

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3871981号  
(P3871981)

(45) 発行日 平成19年1月24日(2007. 1. 24)

(24) 登録日 平成18年10月27日(2006. 10. 27)

(51) Int. Cl.

H O 1 S 5/125 (2006.01)

F I

H O 1 S 5/125

請求項の数 10 (全 46 頁)

(21) 出願番号	特願2002-228799 (P2002-228799)	(73) 特許権者	000005223
(22) 出願日	平成14年8月6日(2002. 8. 6)		富士通株式会社
(65) 公開番号	特開2004-71809 (P2004-71809A)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(43) 公開日	平成16年3月4日(2004. 3. 4)	(74) 代理人	100087479
審査請求日	平成16年11月26日(2004. 11. 26)		弁理士 北野 好人
		(74) 代理人	100114915
			弁理士 三村 治彦
		(72) 発明者	関根 徳彦
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		審査官	檀本 英吾

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザー

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電流の注入によりレーザー発振する利得領域と、

前記利得領域の一方の側に設けられ、格子のピッチが徐々に且つ周期的に変化する回折格子を有する分布反射鏡を有する第1の領域と、

前記利得領域の他方の側に設けられ、互いに異なる周期の回折格子を有する複数の分布反射鏡を有する第2の領域と、

前記第1の領域と前記第2の領域との間に設けられ、前記利得領域を介して前記第1の領域の前記分布反射鏡と前記第2の領域の前記複数の分布反射鏡のそれぞれとを光学的に結合する光結合器とを有し、

前記第1の領域の前記分布反射鏡と、前記第2の領域の複数の前記分布反射鏡のうちから選択された分布反射鏡とによりレーザー共振器が構成される

ことを特徴とする半導体レーザー。

【請求項2】

請求項1記載の半導体レーザーにおいて、

前記光結合器は、前記第1の領域の前記分布反射鏡に光結合された一の光路を、前記第2の領域の前記複数の分布反射鏡のそれぞれに光結合された複数の光路に分岐する分岐導波路を有する

ことを特徴とする半導体レーザー。

【請求項3】

10

20

請求項 2 記載の半導体レーザにおいて、  
前記分岐導波路は、前記利得領域と前記第 2 の領域との間に設けられている  
ことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項 4】

請求項 2 記載の半導体レーザにおいて、  
前記分岐導波路は、前記第 1 の領域と前記利得領域との間に設けられており、  
前記利得領域は、前記複数の光路のそれぞれに設けられている  
ことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項 5】

請求項 3 又は 4 記載の半導体レーザにおいて、  
前記分岐導波路は、前記第 1 の領域の前記分布反射鏡に光結合された一の光路を、前記  
第 2 の領域の前記複数の分布反射鏡のそれぞれに光結合された複数の光路に分岐するテー  
パ状導波路型光合流器又は多モード干渉型光合流器である  
ことを特徴とする半導体レーザ。

10

【請求項 6】

請求項 3 又は 4 記載の半導体レーザにおいて、  
前記分岐導波路は、前記第 1 の領域の前記分布反射鏡に光結合された一の光路を複数の  
光路に分岐していずれかの光路を選択する光スイッチと、前記光スイッチにより選択され  
た光路を分岐して前記第 2 の領域の前記複数の分布反射鏡に光結合する光合流器とを有す  
る  
ことを特徴とする半導体レーザ。

20

【請求項 7】

請求項 3 又は 4 記載の半導体レーザにおいて、  
前記分岐導波路は、前記第 1 の領域の前記分布反射鏡に光結合された一の光路を複数の  
光路に分岐する光合流器と、前記光合流器により分岐された光路が光結合する前記第 2 の  
領域の前記分布反射鏡を選択する光スイッチとを有する  
ことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項 8】

請求項 3 又は 4 記載の半導体レーザにおいて、  
前記分岐導波路は、前記第 1 の領域の前記分布反射鏡に光結合された一の光路を複数の  
光路に分岐していずれかの光路を選択する第 1 の光スイッチと、前記第 1 の光スイッチに  
より選択された光路が光結合する前記第 2 の領域の前記分布反射鏡を選択する第 2 の光ス  
イッチとを有する  
ことを特徴とする半導体レーザ。

30

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザにおいて、  
前記第 1 の領域の前記分布反射鏡と前記第 2 の領域の前記複数の分布反射鏡のいずれか  
との間で発振するレーザ光の位相を調整する位相調整領域を更に有する  
ことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項 10】

請求項 2 記載の半導体レーザにおいて、  
前記分岐導波路は、前記第 1 の領域と前記利得領域との間に設けられ、前記第 1 の領域  
の前記分布反射鏡に光結合された一の光路を複数の光路に分岐する第 1 の分岐導波路と、  
前記利得領域と前記第 2 の領域との間に設けられ、前記第 1 の分岐導波路により分岐され  
た光路を分岐して前記第 2 の領域の前記複数の分布反射鏡に光結合する第 2 の分岐導波路  
とを有する  
ことを特徴とする半導体レーザ。

