

(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2020-4752

(P2020-4752A)

(43) 公開日 令和2年1月9日(2020.1.9)

|                               |              |                  |                |              |              |                  |
|-------------------------------|--------------|------------------|----------------|--------------|--------------|------------------|
| (51) Int.Cl.                  |              | F I              |                |              |              | テーマコード (参考)      |
| <b>H O 1 S</b>                | <b>5/026</b> | <b>(2006.01)</b> | <b>H O 1 S</b> | <b>5/026</b> | <b>6 1 6</b> | <b>2 K 1 0 2</b> |
| <b>H O 1 S</b>                | <b>5/12</b>  | <b>(2006.01)</b> | <b>H O 1 S</b> | <b>5/12</b>  |              | <b>5 F 1 7 3</b> |
| <b>H O 1 S</b>                | <b>5/22</b>  | <b>(2006.01)</b> | <b>H O 1 S</b> | <b>5/22</b>  |              |                  |
| <b>H O 1 S</b>                | <b>5/227</b> | <b>(2006.01)</b> | <b>H O 1 S</b> | <b>5/227</b> |              |                  |
| <b>G O 2 F</b>                | <b>1/017</b> | <b>(2006.01)</b> | <b>G O 2 F</b> | <b>1/017</b> | <b>5 0 3</b> |                  |
| 審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁) |              |                  |                |              |              |                  |

|           |                              |          |                     |
|-----------|------------------------------|----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2018-119530 (P2018-119530) | (71) 出願人 | 000004226           |
| (22) 出願日  | 平成30年6月25日 (2018. 6. 25)     |          | 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   |
|           |                              | (71) 出願人 | 504157024           |
|           |                              |          | 国立大学法人東北大学          |
|           |                              |          | 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号  |
|           |                              | (74) 代理人 | 100098394           |
|           |                              |          | 弁理士 山川 茂樹           |
|           |                              | (74) 代理人 | 100153006           |
|           |                              |          | 弁理士 小池 勇三           |
|           |                              | (74) 代理人 | 100064621           |
|           |                              |          | 弁理士 山川 政樹           |
|           |                              | (72) 発明者 | 石井 啓之               |
|           |                              |          | 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          |
|           |                              |          | 最終頁に続く              |

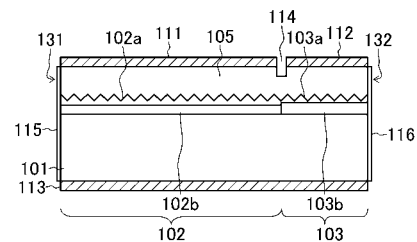
(54) 【発明の名称】 半導体レーザ

## (57) 【要約】

【課題】混合変調レーザで、主モードと副モードとの閾値利得の差を十分大きく取れる動作条件の範囲がより広くできるようにする。

【解決手段】基板101の上に形成された分布帰還型レーザからなるレーザ領域102と、基板101の上に形成された共振器光損失変調型の変調領域103とを備える。変調領域103は、レーザ領域102のレーザ光射出側に光接続して基板101の上に形成され、レーザ領域102の光の損失を電圧印加により制御する。また、レーザ領域102は、注入される電流により変調する変調領域として動作する。また、レーザ領域102に形成されている回折格子102aと同じ周期の回折格子103aが、変調領域103の光導波路にも形成されている。

【選択図】 図1A



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基板の上に形成された分布帰還型レーザからなるレーザ領域と、  
 前記レーザ領域のレーザ光出射側に光接続して前記基板の上に形成され、前記レーザ領域の光の損失を電圧印加により制御する共振器光損失変調型の変調領域と  
 を備え、  
 前記レーザ領域に形成されている回折格子と同じ周期の回折格子が、前記変調領域に形成されていることを特徴とする半導体レーザ。

## 【請求項 2】

請求項 1 記載の半導体レーザにおいて、  
 前記レーザ領域と前記変調領域との間に配置され、屈折率を電圧印加により調整する位相調整領域を備えることを特徴とする半導体レーザ。

10

## 【請求項 3】

請求項 2 記載の半導体レーザにおいて、  
 前記レーザ領域に形成されている回折格子と同じ周期の回折格子が、位相調整領域に形成されていることを特徴とする半導体レーザ。

## 【請求項 4】

請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザにおいて、  
 前記変調領域の光導波路は、電界吸収型の光導波路とされていることを特徴とする半導体レーザ。

