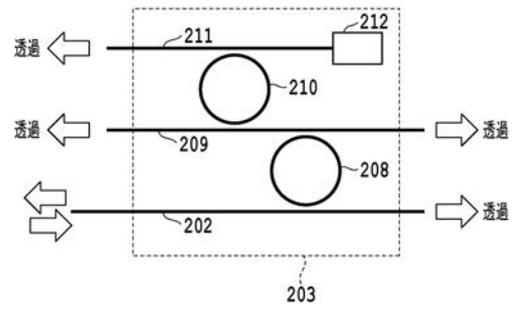
【 図 2 】



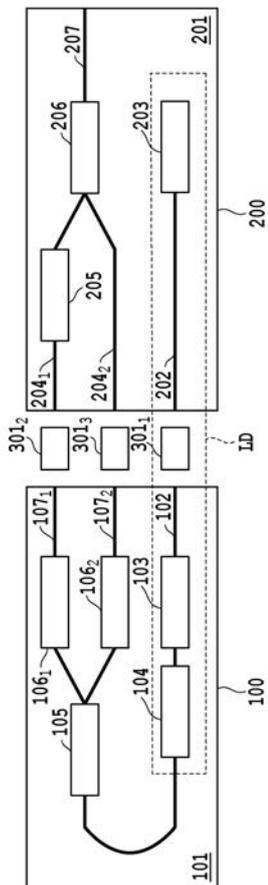
【 図 3 】



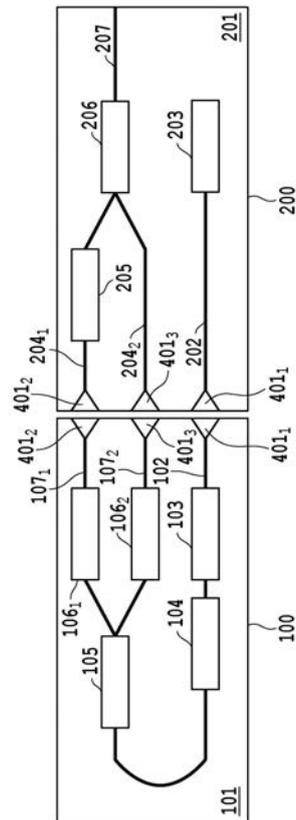
【 図 4 】



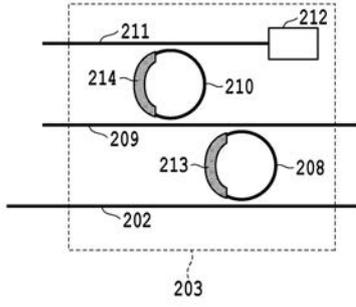
【 図 5 】



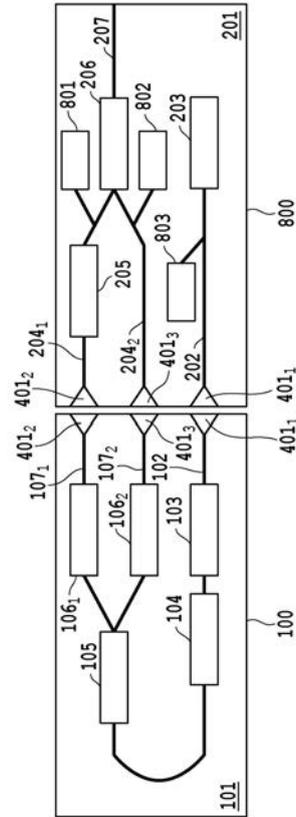
【 図 6 】



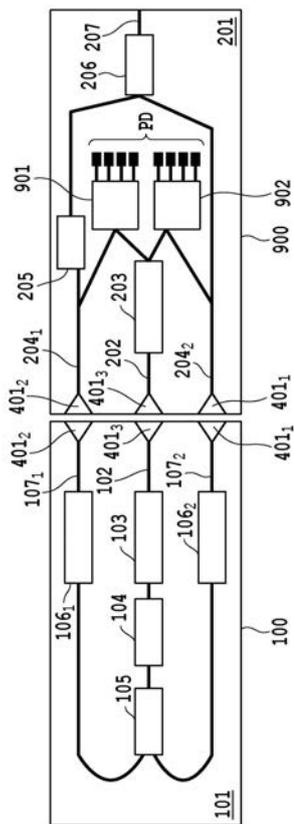
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード(参考)
<i>G 0 2 B</i>	<i>6/14</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>G 0 2 B</i>	<i>6/32</i>		
<i>G 0 2 B</i>	<i>6/26</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>G 0 2 B</i>	<i>6/12</i>	<i>3 0 1</i>	
<i>G 0 2 F</i>	<i>1/01</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>G 0 2 B</i>	<i>6/14</i>		
<i>G 0 2 F</i>	<i>2/00</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>G 0 2 B</i>	<i>6/26</i>		
<i>H 0 1 S</i>	<i>5/026</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>G 0 2 F</i>	<i>1/01</i>		<i>C</i>
<i>H 0 1 S</i>	<i>5/022</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>G 0 2 F</i>	<i>2/00</i>		
<i>H 0 1 S</i>	<i>5/14</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>H 0 1 S</i>	<i>5/026</i>	<i>6 1 6</i>	
<i>H 0 1 S</i>	<i>5/50</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>H 0 1 S</i>	<i>5/026</i>	<i>6 1 8</i>	
			<i>H 0 1 S</i>	<i>5/022</i>		
			<i>H 0 1 S</i>	<i>5/14</i>		
			<i>H 0 1 S</i>	<i>5/50</i>	<i>6 3 0</i>	

Fターム(参考)	2H147	AB02	AB03	AB04	AB06	AB10	AB16	AB21	AB24	AC01	AC05
		BD01	BD03	BD15	BD16	BE01	BE11	CA08	CA14	CD02	EA12C
		EA13C	EA14C	FC01							
	2K102	AA18	AA20	AA28	BA02	BA16	BA40	BB01	BB02	BB04	BC04
		BC05	BC10	BD01	CA20	DA04	DB02	DB05	DC08	DD03	DD07
		EB02	EB06	EB08	EB10	EB11	EB12	EB20	EB22	EB29	
	5F173	AB33	AB49	AD12	AD16	AD17	AD19	AD30	AP87	AR04	AR99
		MA02	MB03	MC01	MC30	ME58	ME85	ME88	ME90	MF02	MF03
		MF27	MF28	MF39							