

(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2013-168500

(P2013-168500A)

(43) 公開日 平成25年8月29日 (2013. 8. 29)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 S 5/026 (2006.01)	H O 1 S 5/026 6 1 0	5 F 1 7 3
H O 1 S 5/22 (2006.01)	H O 1 S 5/026 6 1 8	
H O 1 S 5/50 (2006.01)	H O 1 S 5/22 6 1 0	
	H O 1 S 5/50 6 1 0	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2012-30779 (P2012-30779)
 (22) 出願日 平成24年2月15日 (2012. 2. 15)

(71) 出願人 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
 (74) 代理人 100082175
 弁理士 高田 守
 (74) 代理人 100106150
 弁理士 高橋 英樹
 (74) 代理人 100148057
 弁理士 久野 淑己
 (72) 発明者 斎藤 健
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
 菱電機株式会社内
 (72) 発明者 高林 正和
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
 菱電機株式会社内

最終頁に続く

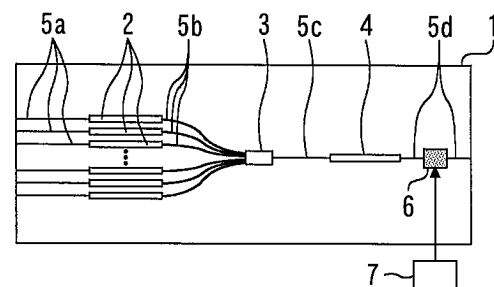
(54) 【発明の名称】 光半導体装置

(57) 【要約】

【課題】装置内に存在する反射点で反射されて半導体レーザに戻ってくる反射光によるスペクトル線幅の増大を抑制できる光半導体装置を得る。

【解決手段】合波部3は複数の半導体レーザ2の出力光を合波する。光増幅部4は合波部3の出力光を増幅する。光導波路5bは複数の半導体レーザ2と合波部3をそれぞれ光学的に接続する。光導波路5cは合波部3と光増幅部4を光学的に接続する。光導波路5dは光増幅部4の出力に光学的に接続されている。位相調整部6は光導波路5dに設けられている。制御部7は、複数の半導体レーザ2の出力光の線幅が小さくなるように位相調整部6に反射光の位相を調整させる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の半導体レーザと、
前記複数の半導体レーザの出力光を合波する合波部と、
前記合波部の出力光を増幅する光増幅部と、
前記複数の半導体レーザと前記合波部をそれぞれ光学的に接続する第 1 の光導波路と、
前記合波部と前記光増幅部を光学的に接続する第 2 の光導波路と、
前記光増幅部の出力に光学的に接続された第 3 の光導波路と、
前記第 1、第 2、第 3 の光導波路の少なくとも 1 つに設けられ、装置内に存在する反射点で反射されて前記複数の半導体レーザに戻ってくる反射光の位相を調整する位相調整部とを備え、
前記位相調整部は、前記複数の半導体レーザの出力光の線幅が小さくなるように前記反射光の位相を調整することを特徴とする光半導体装置。

【請求項 2】

前記位相調整部に印加するバイアスを調整して、前記複数の半導体レーザの出力光の線幅が小さくなるように前記位相調整部に前記反射光の位相を調整させる制御部を更に備えることを特徴とする請求項 1 に記載の光半導体装置。

【請求項 3】

複数の半導体レーザと、
前記複数の半導体レーザの光出力を合波する合波部と、
前記合波部の光出力を増幅する光増幅部と、
前記複数の半導体レーザと前記合波部をそれぞれ光学的に接続する光導波路と、
前記光導波路に設けられ、装置内に存在する反射点で反射されて前記複数の半導体レーザに戻ってくる反射光の光量を低減させる光量低減部とを備え、
前記光量低減部は、前記複数の半導体レーザの出力光の線幅が小さくなるように前記反射光の光量を低減させることを特徴とする光半導体装置。