20

## 【請求項 5】

請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザにおいて、  
 低誘電率材料から構成されて前記レーザ領域および前記変調領域を埋め込む埋め込み層を備えることを特徴とする半導体レーザ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、分布帰還型レーザからなるレーザ領域と、レーザ光出射側に光接続する共振器光損失変調型の変調領域とが基板の上に形成された半導体レーザに関する。

## 【背景技術】

30

## 【0002】

半導体レーザは、注入電流を直接変調することで出力光強度あるいは発振光周波数を変調できるため、装置の小型化や消費電力の低減に貢献できる光源として期待され、コンピュータ通信等のデータ通信システムへ適用されている。半導体レーザの直接電流変調時には緩和振動周波数と呼ばれる周波数での感度増加が観測され、それ以上の周波数領域では応答感度が急激に低下するため、応答帯域は緩和振動周波数で決まっていた。緩和振動周波数  $f_r$  は半導体材料の持つ物性定数およびレーザ共振器構造で律速され、近似的に以下のように表される。

## 【0003】

## 【数 1】

40

$$f_r \propto \sqrt{\frac{A_g}{\tau_p \cdot \tau_s}}$$

## 【0004】

上記式において、 $A_g$  は微分利得と呼ばれ、キャリア密度増大に伴う光利得の増加率を記述するパラメーター、 $\tau_p$  および  $\tau_s$  は光子寿命時間、キャリア寿命時間を表す。

## 【0005】

50

この式から分かるように、緩和振動周波数を増大するためには、微分利得を大きくし、光子寿命時間およびキャリア寿命時間を短くすることが重要となる。しかし、キャリア寿命時間の低減は、レーザ閾値の増大につながり、消費電力の増加が懸念されるため、実用的ではない。光子寿命の低減には、半導体レーザ共振器の短尺化が有効である。また、半導体レーザの活性層を、歪みを導入した多重量子井戸構造から構成することで微分利得の増加が実現できる。これらの技術を導入することで、共振器長  $100\text{ }\mu\text{m}$  の分布帰還型 (distributed feedback: DFB) 半導体レーザで、 $40\text{ Gb/s}$  non-return-to-zero (NRZ) 信号による動作が実現されている (非特許文献 1 参照)。

#### 【0006】

しかし、さらなる短共振器化を進めると、共振器内部の光子密度の増大による利得飽和現象および発熱の問題により応答帯域が低減してしまうという問題があった。このため、半導体レーザを構成する材料の物性定数および素子長を制御することでは、これ以上の高速化は望めない状況であった。

#### 【0007】

また、半導体レーザを外部共振器構造とすることで、光子共鳴効果を誘起して帯域拡大を図ったパッシブフィードバックレーザと呼ばれるレーザの報告がある (非特許文献 2 参照)。しかし、半導体レーザの緩和振動周波数以上の周波数領域での応答感度の急激な劣化のため、光子共鳴効果周波数を高く設定することができていない。

#### 【0008】

このような状況のため、半導体レーザ光源の応答速度は、図 8 に示すように  $40\sim 50\text{ GHz}$  程度にとどまっていた。

#### 【0009】

上記課題を解決するために、図 9 に示すように、半導体レーザ共振器内に、電気信号で光損失を高速制御可能な共振器損失変調領域 (ICLM) を設置し、当該領域を、光子共鳴効果を導入するための外部共振器として動作させる半導体レーザ光源 (混合変調レーザ) が提案されている (非特許文献 3 参照)。非特許文献 3 によれば、半導体レーザ共振器損失を電気信号で高速変調することで、注入電流直接変調時に観測された緩和振動周波数以上の領域での応答感度の急速な低下を抑制し、光子共鳴効果の周波数を  $60\text{ GHz}$  以上の高周波数領域に設定することで、 $100\text{ Gb/s}$  に迫る応答帯域を有する半導体レーザ光源が実現できることを明らかにしている。

#### 【先行技術文献】

#### 【非特許文献】

#### 【0010】

【非特許文献 1】W. Kobayashi et al., "40-Gbps Direct Modulation of 1.3- $\mu\text{m}$  InGaAlAs DFB Laser in Compact TO-CAN Package", Optical Fiber Communication Conference/National Fiber Optic Engineers Conference 2011, no. OWD2, pp. 1-3, 2011.