40

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

50

本発明は、発振波長を制御しうる半導体レーザに関する。

【0002】

【従来の技術】

現在、大容量光通信ネットワークの基幹伝送系では、光信号を波長軸上で多重化することにより伝送容量の向上を図る波長分割多重 (Wavelength Division Multiplexing: WDM) 方式が用いられている。

【0003】

しかし、WDM方式では、波長の多重数が増大するに伴い、光源として必要となる半導体レーザの個数も増大する。さらに、バックアップ用光源も光源として用いる半導体レーザと同数以上必要となる。このため、多重数を増大した場合、品種数の増大により在庫管理が煩雑になる。波長可変光源を用いることにより、在庫管理の簡略化を図りたいとの要請があった。

10

【0004】

また、光通信において波長情報をより積極的に用いようと試みる技術動向もうまれている。例えば、波長の違いによって光信号を光のまま目的とする方向に切り替える波長ルーティングが注目されており、ここでも、発振波長を制御しうる波長可変レーザの開発が望まれていた。

【0005】

このような波長可変レーザの一つとしては、例えば分布反射型 (Distributed Bragg Reflector: DBR) レーザが知られている。従来のDBRレーザについて図38を用いて説明する。図38は従来のDBRレーザの構造を示す断面図である。

20

【0006】

半導体基板100上に、分布反射鏡領域 (DBR領域) 102と、利得領域104とが、位相調整領域106を介して設けられている。

【0007】

DBR領域102では、半導体基板100表面に、特定の波長の光を選択的に反射する回折格子からなる分布反射鏡 (図示せず) が形成されている。

【0008】

DBR領域102及び位相調整領域106の半導体基板100上には、光閉じ込め層108と、コア層110と、光閉じ込め層112とが順次積層されている。光閉じ込め層112上には、クラッド層114が形成されている。DBR領域102及び位相調整領域106のクラッド層114上には、それぞれ電極116、118が形成されている。

30

【0009】

利得領域104では、半導体基板100上に、光閉じ込め層120と、活性層122と、光閉じ込め層124とが順次積層されている。光閉じ込め層122上には、クラッド層114が形成されている。クラッド層114上には、活性層122に電流を注入するための電極126が形成されている。

【0010】

上記DBRレーザでは、電極126から利得領域104に電流を注入することによりレーザ発振を得る。このとき、電極116からDBR領域102に電流を注入することにより、発振波長を変化することができる。ただし、この際の発振波長は、共振器損失が最小となる波長に最も近い縦モードに決定されるため、波長は連続的にではなく離散的に変化する。そこで、電極118から位相調整領域106に電流を注入し、その電流量を調整することにより、準連続的な波長変化を実現することが可能となる。このようなDBRレーザの波長可変幅は8nm程度、最大で17nmである。

40

【0011】

しかし、上述したDBRレーザでは、波長可変幅が狭いため、帯域幅がおよそ30~40nmのC-バンド或いはL-バンドにわたる波長のレーザ光を得ることはできなかった。C-バンド或いはL-バンドフルカバーの実現は、DBRレーザに対する近年の要請の一つとなっている。

50

## 【0012】

かかる要請を背景に、DBRレーザの波長可変幅を拡大し、C - バンド或いはL - バンドフルカバーを実現すべく、以下に述べるような試みがなされている。

## 【0013】

図39(a)は、2002年3月に開催されたOFC2002においてD. C. J. Reidらにより報告された広い波長可変幅を有するDBRレーザの構造を示す断面図である。

## 【0014】

半導体基板100上に、分布反射鏡領域(DBR領域)102と、利得領域104と、位相調整領域106と、コム(Comb)型反射鏡領域128とが直列に設けられている。

## 【0015】

DBR領域102は、複数の領域130a、130b、130c、130dに分割されており、各領域130a、130b、130c、130dの半導体基板100表面に、特定の波長の光を選択的に反射する回折格子からなる分布反射鏡(DBR)が形成されている。各領域130a、130b、130c、130dにおけるDBRの回折格子の周期は互いに異なっている。

## 【0016】

コム型反射鏡領域128の半導体基板100表面には、格子のピッチが徐々に且つ周期的に変化する回折格子からなるコム型反射鏡が設けられている。

## 【0017】

DBR領域102、位相調整領域106、及びコム型反射鏡領域128の半導体基板100上には、光閉じ込め層108と、コア層110と、光閉じ込め層112とが順次積層されている。光閉じ込め層112上には、クラッド層114が形成されている。DBR領域102の分割された各領域130a、130b、130c、130dのクラッド層114上には、それぞれ電極132a、132b、132c、132dが形成されている。位相調整領域106のクラッド層114上には、電極118が形成されている。コム型反射鏡領域128のクラッド層114上には、電極134が形成されている。

## 【0018】

利得領域104では、半導体基板100上に、光閉じ込め層120と、活性層122と、光閉じ込め層124とが順次積層されている。光閉じ込め層122上には、クラッド層114が形成されている。クラッド層114上には、活性層122に電流を注入するための電極126が形成されている。

## 【0019】

レーザ発振の際には、DBR領域102の領域130a、130b、130c、130dのDBRうち、反射スペクトルが所望の発振波長を含むDBRに電流を注入する。電流を注入したDBRとコム型反射鏡領域128とにより、レーザ光の共振器が構成される。