【請求項 4】

前記光量低減部に印加するバイアスを調整して、前記複数の半導体レーザの出力光の線幅が小さくなるように前記光量低減部に前記反射光の光量を低減させる制御部を更に備えることを特徴とする請求項 3 に記載の光半導体装置。

【請求項 5】

前記光増幅部の出力に光学的に接続された光変調器を更に備えることを特徴とする請求項 1 ～ 4 の何れか 1 項に記載の光半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光通信システムに用いられる波長可変な光半導体装置に関し、特に装置内に存在する反射点で反射されて半導体レーザに戻ってくる反射光によるスペクトル線幅の増大を抑制できる光半導体装置に関する。

【背景技術】

【0002】

光増幅器による中継を用いた長距離光通信システムでは、光ファイバ 1 本当たりの伝送容量を増やすために高密度波長多重 (DWDM: Dense Wavelength Division Multiplexing) 方式が用いられている。この方式では、1 本のファイバに異なる 80 波長程度の光信号を多重化する。現在では、使用する波長帯の中から任意の波長で発振できる波長可変レーザの開発が進み、長距離用の光トランシーバの光源の主流となっている。

【0003】

変復調方式として、信号速度が 10 Gbit/s までのシステムでは、強度変調・直接検波 (IM-DD: Intensity Modulation-Direct Detection) 方式が用いられてきた。近年普及し始めている 40 Gbit/s システムでは位相変調・差動検波方式が用いられ、次世

代の 100 Gbit/s システムで採用されるデジタルコヒーレント方式では位相変調方式が用いられる。受信側では、ローカル光と信号光をミキシングして信号光の強度・位相情報を検出するコヒーレント検波方式が用いられる。

【0004】

従来の IM-DD 方式では光の位相情報を用いていないため、光源が単一波長で発振していればよく、位相ノイズは問題とはならない。しかし、デジタルコヒーレント方式では、信号光源及びローカル光源の位相ノイズが信号品質劣化の要因となる。光源の位相ノイズの大きさを示す指標としてスペクトル線幅が用いられるが、位相ノイズ低減にはスペクトル線幅を狭線幅化することが必要である。

【0005】

波長可変光源を実現する一つの方法として、複数の半導体レーザと光増幅部を集積した光半導体装置が報告されている。並列に配置された複数の半導体レーザの何れか1つを発光させ、その出力光を合波部を介して1本の導波路から出力する。その出力光を光増幅部で増幅することで、所望の波長の光を所望の光パワーで出力させる。

【0006】

スペクトル線幅 ν_0 は一般的に以下の数式1の関係を有する。

【数1】

$$\nu_0 \propto (\kappa L_{\text{DFB}})^{-2} (L_{\text{DFB}})^{-1} (1 + \alpha^2)$$

〔数式1〕

狭線幅化を実現するためには、レーザ長 L_{DFB} を長く取ることが望ましい。上述の半導体レーザと光増幅部を集積した光半導体装置においても、レーザ長を長く取ることにより 1 MHz 以下の低線幅が実現されることが報告されているが、スペクトル線幅を劣化させる要因が存在する。前端面に有限な反射率が存在する場合、前端面によって反射された光が再び光増幅部によって増幅され、その光が半導体レーザに戻って悪影響を与える。

【0007】

前端面の反射率を R_0 としたときに、反射によるフィードバックを受けた時のスペクトル線幅 $\Delta \nu$ は以下の数式2で表される（例えば、非特許文献1参照）。

【数2】

$$\frac{\Delta \nu}{\nu_0} = \frac{1}{(1 + C \sin \{ \omega \tau + \phi_c + \arctan(\alpha) \})^2}$$

〔数式2〕

ただし、以下の数式3、4の関係を有する。

【数3】

$$C = \sqrt{R_{\text{ext}} L_{\text{ext}}} \frac{P_{\text{DFB}}}{P_{\text{NV}} L_{\text{DFB}}} \sqrt{K_z} \sqrt{1 + \alpha^2}$$