【非特許文献 2】J. Kreissl et al., "Up to 40-Gb/s Directly Modulated Laser Operating at Low Driving Current: Buried-Heterostructure Passive Feedback Laser (BH-PFL)", IEEE Photonics Technology Letters, vol. 24, no. 5, pp. 362-364, 2012.

【非特許文献 3】S. Mieda et al., "Frequency response control of semiconductor laser by using hybrid modulation scheme", Optics Express, vol. 24, no. 22, pp. 25825, 2016.

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0011】

しかし、上述した従来の混合変調レーザでは、主モードと副モードとの閾値利得の差を十分大きく取れる動作条件が狭く、光デジタル信号出力時に動的単一モード動作させるためには、混合変調レーザへの注入電流と損失量制御電圧の厳密な制御が不可欠であるという問題があった。

#### 【0012】

10

20

30

40

50

本発明は、以上のような問題点を解消するためになされたものであり、混合変調レーザで、主モードと副モードとの閾値利得の差を十分大きく取れる動作条件の範囲がより広くできるようにすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明に係る半導体レーザは、基板の上に形成された分布帰還型レーザからなるレーザ領域と、レーザ領域のレーザ光出射側に光接続して基板の上に形成され、レーザ領域の光の損失を電圧印加により制御する共振器光損失変調型の変調領域とを備え、レーザ領域に形成されている回折格子と同じ周期の回折格子が、変調領域に形成されている。

【0014】

上記半導体レーザにおいて、レーザ領域と変調領域との間に配置され、屈折率を電圧印加により調整する位相調整領域を備える。

【0015】

上記半導体レーザにおいて、レーザ領域に形成されている回折格子と同じ周期の回折格子が、位相調整領域に形成されている。

【0016】

上記半導体レーザにおいて、変調領域の光導波路は、電界吸収型の光導波路とされている。

【0017】

上記半導体レーザにおいて、低誘電率材料から構成されてレーザ領域および変調領域を埋め込む埋め込み層を備える。

【発明の効果】

【0018】

以上説明したように、本発明によれば、レーザ領域の光の損失を電圧印加により制御する共振器光損失変調型の変調領域にも回折格子を備えるようにしたので、混合変調レーザで、主モードと副モードとの閾値利得の差を十分大きく取れる動作条件の範囲がより広くできるという優れた効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1A】図1Aは、本発明の実施の形態1における半導体レーザの構成を示す断面図である。

【図1B】図1Bは、本発明の実施の形態1における半導体レーザの構成を示す断面図である。

【図2】図2は、実施の形態1における素子応答特性の評価を行った結果を示す特性図である。

【図3】図3は、実施の形態1における半導体レーザの出力光のアイパターンを示す図である。

【図4】図4は、従来の半導体レーザの出力光アイパターンの消光比の、変調領域103での位相シフト量と光損失依存性を示す分布図(a)、および実施の形態1における半導体レーザの出力光アイパターンの消光比の、変調領域103での位相シフト量と光損失依存性を示す分布図(b)である。

【図5】図5は、本発明の実施の形態2における半導体レーザの構成を示す断面図である。

【図6】図6は、実施の形態2における半導体レーザの出力光のアイパターンを示す図である。

【図7】図7は、本発明の実施の形態2における他の半導体レーザの構成を示す断面図である。

【図8】図8は、従来の半導体レーザ光源の応答速度を説明するための説明図である。

【図9】図9は、非特許文献3に開示された混合変調レーザの構成を示す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

10

20

30

40

50

## 【0020】

以下、本発明の実施の形態における半導体レーザについて説明する。

## 【0021】

## 〔実施の形態1〕

はじめに、本発明の実施の形態1における半導体レーザについて、図1A、図1Bを参照して説明する。図1Aは、導波方向に平行な面の断面を示し、図1Bは、導波方向に垂直な面の断面を示している。この半導体レーザは、基板101の上に形成された分布帰還型レーザからなるレーザ領域102と、基板101の上に形成された共振器光損失変調型の変調領域103とを備える。

## 【0022】

変調領域103は、レーザ領域102のレーザ光出射側に光接続して基板101の上に形成され、レーザ領域102の光の損失を電圧印加により制御する（非特許文献3参照）。また、レーザ領域102は、注入される電流により変調する変調領域として動作する。この半導体レーザでは、レーザ領域102へのバイアス電流と、変調領域103へのバイアス電圧とが、同時に変調される。