## 【0020】

複数のDBRのうちから電流を注入するDBRを適宜選択することにより、広い波長可変幅を得ることができる。

## 【0021】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、図39(a)に示す従来のDBRレーザでは、複数のDBRが同一導波路内に設けられているので、以下のような難点が存在する。

## 【0022】

例えば、最も端面に近い領域130aのDBRを選択した場合、その他の領域130b、130c、130cの反射鏡として使用しないDBRを光は通過する。すると、図39(b)に示すように、他のDBRによる反射の影響を受けて一種の複合共振器が構成されることとなる。このため、雑音などの点で悪影響が生じ、通信用光源として用いることは非常に困難であった。

## 【0023】

また、実際の動作においては、所望の発振波長を帯域に含む1つのDBRだけでなく、複

10

20

30

40

50

数のDBRに電流を注入することが必要となってくるため、動作制御が複雑なものとなっていた。

【0024】

さらに、選択するDBR領域102のDBRによって共振器長が変動するため、波長可変帯域内で縦モードの間隔が異なり、例えば波長によって副モード抑圧比が変動するなど、レーザ特性が発振波長によって異なっていた。

【0025】

本発明の目的は、通信用光源として求められる特性を失うことなく、広い波長可変幅において所望の波長で発振する半導体レーザを提供することにある。

【0026】

【課題を解決するための手段】

上記目的は、電流の注入によりレーザ発振する利得領域と、前記利得領域の一方の側に設けられ、格子のピッチが徐々に且つ周期的に変化する回折格子を有する分布反射鏡を有する第1の領域と、前記利得領域の他方の側に設けられ、互いに異なる周期の回折格子を有する複数の分布反射鏡を有する第2の領域と、前記第1の領域と前記第2の領域との間に設けられ、前記利得領域を介して前記第1の領域の前記分布反射鏡と前記第2の領域の前記複数の分布反射鏡のそれぞれとを光学的に結合する光結合器とを有し、前記第1の領域の前記分布反射鏡と、前記第2の領域の複数の前記分布反射鏡のうちから選択された分布反射鏡とによりレーザ共振器が構成されることを特徴とする半導体レーザにより達成される。

【0027】

【発明の実施の形態】

[第1実施形態]

本発明の第1実施形態による半導体レーザ及びその製造方法について図1乃至図3を用いて説明する。図1は本実施形態による半導体レーザの構造を示す概略図、図2は本実施形態による半導体レーザにおける各反射鏡の反射スペクトルを示すグラフ、図3は本実施形態による半導体レーザの製造方法を示す工程断面図である。本実施形態による半導体レーザは、4つのDBR領域を有し、1.5 $\mu$ m帯で発振するDBRレーザを示したものである。

【0028】

(1) 半導体レーザ

まず、本実施形態による半導体レーザについて図1を用いて説明する。図1(a)は本実施形態による半導体レーザの構造を示す上面図、図1(b)は図1(a)のA-A線断面図、図1(c)は図1(a)のB-B線断面図、図1(d)は図1(a)のC-C線断面図である。

【0029】

図1(a)及び図1(b)に示すように、本実施形態による半導体レーザでは、n型InP基板10上に、レーザ光となる光を発生する利得領域12が設けられている。利得領域12の一端側のn型InP基板10上には、レーザ光が発振する共振器を構成するコム型反射鏡領域14が設けられている。利得領域12の他端側には、レーザ光の位相を調整する位相調整領域16が設けられている。

【0030】

さらに、n型InP基板10上には、位相調整領域16に入力端が接続され、入力端に導入された光を4つの出力端に分岐し、出力端から導入された光を入力端へ出力する1入力4出力のテーパー状導波路型合流器18が設けられている。

【0031】

テーパー状導波路型合流器18の各出力端には、それぞれn型InP基板10上に形成された光導波路20a、20b、20c、20dが接続されている。各光導波路20a、20b、20c、20dの端部近傍には、レーザ光が発振する共振器をコム型反射鏡領域14とともに構成するDBR領域22a、22b、22c、22dが設けられている。

10

20

30

40

50

## 【0032】

利得領域12では、図1(b)及び図1(c)に示すように、n型InP基板10上に、例えば1.2 $\mu$ m組成のInGaAsPからなる光閉じ込め層24が形成されている。InGaAsPからなる光閉じ込め層24上には、例えば井戸厚5.1nm、バリア厚10nmのInGaAsPからなる6層歪み多重量子井戸(Multi Quantum Well: MQW)層26が形成されている。6層歪みMQW層26上には、例えば1.2 $\mu$ m組成のInGaAsPからなる光閉じ込め層28が形成されている。これら光閉じ込め層24、6層歪みMQW層26、及び光閉じ込め層28は、メサ状に形成されている。このメサ周辺のn型InP基板10上には、p型InP埋め込み層30、n型InP電流狭窄層32とが順次積層されており、メサが埋め込まれている。メサ上部の光閉じ込め層28及びn型InP電流狭窄層32上には、p型InPクラッド層34と、p型InGaAsコンタクト層36が順次積層されている。p型InGaAsコンタクト層36上には、電流を注入するための電極38が形成されている。