〔数式3〕

【数4】

$$R_{\text{ext}} = R_0 \left(\frac{P_{\text{SOA}}}{P_{\text{DFB}}} \right)^2$$

〔数式4〕

ここで、 ν_0 は $C = 0$ すなわち $R = 0$ のときの線幅、 τ は LD 外部の共振器の一往復に要する時間である。

【0008】

数式2より、反射によるフィードバックが有るとスペクトル線幅は周期的に変化し、 $C \sin \{ \omega \tau + \phi_c + \arctan(\alpha) \} = -1$ に近い時に最大となる。以下の数式5のようにレーザに印加する電流値に対する角周波数の変化を近似すると、非特許文献1の

10

20

30

40

50

Fig. 3 (a) のように半導体レーザに印加する電流値によって線幅が周期的に変化する。

【数 5】

$$\omega - \omega_0 = a I_{\text{DFB}}^2 + b I_{\text{DFB}}$$

[数式 5]

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0009】

【非特許文献 1】 IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS, VOL. 15, NO.3, MAY/JUNE 2009 pp.514-520 10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

現実には端面反射率を 0 にすることはできず、必ず有限の反射率を持つことになる。このため、半導体レーザと光増幅部を集積した従来の光半導体装置のスペクトル線幅は、半導体レーザの電流値に依存して周期的に変化し、時にシステム上問題になるような増大を生じる場合がある。また、更に変調器などを集積した場合には、変調器を構成する各パーツなどからの反射が生じる可能性も有り、同様にスペクトル線幅の増大を招く。

【0011】

このような有限な前端面反射率又は装置内に反射点が存在する限りは、反射光が光増幅部で増幅された後に半導体レーザに戻ってくる。従って、半導体レーザの駆動電流条件によっては、スペクトル線幅の増大を招くという問題があった。

【0012】

本発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、その目的は装置内に存在する反射点で反射されて半導体レーザに戻ってくる反射光によるスペクトル線幅の増大を抑制できる光半導体装置を得るものである。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明に係る光半導体装置は、複数の半導体レーザと、前記複数の半導体レーザの出力光を合波する合波部と、前記合波部の出力光を増幅する光増幅部と、前記複数の半導体レーザと前記合波部をそれぞれ光学的に接続する第 1 の光導波路と、前記合波部と前記光増幅部を光学的に接続する第 2 の光導波路と、前記光増幅部の出力に光学的に接続された第 3 の光導波路と、前記第 1、第 2、第 3 の光導波路の少なくとも 1 つに設けられ、装置内に存在する反射点で反射されて前記複数の半導体レーザに戻ってくる反射光の位相を調整する位相調整部と、前記位相調整部にバイアスを印加する制御部とを備え、前記制御部は、前記位相調整部に印加するバイアスを調整して、前記複数の半導体レーザの出力光の線幅が小さくなるように前記位相調整部に前記反射光の位相を調整させることを特徴とする。

【発明の効果】

【0014】

本発明により、装置内に存在する反射点で反射されて半導体レーザに戻ってくる反射光によるスペクトル線幅の増大を抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図 1】 本発明の実施の形態 1 に係る光半導体装置を示す上面図である。

【図 2】 本発明の実施の形態 1 に係る光半導体装置の変形例 1 を示す上面図である。

【図 3】 本発明の実施の形態 1 に係る光半導体装置の変形例 2 を示す上面図である。

【図 4】 本発明の実施の形態 2 に係る光半導体装置を示す上面図である。

【図 5】 本発明の実施の形態 2 に係る光半導体装置の変形例を示す上面図である。

【図 6】本発明の実施の形態 3 に係る光半導体装置を示す上面図である。

【図 7】本発明の実施の形態 3 に係る光半導体装置の変形例を示す上面図である。

【図 8】本発明の実施の形態 4 に係る光半導体装置を示す上面図である。

【図 9】本発明の実施の形態 4 に係る光半導体装置の変形例を示す上面図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

本発明の実施の形態に係る光半導体装置について図面を参照して説明する。同じ又は対応する構成要素には同じ符号を付し、説明の繰り返しを省略する場合がある。

【0017】

実施の形態 1.