## 【0023】

上述した構成に加え、実施の形態1における半導体レーザは、レーザ領域102に形成されている回折格子102aと同じ周期の回折格子103aが、変調領域103の光導波路にも形成されている。

## 【0024】

なお、レーザ領域102および変調領域103は、基板101の上において、導波方向に一列に配置されて集積されている。また、レーザ領域102は、基板101を下部クラッドとし、この上に形成された活性部102bを備える。また、変調領域103は、基板101を下部クラッドとし、この上に形成されたコア部103bを備え、電界吸収型の光導波路とされている。活性部102b、コア部103bは、導波方向に直列に配置されている。また、活性部102b、コア部103bの上には、上部クラッド層105が形成されている。

## 【0025】

また、活性部102bの上面に、回折格子102aのパターンが形成され、コア部103bの上面に、回折格子103aのパターンが形成されている。また、レーザ領域102における上部クラッド層105の上には、電氣的に接続する電極111が形成されている。また、変調領域103における上部クラッド層105の上には、電氣的に接続する電極112が形成されている。また、基板101の裏面には、電氣的に接続する電極113が形成されている。

## 【0026】

活性部102b、コア部103b、上部クラッド層105、および一部の基板101は、例えば、幅 $2\mu\text{m}$ 程度のストライプ構造とされ、この周囲が高抵抗（低誘電率）な材料から構成された埋め込み層117に埋め込まれ、電流狭窄構造とされている。なお、ストライプ構造に限らず、リッジ構造、ハイメサ構造としてもよいことは言うまでも無い。

## 【0027】

また、レーザ領域102と変調領域103との間の上部クラッド層105には、素子分離溝114が形成され、各領域が電氣的に分離されている。素子分離溝114による分離抵抗は、例えば $1\text{M}\Omega$ 以上とされていればよい。また、レーザ領域102の端面131には、反射率1%以下の反射防止膜115が形成されている。また、変調領域103の端面には、反射率80%以上の高反射膜116が形成されている。

## 【0028】

基板101は、例えば、n型のInPから構成されている。また、活性部102bは、例えば、InGaAsPからなる障壁層と井戸層とが積層された多重量子井戸構造とされている。コア部103bは、活性部102bよりわずかに（80nm程度）短波長側にバンド短波長を有する組成のInGaAsPからなる多重量子井戸構造とされている。また

10

20

30

40

50

、上部クラッド層 105 は、例えば p 型の InP から構成されている。

【0029】

また、各電極は、例えば、Au から構成されている。また、高反射膜 116 は、SiO<sub>2</sub> と Si との多層膜で構成され、反射防止膜 115 は、SiO<sub>2</sub> と Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> の 2 層膜から構成されている。また、埋め込み層 117 は、例えば、ベンゾシクロブテン (benzocyclobutene, BCB) から構成すればよい。なお、埋め込み層 117 は、高抵抗な InP から構成してもよい。

【0030】

実施の形態における半導体レーザは、レーザ領域 102 の活性部 102b が、電極 111 からの電流注入によってレーザ発振に必要な光学利得を発生する。光源の発振波長は形成した回折格子 102a のピッチ (周期) で制御する。

【0031】

変調領域 103 のコア部 103b は、上述したように活性部 102b よりわずかに (80 nm 程度) 短波長側にバンド短波長を有する状態とすることで、電極 112 への逆バイアス電圧印加で、光吸収量が高速に制御できる構造となっている。変調領域 103 の光損失と、レーザ領域 102 への注入電流を同時に変調することで、実施の形態 1 における半導体レーザ光源の出力光強度、あるいは発振光周波数を変調する。

【0032】

レーザ領域 102 で発生したレーザ光は、変調領域 103 側の端面 132 に形成された高反射膜 116 で反射され、再びレーザ領域 102 へ帰還される。この際、レーザ領域 102 への帰還光の位相および強度は、変調領域 103 への DC 印加電圧による光吸収量変化および屈折率変化で制御される。ここで、例えば、レーザ領域 102 の長さ  $L_{DFB} = 300 \mu\text{m}$ 、変調領域 103 の長さ  $L_{LM} = 200 \mu\text{m}$  とすればよい。

【0033】

一方、レーザ領域 102 側の端面 131 には、反射率 1% 以下の反射防止膜 115 を形成し、光取り出し効率の拡大および、回折格子 102a の端面位相の効果の低減を図る。