10

## 【0033】

コム型反射鏡領域14では、図1(a)及び図1(b)に示すように、n型InP基板10表面に、格子のピッチが徐々に且つ周期的に変化する回折格子が設けられてなるコム型反射鏡40が形成されている。コム型反射鏡40は、例えば反射率が50%以上の複数の反射ピークを有する分布反射鏡である。

## 【0034】

図2(a)はコム型反射鏡40の反射スペクトルの一例を示すグラフである。コム型反射鏡40の回折格子は、その反射スペクトルにおいて、例えば図2(a)に示すように、1.545 $\mu$ mを中心として6.8nmの間隔で反射ピークが並ぶように形成されている。

20

## 【0035】

各DBR領域22a、22b、22c、22dでは、図1(a)及び図1(b)に示すように、n型InP基板10表面に、互いに周期の異なる回折格子からなる分布反射鏡42が形成されている。

## 【0036】

図2(b)は各DBR領域22a、22b、22c、22dに設けられた分布反射鏡42の反射スペクトルの一例を示すグラフである。分布反射鏡42の回折格子は、これらの反射スペクトルにおいて、例えば図2(b)に示すように、1.545 $\mu$ m近辺でそれぞれの分布反射鏡による反射ピークが6.8nm間隔で並ぶように形成されている。

30

## 【0037】

利得領域12以外のパッシブ領域、すなわち、コム型反射鏡領域14、位相調整領域16、テーパ状光導波路型光合流器18、各光導波路20a、20b、20c、20d、及びDBR領域22a、22b、22c、22dの断面構造は、ほぼ同様の層構造を有している。これらパッシブ領域の層構造について、光導波路20dの断面を示す図1(d)を例に説明する。

## 【0038】

パッシブ領域では、n型InP基板10上に、1.2 $\mu$ m組成のInGaAsPからなる光閉じ込め層24が形成されている。InGaAsPからなる光閉じ込め層24上には、InGaAsPからなるコア層44が形成されている。コア層44上には、1.2 $\mu$ m組成のInGaAsPからなる光閉じ込め層28が形成されている。光閉じ込め層24、コア層44、及び光閉じ込め層28は、利得領域と同様にメサ状に形成されている。このメサ周辺のn型InP基板10上には、p型InP埋め込み層30、n型InP電流狭窄層32とが順次積層されており、メサが埋め込まれている。メサ上部の光閉じ込め層28及びn型InP電流狭窄層32上には、p型InPクラッド層34と、p型InGaAsコンタクト層36が順次積層されている。コム型反射鏡領域14、位相調整領域16、及び各DBR領域22a、22b、22c、22dのp型InGaAsコンタクト層36上には、それぞれ各領域に電流を注入するための電極46、48、50が設けられている。

40

## 【0039】

50

このように、本実施形態による半導体レーザは、コム型反射鏡領域 1 4 に光結合された一の光路を複数の光路に分岐するテーパ状導波路型光合流器 1 8 と、テーパ状導波路型光合流器 1 8 により分岐された光路に光結合された各光導波路 2 0 a、2 0 b、2 0 c、2 0 d の端部近傍に複数の DBR 領域 2 2 a、2 2 b、2 2 c、2 2 d が設けられていることに主たる特徴がある。このようにアレイ化された DBR 領域 2 2 a、2 2 b、2 2 c、2 2 d のうち、電流を注入する DBR 領域を、所望のレーザ光の波長に応じて選択することにより、広い波長可変幅を実現することができる。

【0040】

また、各 DBR 領域 2 2 a、2 2 b、2 2 c、2 2 d は、テーパ状導波路型光合流器 1 8 により並列に設けられているので一の DBR 領域による発振に対して他の DBR 領域が影響することがなく、複合共振器が形成されることもない。これにより、雑音が増加することがなく、例えば通信用光源として要求される特性を失うことなく良好なレーザ特性を得ることができる。

10

【0041】

次に、本実施形態による半導体レーザの動作について図 1 及び図 2 を用いて説明する。

【0042】

まず、利得領域 1 2 に電流を注入することにより、6 層歪み MQW 層 2 6 において光を発生する。

【0043】

次いで、アレイ化された複数の DBR 領域 2 2 a、2 2 b、2 2 c、2 2 d のうちのいずれかに電流を注入することにより、電流を注入した DBR 領域により定まるレーザの発振波長帯域を決定する。

20

【0044】

次いで、コム型反射鏡領域 1 4 へ電流を注入する。コム型反射鏡領域 1 4 への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

【0045】

こうして、利得領域 1 2 において発生した光は、選択した DBR 領域とコム型反射鏡領域 1 4 との間を周回する。

【0046】

次いで、位相調整領域 1 6 へ電流を注入する。位相調整領域 1 6 への電流注入量を調整することにより、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

30

【0047】

このように、本実施形態による半導体レーザによれば、必要とするレーザ光の波長に応じて、アレイ化された複数の DBR 領域 2 2 a、2 2 b、2 2 c、2 2 d から電流を注入する DBR 領域を適宜選択することにより、広い波長可変幅でレーザ発振を得ることができる。また、複数の DBR 領域による複合共振器が形成されることもないので、雑音が増加することがなく、良好なレーザ特性を得ることができる。