10

図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る光半導体装置を示す上面図である。InP 基板 1 上に、複数の半導体レーザ 2、合波部 3、光増幅部 4、光導波路 5 a, 5 b, 5 c, 5 d、及び位相調整部 6 が集積されている。複数の半導体レーザ 2 は DFB-LD (Distributed Feed back Laser Diode) アレイである。合波部 3 は MMI カプラ (Multi-Mode Interference) である。光増幅部 4 は SOA (Semiconductor Optical Amplifier) である。制御部 7 は、位相調整部 6 に印加するバイアスを調整して位相調整部 6 を制御する。

【0018】

合波部 3 は複数の半導体レーザ 2 の出力光を合波する。光増幅部 4 は合波部 3 の出力光を増幅する。光導波路 5 a は半導体レーザ 2 の入力側に光学的に接続されている。複数の光導波路 5 b は複数の半導体レーザ 2 と合波部 3 をそれぞれ光学的に接続する。光導波路 5 c は合波部 3 と光増幅部 4 を光学的に接続する。光導波路 5 d は光増幅部 4 の出力に光学的に接続されている。位相調整部 6 は、光導波路 5 d に設けられ、具体的には光導波路 5 d の上部にバイアスが印加される電極が設けられたものである。この位相調整部 6 は、装置内に存在する反射点で反射されて複数の半導体レーザ 2 に戻ってくる反射光の位相を調整する。

20

【0019】

制御部 7 が位相調整部 6 に順バイアス又は逆バイアスを印加すると、順バイアス印加時にはキャリアプラズマ効果、逆バイアス印加時には量子閉じ込めシュタルク効果などにより、光導波路 5 d の屈折率が変化し、光路長が変化する。従って、数式 2 中の τ が変化するることになり、数式 2 中の $\sin$ の項を最適化する ($\sin \{ \omega \tau + \phi_c + \arctan(\alpha) \} = 1$ とする) ことができる。このように位相調整部 6 に印加するバイアスを調整することにより、スペクトル線幅 $\Delta \nu$ を最小化することができる。なお、数式 2 では、反射点としては前端面を仮定しているが、前端面以外の反射点からのフィードバックに対しても、数式 4 の R_0 をその反射点の反射率と置きかえることで、同様の数式で表現することができる。

30

【0020】

そこで、制御部 7 は、位相調整部 6 に印加するバイアスを調整して、複数の半導体レーザ 2 の出力光の線幅が小さくなるように位相調整部 6 に反射光の位相を調整させる。これにより、反射光によるスペクトル線幅の増大を抑制できる。

【0021】

40

図 2 は本発明の実施の形態 1 に係る光半導体装置の変形例 1 を示す上面図であり、図 3 は変形例 2 を示す上面図である。実施の形態 1 の構成に加えて、光変調器 8 が光増幅部 4 の出力に光学的に接続されている。変形例 1 では光増幅部 4 と光変調器 8 の間に位相調整部 6 が設けられ、変形例 2 では光変調器 8 の出力側の光導波路 5 e に位相調整部 6 が設けられている。これらの場合にも実施の形態 1 と同様の効果を得ることができる。

【0022】

なお、光導波路 5 a を省略してもよい。光導波路 5 a, 5 b, 5 c, 5 d の層構造は、半導体レーザ 2 や光増幅部 4 と同じでもよく、異なる構造・組成の導波路がバットジョイント結合されたものであってもよい。光変調器 8 は複数の光変調器が直列に接続されたものでよい。

50

【0023】

実施の形態 2.

図 4 は、本発明の実施の形態 2 に係る光半導体装置を示す上面図である。位相調整部 6 が光導波路 5 c に設けられている。この場合でも実施の形態 1 と同様の効果を得ることができる。

【0024】

図 5 は、本発明の実施の形態 2 に係る光半導体装置の変形例を示す上面図である。実施の形態 2 の構成に加えて、光変調器 8 が光増幅部 4 の出力に光学的に接続されている。この場合でも実施の形態 1 と同様の効果を得ることができる。

【0025】

実施の形態 3.