【0034】

また、実施の形態 1 では、コア部 103b、上部クラッド層 105、および一部の基板 101 は、例えば、幅  $2 \mu\text{m}$  程度のストライプ構造とした電流狭窄構造としているので、電極 111 へ高速電気信号を印加することで高速な注入電流変調を可能とし、電極 112 へ高速電気信号を印加することで高速な損失変調を可能としている。また、上述した構造とすることで、電極 111 および電極 112 のパッド容量の低減が図れる。

【0035】

実施の形態 1 における半導体レーザでは、レーザ領域 102 のみへバイアス電流を印加することで、 $1552 \text{ nm}$  での単一モード発振が確認された。この発振の閾値電流  $I_{th}$  は、 $15 \text{ mA}$  であった。また、変調領域 103 へ逆バイアス電圧を印加することで、閾値電流の増加が確認され、光損失変調動作の原理が確認された。変調領域 103 へ逆バイアス電圧  $1 \text{ V}$  を印加したときの閾値電流は  $22 \text{ mA}$  であった。

【0036】

実施の形態 1 における半導体レーザのレーザ領域 102 への DC 注入電流を、 $10 \times I_{th}$  ( $150 \text{ mA}$ )、変調領域 103 への DC 印加逆バイアス電圧  $V_R$  を、 $V_R = 1 \text{ V}$  とし、レーザ領域 102 と変調領域 103 を同時に RF 信号で変調することで、素子応答特性の評価を行った。この評価結果を図 2 に示す。動作条件を最適化することで、図 2 に示すように、応答感度が DC での値の半分となる  $3 \text{ dB}$  帯域を、 $90 \text{ GHz}$  以上まで拡大できることが確認された。また、同条件において、実施の形態 1 における半導体レーザを  $100 \text{ Gb/s}$  non-return-to-zero (NRZ) 信号で動作した場合の出力光のアイパターンを、図 3 に示す。 $5 \text{ dB}$  程度の消光比を有する良好なアイ開口が得られた。

【0037】

上述した実施の形態 1 における半導体レーザの高速動作特性は、変調領域 103 からレーザ領域 102 への帰還光の位相と強度に依存する。このため、 $100 \text{ Gb/s}$  NRZ 信

10

20

30

40

50

号で動作させる場合の、出力光アイパターンの消光比の、変調領域103での位相シフト量と光損失依存性を求めた。この結果を図4に示す。

#### 【0038】

図4の(a)は、非特許文献3のFig2に示されている混合変調レーザの100Gb/s NRZアイパターンの消光比を示している。図中の白線で囲まれた部分はモード競合によるパルゼーションが観測される不安定領域を表している。このパルゼーションは、動的単一モード性の低さ故に最低次モードと高次モードが干渉して起こる。図中の黒点線で囲った部分が消光比3dB以上の動作が可能な動作条件を示しているが、この領域内の広い部分にパルゼーションが起こる不安定領域が存在し、安定動作条件が狭められていることがわかる。

10

#### 【0039】

図4の(b)は、実施の形態1における半導体レーザに対する100Gb/s NRZアイパターンの消光比をプロットしたものである。この結果に示されているように、実施の形態1によれば、動的シングルモード性の改善効果で消光比3dB以上の動作が可能な動作条件を拡大し、またパルゼーションの起きる不安定動作条件も縮小できることが確認された。

#### 【0040】

##### [実施の形態2]

次に、本発明の実施の形態2について、図5を参照して説明する。この半導体レーザは、基板101の上に形成されたレーザ領域102と、基板101の上に形成された変調領域103とを備える。これらの構成は、前述した実施の形態1と同様である。実施の形態2では、レーザ領域102と変調領域103との間に配置され、屈折率を電圧印加により調整する位相調整領域104を備える。位相調整領域104は、コア部104bを備える光導波路とされている。レーザ領域102、位相調整領域104、および変調領域103は、これらの順に、基板101の上において導波方向に一行に配置されて集積されている。

20

#### 【0041】

前述した実施の形態1における半導体レーザにおいては、素子動作条件を決定する変調領域103からレーザ領域102への帰還光の位相と強度は、変調領域103へのDC印加電圧で制御する。しかし、変調領域103は、レーザ共振器損失を高速で制御する部分であり、また位相と強度を分離して制御することが容易ではない。この位相と強度の厳密な制御を実現するためには、位相制御の機能を変調領域103と分離することが望ましい。