【0048】

〔2〕半導体レーザの製造方法

次に、本実施形態による半導体レーザの製造方法について図 3 を用いて説明する。

40

【0049】

まず、n 型 InP 基板 1 0 のコム型反射鏡領域 1 4、及び DBR 領域 2 2 a、2 2 b、2 2 c、2 2 d となる領域に、例えば電子ビーム露光法を用いて、所定の回折格子をそれぞれ形成する（図 3 (a) を参照）。これにより、コム型反射鏡領域 1 4 においてコム型反射鏡 4 0 が形成され、DBR 領域 2 2 a、2 2 b、2 2 c、2 2 d において分布反射鏡 4 2 が形成される。

【0050】

次いで、例えば MOCVD 法により、n 型 InP 基板 1 0 上に、1.2  $\mu\text{m}$  組成の InGaAsP からなる光閉じ込め層 2 4 と、井戸厚 5.1 nm、バリア厚 10 nm の InGaAsP からなる 6 層歪み MQW 層 2 6 と、1.2  $\mu\text{m}$  組成の InGaAsP からなる光閉

50

じ込め層 28 とを順次積層する ( 図 3 ( b ) を参照 ) 。

【 0 0 5 1 】

次いで、リソグラフィ及びエッチング技術を用いて、利得領域 12 とする領域のみに、光閉じ込め層 24、6 層歪み MQW 層 26、及び光閉じ込め層 28 を残存させる ( 図 3 ( c ) を参照 ) 。

【 0 0 5 2 】

次いで、例えば MOCVD 法により、露出した n 型 InP 基板 10 上に、1.2 μm 組成の InGaAsP からなる光閉じ込め層 24 と、InGaAsP からなるコア層 44 と、1.2 μm 組成の InGaAsP からなる光閉じ込め層 28 とを順次積層する。

【 0 0 5 3 】

次いで、リソグラフィ及びエッチング技術を用いて、コム型反射鏡領域 14、位相調整領域 16、テーパ状導波路型光合流器 18、各光導波路 20a、20b、20c、20d、各 DBR 領域 22a、22b、22c、22d における各層を所定の形状にパターンニングする。

【 0 0 5 4 】

次いで、例えば MOCVD 法により、コム型反射鏡領域 14 等のパターンニングにより露出した n 型 InP 基板 10 上に、p 型 InP 埋め込み層と、n 型 InP 電流狭窄層とを順次積層し、パターンニングされた各層を埋め込む。

【 0 0 5 5 】

次いで、例えば MOCVD 法により、全面に、p 型 InP クラッド層 34 と、p 型 InGaAs 20

【 0 0 5 6 】

次いで、例えばスパッタ法により、金属膜を形成する。次いで、金属膜をパターンニングし、コム型反射鏡領域 14、利得領域 12、位相調整領域 16、及び各 DBR 領域 22a、22b、22c、22d の p 型 InGaAs コンタクト層 36 上に、電極 46、38、48、50 をそれぞれ形成する ( 図 3 ( d ) を参照 ) 。

【 0 0 5 7 】

こうして、本実施形態による半導体レーザが形成される。

【 0 0 5 8 】

このように、本実施形態によれば、テーパ状導波路型光合流器 18 により複数の DBR 領域 30

領域が並列に設けられアレイ化されているので、アレイ化された複数の DBR 領域 22a、22b、22c、22d から電流を注入する DBR 領域を適宜選択することにより、広い波長可変幅でレーザ発振を得ることができる。

【 0 0 5 9 】

また、各 DBR 領域 22a、22b、22c、22d は、テーパ状導波路型光合流器 18 により並列に設けられているため、選択した一の DBR 領域による発振に他の DBR 領域が影響することがなく、複合共振器が形成されることもない。これにより、雑音が増加することがなく、良好なレーザ特性を得ることができる。

【 0 0 6 0 】

さらに、選択した DBR 領域毎に共振器長が変わらないように設計することが可能である 40

ため、発振波長毎にレーザ特性がばらつくこともない。

【 0 0 6 1 】

( 変形例 ( その 1 ) )

次に、本実施形態の変形例 ( その 1 ) による半導体レーザについて図 4 を用いて説明する。

【 0 0 6 2 】

本実施形態では、図 1 に示すように、位相調整領域 16 を利得領域 12 とテーパ状導波路型光合流器 18 との間に設けたが、位相調整領域 16 を設ける位置は図 1 に示す位置に限定されるものではない。本変形例による半導体レーザは、光導波路 20a、20b、20c、20d に位相調整領域を設けたものである。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 3 】

すなわち、図 4 に示すように、利得領域 1 2 がテーパ状導波路型光合流器 1 8 に直接接続されている。光導波路 2 0 a、2 0 b、2 0 c、2 0 d のそれぞれには、位相調整領域 5 4 a、5 4 b、5 4 c、5 4 d が D B R 領域 2 2 a、2 2 b、2 2 c、2 2 d に隣接して設けられている。