図 6 は、本発明の実施の形態 3 に係る光半導体装置を示す上面図である。複数の位相調整部 6 が複数の光導波路 5 b にそれぞれ設けられている。この場合でも実施の形態 1 と同様の効果を得ることができる。

【0026】

図 7 は、本発明の実施の形態 3 に係る光半導体装置の変形例を示す上面図である。実施の形態 3 の構成に加えて、光変調器 8 が光増幅部 4 の出力に光学的に接続されている。この場合でも実施の形態 1 と同様の効果を得ることができる。

【0027】

なお、実施の形態 1 ～ 3 では位相調整部 6 がそれぞれ光導波路 5 d, 5 c, 5 b に設けられているが、これに限らず位相調整部 6 が光導波路 5 b, 5 c, 5 d の少なくとも 1 つに設けられていればよい。

【0028】

実施の形態 4.

図 8 は、本発明の実施の形態 4 に係る光半導体装置を示す上面図である。反射光の位相を調整する位相調整部 6 の代わりに、反射光の光量を低減させる光量低減部 9 が光導波路 5 b に設けられている。

【0029】

光量低減部 9 の層構成は位相調整部 6 と同じである。制御部 7 は、位相調整部 6 より大きな逆バイアスを光量低減部 9 に与え、積極的に光吸収を発生させる。光量低減部 9 において光吸収が発生すると、半導体レーザ 2 から光増幅部 4 に入力される光の光量が低減される。しかし、光増幅部 4 では、入力がある一定値以上となると利得の飽和が発生する。この性質を利用し、光量低減部 9 を通過した後の光のパワーが光増幅部 4 の利得飽和の領域内となるように半導体レーザ 2 への電流値を調整することで、光量低減部 9 による損失の影響を無視することができる。

【0030】

一方、前端面又は光増幅部 4 より前端面側のデバイス内の反射点からの反射光は光増幅部 4 で増幅されて、半導体レーザ 2 に戻ってくる。その前に光量低減部 9 が反射光の光量を低減させる。このため、反射光の半導体レーザ 2 への影響が緩和され、複数の半導体レーザ 2 の出力光の線幅が小さくなる。そこで、制御部 7 は、光量低減部 9 に印加するバイアスを調整して、複数の半導体レーザ 2 の出力光の線幅が小さくなるように光量低減部 9 に反射光の光量を低減させる。これにより、反射光によるスペクトル線幅の増大を抑制できる。

【0031】

なお、光量低減部 9 に逆バイアスをかけることで、反射光の損失が発生すると同時に、位相の変化も発生する。従って、実施の形態 3 の効果も得られるため、数式 2 で見られる線幅の周期的な変化が生じる。バイアス点としては、上記の吸収による効果と合わせて、位相の点でも最適となるバイアス点を探す必要がある。また、光導波路 5 a や光変調器 8 を省略してもよい。

【0032】

10

20

30

40

50

図 9 は、本発明の実施の形態 4 に係る光半導体装置の変形例を示す上面図である。実施の形態 4 の構成に加えて、光導波路 5 c, 5 d, 5 e にそれぞれ位相調整部 6 が設けられている。なお、光導波路 5 c, 5 d, 5 e の 1 つ又は 2 つのみに位相調整部 6 を設けてもよい。制御部 7 は、これらの位相調整部 6 に印加するバイアスを調整して、複数の半導体レーザ 2 の出力光の線幅が小さくなるように位相調整部 6 に反射光の位相を調整させる。

【0033】

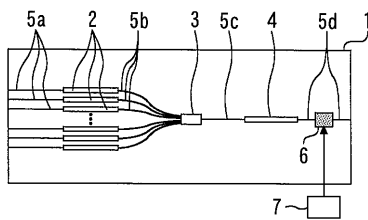
なお、実施の形態 1～4 において、位相調整部 6 又は光量低減部 9 の電極上に電気的な抵抗体を設けて、その抵抗体をヒーターとして発熱させてもよい。即ち、位相調整部 6 及び光量低減部 9 に順／逆バイアスを印加して屈折率を変化させるのではなく、それらの温度を変化させて屈折率を変化させる。この場合でも、上記の実施の形態 1～4 と同じ効果を得ることができる。