30

#### 【0042】

実施の形態2では、位相調整領域104をさらに設け、変調領域103より位相制御の機能を分離した。なお、レーザ領域102と位相調整領域104との間の上部クラッド層105には、素子分離溝114aを形成し、位相調整領域104と変調領域103との間の上部クラッド層105には、素子分離溝114bを形成している。また、位相調整領域104における上部クラッド層105の上には、電氣的に接続する電極118が形成されている。他の構成は、前述した実施の形態1と同様である。

40

#### 【0043】

実施の形態2において、位相調整領域104のコア部104bは、1.55 $\mu$ m組成のInGaAsPから構成した活性部102bや変調領域103のコア部103bとは異なり、1.3 $\mu$ m組成のInGaAsPからなる多重量子井戸構造とする。この構成とすることで、位相調整領域104に電流を注入することで、プラズマ効果によりコア部104bの屈折率を制御し、位相調整領域104による帰還光位相の制御を実現する。

#### 【0044】

実施の形態2においても、活性部102b、コア部104b、コア部103b、上部クラッド層105、および一部の基板101を、例えば、幅2 $\mu$ m程度のストライプ構造とし、この周囲が低誘電率な材料から構成された埋め込み層（不図示）で埋め込む構成とし

50

た。このような電流狭窄構造とすることで、電極 1 1 1 へ高速電気信号を印加することで高速な注入電流変調が可能となり、電極 1 1 2 へ高速電気信号を印加することで高速な損失変調が可能となる。

【0045】

なお、レーザ領域 1 0 2 の長さ  $L_{DFB} = 300 \mu m$ 、変調領域 1 0 3 の長さ  $L_{LM} = 150 \mu m$ 、位相調整領域 1 0 4 の長さ  $L_{PM} = 50 \mu m$  とすればよい。

【0046】

実施の形態 2 における半導体レーザの  $100 Gb/s$  NRZ 信号での動作時のアイパターンを図 6 に示す。良好なアイ開口が確認できた。実施の形態 2 においても、 $100 Gb/s$  NRZ 信号動作時の消光比の変調領域 1 0 3 での位相シフト量と光損失依存性は、図 4 の (b) で示したものとほぼ同じになった。また、実施の形態 2 によれば、戻り光位相を独立に制御できることから、さらなる制御性の向上が実現できた。

10

【0047】

ところで、図 7 に示すように、位相調整領域 1 0 4 にも、回折格子 1 0 4 a を備える構成としてもよい。回折格子 1 0 4 a は、回折格子 1 0 2 a、回折格子 1 0 3 a と同じ周期 (ピッチ) とする。回折格子 1 0 4 a は、位相調整領域 1 0 4 の光導波路に形成されている。コア部 1 0 4 b の上面に、回折格子 1 0 4 a のパターンが形成されている。このように、位相調整領域 1 0 4 にも、回折格子 1 0 4 a を設けることで、前述した実施の形態 2 の半導体レーザに比較し、動的単一モード性が改善可能である。また、実施の形態 3 によれば、半導体レーザの全域に、回折格子を一括で製造可能なことから製造コストが低減できるようになる。

20

【0048】

以上に説明したように、本発明によれば、レーザ領域の光の損失を電圧印加により制御する共振器光損失変調型の変調領域にも回折格子を備えるようにしたので、混合変調レーザで、主モードと副モードとの閾値利得の差を十分大きく取れる動作条件の範囲がより広くできるようになる。

【0049】

なお、本発明は以上に説明した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想内で、当分野において通常の知識を有する者により、多くの変形および組み合わせが実施可能であることは明白である。

30

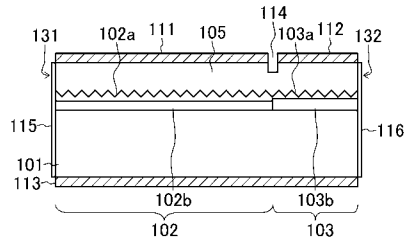
【符号の説明】

【0050】

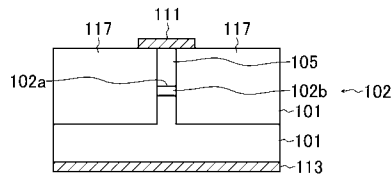
1 0 1 … 基板、1 0 2 … レーザ領域、1 0 2 a … 回折格子、1 0 2 b … 活性部、1 0 3 … 変調領域、1 0 3 a … 回折格子、1 0 3 b … コア部、1 0 5 … 上部クラッド層、1 1 1 … 電極、1 1 2 … 電極、1 1 3 … 電極、1 1 4 … 素子分離溝、1 1 5 … 反射防止膜、1 1 6 … 高反射膜、1 3 1 … 端面、1 3 2 … 端面。