## 【 0 0 6 4 】

本変形例による半導体レーザの動作について図 4 を用いて説明する。

## 【 0 0 6 5 】

まず、利得領域 1 2 に電流を注入することにより、6 層歪み M Q W 層 2 6 において光を発生する。

10

## 【 0 0 6 6 】

次いで、アレイ化された複数の D B R 領域 2 2 a、2 2 b、2 2 c、2 2 d のうちのいずれかに電流を注入することにより、電流を注入した D B R 領域により定まるレーザの発振波長帯域を決定する。

## 【 0 0 6 7 】

次いで、コム型反射鏡領域 1 4 へ電流を注入する。コム型反射鏡領域 1 4 への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

## 【 0 0 6 8 】

位相調整領域 5 4 a、5 4 b、5 4 c、5 4 d のうち、選択した D B R 領域と同一の光導波路に設けられた位相調整領域へ電流を注入する。位相調整領域への電流注入量を調整することにより、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

20

## 【 0 0 6 9 】

( 変形例 ( その 2 ) )

次に、本実施形態の変形例 ( その 2 ) による半導体レーザについて図 5 を用いて説明する。

## 【 0 0 7 0 】

本実施形態では、図 1 に示すように、利得領域 1 2 をコム型反射鏡領域 1 4 と位相調整領域 1 6 との間に設けたが、利得領域 1 2 を設ける位置は図 1 に示す位置に限定されるものではない。本変形例による半導体レーザは、光導波路 2 0 a、2 0 b、2 0 c、2 0 d に利得領域を設けたものである。

30

## 【 0 0 7 1 】

すなわち、図 5 に示すように、コム型反射鏡領域 1 4 と位相調整領域 1 6 とが直接接続されている。光導波路 2 0 a、2 0 b、2 0 c、2 0 d のそれぞれには、利得領域 5 6 a、5 6 b、5 6 c、5 6 d が D B R 領域 2 2 a、2 2 b、2 2 c、2 2 d に隣接して設けられている。

## 【 0 0 7 2 】

本変形例による半導体レーザの動作について図 5 を用いて説明する。

## 【 0 0 7 3 】

まず、利得領域 5 6 a、5 6 b、5 6 c、5 6 d のいずれか、又は D B R 領域 2 2 a、2 2 b、2 2 c、2 2 d のいずれかに電流を注入する。或いは、同一光導波路に隣接して設けられた一組の利得領域と D B R 領域の両者に電流を注入する。これにより、電流を注入した D B R 領域又は電流を注入した利得領域に隣接して設けられている D B R 領域により決まる発振波長帯域を決定する。

40

## 【 0 0 7 4 】

次いで、コム型反射鏡領域 1 4 へ電流を注入する。コム型反射鏡領域 1 4 への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

## 【 0 0 7 5 】

次いで、位相調整領域 1 6 へ電流を注入する。位相調整領域 1 6 への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

## 【 0 0 7 6 】

50

次いで、利得領域 5 6 a、5 6 b、5 6 c、5 6 dのうち、選択した D B R 領域と同一光導波路に設けられた利得領域に電流を注入する。

【 0 0 7 7 】

こうして、電流を注入することにより利得領域において発生した光は、選択した D B R 領域とコム型反射鏡領域 1 4 との間を周回し、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

【 0 0 7 8 】

なお、利得領域は、電流を注入していない場合には光の吸収層として機能する。したがって、本変形例のように、各 D B R 領域 2 2 a、2 2 b、2 2 c、2 2 d に隣接して利得領域 5 6 a、5 6 b、5 6 c、5 6 d を設けることで、選択していない D B R 領域に隣接している利得領域では迷光が吸収され、ノイズを低減することができる。

【 0 0 7 9 】

( 変形例 ( その 3 ) )

次に、本実施形態の変形例 ( その 3 ) による半導体レーザについて図 6 を用いて説明する。本変形例による半導体レーザは、利得領域及び位相調整領域を光導波路 2 0 a、2 0 b、2 0 c、2 0 d のそれぞれに設けたものである。

【 0 0 8 0 】

すなわち、図 6 に示すように、コム型反射鏡領域 1 4 がテーパ状導波路型光合流器 1 8 に直接接続されている。光導波路 2 0 a、2 0 b、2 0 c、2 0 d のそれぞれには、利得領域 5 8 a、5 8 b、5 8 c、5 8 d、及び位相調整領域 6 0 a、6 0 b、6 0 c、6 0 d が D B R 領域 2 2 a、2 2 b、2 2 c、2 2 d に隣接して設けられている。

【 0 0 8 1 】

本変形例による半導体レーザの動作について図 6 を用いて説明する。

【 0 0 8 2 】

まず、利得領域 5 8 a、5 8 b、5 8 c、5 8 d のいずれか、又は D B R 領域 2 2 a、2 2 b、2 2 c、2 2 d のいずれかに電流を注入する。或いは、同一光導波路に隣接して設けられた一組の利得領域と D B R 領域の両者に電流を注入する。これにより、電流を注入した D B R 領域又は電流を注入した利得領域に隣接して設けられている D B R 領域により決まる発振波長帯域を決定する。

【 0 0 8 3 】

次いで、コム型反射鏡領域 1 4 へ電流を注入する。コム型反射鏡領域 1 4 への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

【 0 0 8 4 】

次いで、位相調整領域 6 0 a、6 0 b、6 0 c、6 0 d のうち、選択した D B R 領域と同一光導波路に設けられた位相調整領域へ電流を注入する。位相調整領域への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