【符号の説明】

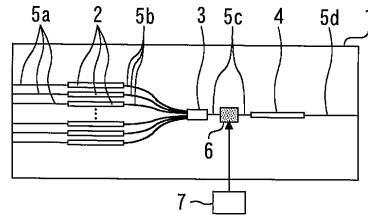
【0034】

- 2 半導体レーザ
- 3 合波部
- 4 光増幅部
- 5 b 光導波路（第 1 の光導波路）
- 5 c 光導波路（第 2 の光導波路）
- 5 d, 5 e 光導波路（第 3 の光導波路）
- 6 位相調整部
- 7 制御部
- 8 光変調器
- 9 光量低減部

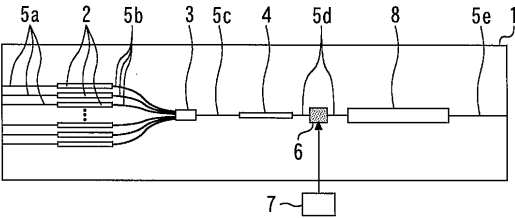
【図 1】



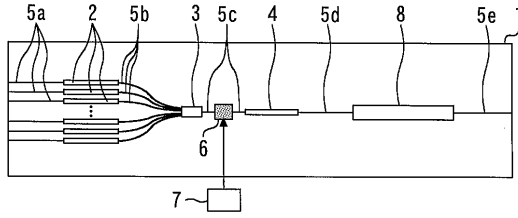
【図 4】



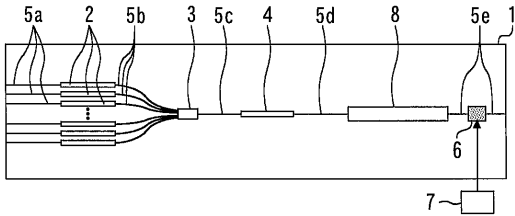
【図 2】



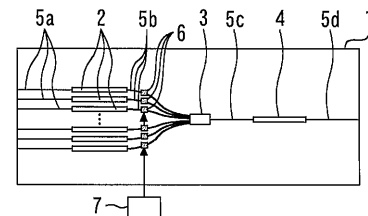
【図 5】



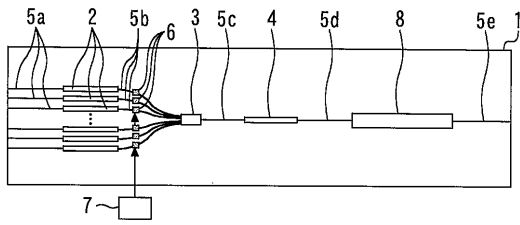
【図 3】



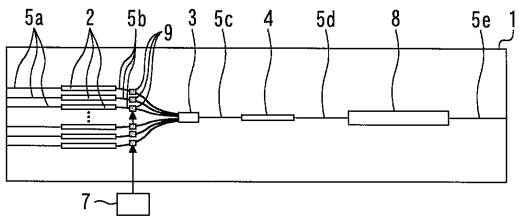
【図 6】



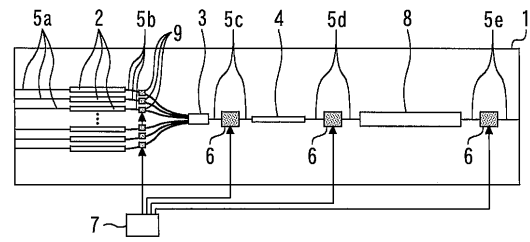
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

- (72)発明者 石村 栄太郎
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 瀧口 透
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 高木 和久
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 松本 啓資
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 笹畑 圭史
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- Fターム(参考) 5F173 AB13 AD06 AD19 AD30 AR04