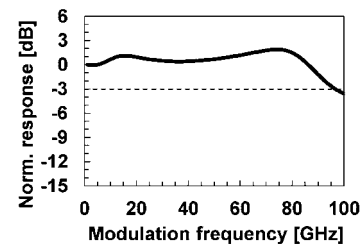
【図 1 A】



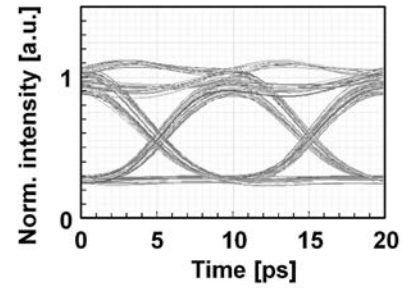
【図 1 B】



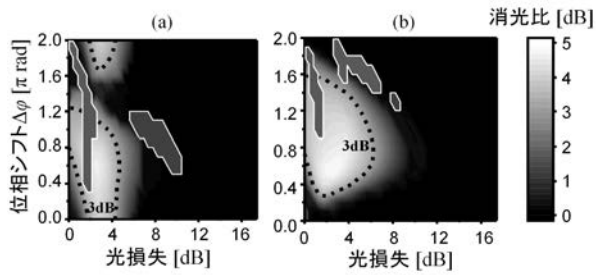
【図 2】



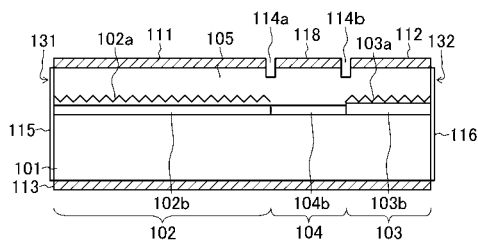
【図 3】



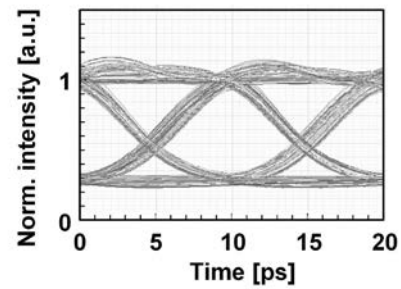
【図 4】



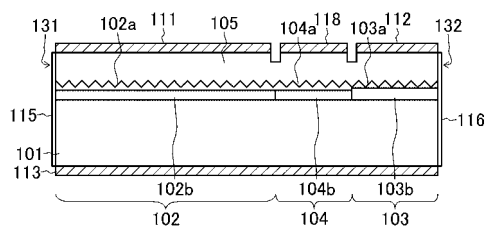
【図 5】



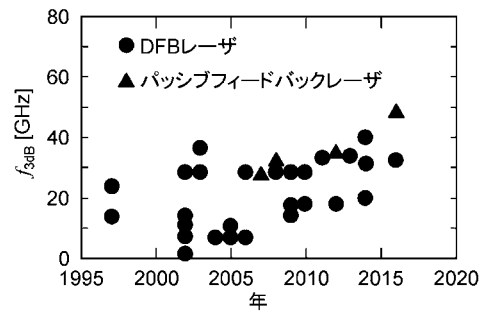
【図 6】



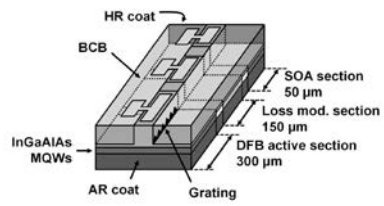
【図 7】



【図 8】



【図 9】



---

フロントページの続き

(72)発明者 大磯 義孝

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 八坂 洋

宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内

Fターム(参考) 2K102 AA20 BA01 BB01 BB04 BC04 BD01 DA05 DA08 DA11 DD03  
EA02 EB08 EB20 EB29  
5F173 AA21 AA22 AA47 AB13 AB50 AD14 AD30 AH14 AL04 AL13  
AL16 AR36 AR65