【 0 0 8 5 】

次いで、利得領域 5 8 a、5 8 b、5 8 c、5 8 d のうち、選択した D B R 領域と同一光導波路に設けられた利得領域に電流を注入する。

【 0 0 8 6 】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

【 0 0 8 7 】

[ 第 2 実施形態 ]

本発明の第 2 実施形態による半導体レーザについて図 7 を用いて説明する。図 7 は本実施形態による半導体レーザの構造を示す上面図である。なお、第 1 実施形態による半導体レーザと同様の構成要素については同一の符号を付し説明を省略し或いは簡略にする。

【 0 0 8 8 】

本実施形態による半導体レーザは、第 1 実施形態による半導体レーザにおいて、テーパ状導波路型光合流器 1 8 の代わりに、多モード干渉型光合流器 6 2 を用いたものである。

【 0 0 8 9 】

10

20

30

40

50

図7に示すように、本実施形態による半導体レーザでは、第1実施形態による場合と同様に、n型InP基板10上に、コム型反射鏡領域14と、利得領域12と、位相調整領域16とが直列に設けられている。

【0090】

さらに、n型InP基板10上には、位相調整領域16に入力端が接続される1入力4出力の多モード干渉型光合流器62が設けられている。多モード干渉型光合流器62の各出力端には、それぞれn型InP基板10上に形成された光導波路20a、20b、20c、20dが接続されている。各光導波路20a、20b、20c、20dの端部近傍には、レーザ光が発振する共振器をコム型反射鏡領域14とともに構成するDBR領域22a、22b、22c、22dが設けられている。

10

【0091】

このように、本実施形態による半導体レーザでは、テーパ状導波路型光合流器18の代わりに、多モード干渉型光合流器62を用いることに特徴がある。これにより、テーパ状導波路型光合流器18を用いる場合と比較して、より結合損失を低減することができる。

【0092】

本実施形態による半導体レーザは、第1実施形態による半導体レーザの場合とほぼ同様にして動作させることができる。

【0093】

また、本実施形態による半導体レーザは第1実施形態による半導体レーザとほぼ同様にして製造することができる。ここで、多モード干渉型光合流器62については、その他のパッシブ領域と同様にして半導体材料により形成することができる。

20

【0094】

なお、本実施形態による半導体レーザについても、第1実施形態の変形例による場合と同様に、利得領域、位相調整領域を設ける位置を変更することが可能である。以下に、本実施形態の変形例による半導体レーザについて説明する。

【0095】

(変形例(その1))

本実施形態の変形例(その1)による半導体レーザについて図8を用いて説明する。本変形例による半導体レーザは、第1実施形態の変形例(その1)による場合と同様に、光導波路20a、20b、20c、20dに位相調整領域を設けたものである。

30

【0096】

すなわち、図8に示すように、利得領域12がテーパ状導波路型光合流器18に直接接続されている。光導波路20a、20b、20c、20dのそれぞれには、位相調整領域54a、54b、54c、54dがDBR領域22a、22b、22c、22dに隣接して設けられている。

【0097】

(変形例(その2))

本実施形態の変形例(その2)による半導体レーザについて図9を用いて説明する。本変形例による半導体レーザは、第1実施形態の変形例(その2)による場合と同様に、光導波路20a、20b、20c、20dに利得領域を設けたものである。

40

【0098】

すなわち、図9に示すように、コム型反射鏡領域14と位相調整領域16とが直接接続されている。光導波路20a、20b、20c、20dのそれぞれには、利得領域56a、56b、56c、56dがDBR領域22a、22b、22c、22dに隣接して設けられている。

【0099】

(変形例(その3))

本実施形態の変形例(その3)による半導体レーザについて図10を用いて説明する。本変形例による半導体レーザは、第1実施形態の変形例(その3)による場合と同様に、利得領域及び位相調整領域を光導波路20a、20b、20c、20dのそれぞれに設けた

50

ものである。

【0100】

すなわち、図6に示すように、コム型反射鏡領域14がテーパ状導波路型光合流器18に直接接続されている。光導波路20a、20b、20c、20dのそれぞれには、利得領域58a、58b、58c、58d、及び位相調整領域60a、60b、60c、60dがDBR領域22a、22b、22c、22dに隣接して設けられている。

【0101】

上述した変形例による半導体レーザは、対応する第1実施形態の変形例による半導体レーザと同様にして動作させることができる。

【0102】

[第3実施形態]

本発明の第3実施形態による半導体レーザについて図11を用いて説明する。なお、第1及び第2実施形態による半導体レーザと同一の構成要素については同一の符号を付し説明を省略し或いは簡略にする。

【0103】

図11に示すように、本実施形態による半導体レーザでは、第1実施形態による場合と同様に、n型InP基板10上に、コム型反射鏡領域14、利得領域12、及び位相調整領域16が直列に設けられている。

【0104】

さらに、n型InP基板10上には、位相調整領域16に入力端が接続する1入力2出力の多モード干渉型スイッチ64が設けられている。多モード干渉型スイッチ64の2つの出力端には、光導波路65a、65bを介して、それぞれn型InP基板10上に形成された1入力2出力のテーパ状導波路型光合流器66a、66bの入力端が接続されている。各テーパ状導波路型光合流器66a、66bの各出力端には、それぞれn型InP基板10上に形成された光導波路20a、20b、20c、20dが接続されている。各光導波路20a、20b、20c、20d端部近傍には、レーザ光が発振する共振器をコム型反射鏡領域14とともに構成するDBR領域22a、22b、22c、22dが設けられている。

【0105】

多モード干渉型スイッチ64は、1入力2出力の多モード干渉計68aと、2入力2出力の多モード干渉計68bと、多モード干渉計68aの出力端と多モード干渉計68bの入力端とをそれぞれ接続する光導波路70a、70bとから構成されている。光導波路70aには、光導波路70aに電流を注入するための電極72が設けられている。多モード干渉計68bの2つの出力端には、それぞれテーパ状導波路型光合流器66a、66bの入力端が接続されている。

【0106】

次に、本実施形態による半導体レーザの動作について図11を用いて説明する。

【0107】

まず、利得領域12に電流を注入することにより、6層歪みMQW層26において光を発生する。

【0108】

次いで、アレイ化された複数のDBR領域22a、22b、22c、22dのうちの一のDBR領域に電流を注入する。これにより、電流を注入したDBR領域により定まるレーザの発振波長帯域を決定する。

【0109】

次いで、コム型反射鏡領域14へ電流を注入する。コム型反射鏡領域14への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

【0110】

次いで、位相調整領域16へ電流を注入する。位相調整領域16への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

10

20

30

40

50

## 【0111】

ここで、利得領域12において発生した光が、電流を注入しているDBR領域とコム型反射鏡領域14との間を周回できるように、多モード干渉型スイッチ64の電極72によって光導波路70aに電流を注入して光路を切り替える。このように、多モード干渉型スイッチ64により共振器が形成される光路を切り替えることにより、テーパ状導波路型光合流器を用いる場合に比べて、光損失を低減することができる。

## 【0112】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

## 【0113】

このように、本実施形態による半導体レーザによれば、必要とするレーザ光の波長に応じて、アレイ化された複数のDBR領域22a、22b、22c、22dから電流を注入するDBR領域を適宜選択することにより、広い波長可変幅でレーザ発振を得ることができる。これにより、例えば、単一の半導体レーザによるC-バンド或いはL-バンドフルカバーを実現することができる。

10

## 【0114】

また、各DBR領域22a、22b、22c、22dは、テーパ状導波路型光合流器18により並列に設けられているため、一のDBR領域による発振に他のDBR領域が影響することがなく、複合共振器が形成されることもない。これにより、雑音が増加することがなく、良好なレーザ特性を得ることができる。

## 【0115】

さらに、多モード干渉型スイッチ64により、共振器が形成される光路を切り替えるので、光損失を低減することができる。

20

## 【0116】

なお、本実施形態による半導体レーザは第1実施形態による半導体レーザとほぼ同様にして製造することができる。ここで、多モード干渉型スイッチ64、テーパ状導波路型光合流器66a、66bについては、その他のパッシブ領域と同様にして半導体材料により形成することができる。

## 【0117】

また、本実施形態による半導体レーザについても、第1及び第2実施形態の変形例による場合と同様に、利得領域、位相調整領域を設ける位置を変更することが可能である。以下

30

## 【0118】

(変形例(その1))

本実施形態の変形例(その1)による半導体レーザについて図12を用いて説明する。本変形例による半導体レーザは、第1実施形態の変形例(その1)による場合と同様に、光導波路20a、20b、20c、20dに位相調整領域を設けたものである。

## 【0119】

すなわち、図12に示すように、利得領域12が多モード干渉型スイッチ64に直接接続されている。光導波路20a、20b、20c、20dのそれぞれには、位相調整領域54a、54b、54c、54dがDBR領域22a、22b、22c、22dに隣接して設けられている。

40

## 【0120】

本変形例による半導体レーザの動作について図12を用いて説明する。

## 【0121】

まず、利得領域12に電流を注入することにより、6層歪みMQW層26において光を発生する。

## 【0122】

次いで、アレイ化された複数のDBR領域22a、22b、22c、22dのうちの一のDBR領域に電流を注入する。これにより、電流を注入したDBR領域により定まるレーザの発振波長帯域を決定する。

50

## 【 0 1 2 3 】

次いで、コム型反射鏡領域 1 4 へ電流を注入する。コム型反射鏡領域 1 4 への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

## 【 0 1 2 4 】

次いで、位相調整領域 5 4 a、5 4 b、5 4 c、5 4 dのうち、選択した D B R 領域と同一の光導波路に設けられた位相調整領域へ電流を注入する。位相調整領域への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

## 【 0 1 2 5 】

ここで、利得領域 1 2 において発生した光が、電流を注入している D B R 領域とコム型反射鏡領域 1 4 との間を周回できるように、多モード干渉型スイッチ 6 4 の電極 7 2 によって光導波路 7 0 a に電流を注入して光路を切り替える。

10

## 【 0 1 2 6 】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

## 【 0 1 2 7 】

(変形例(その2))

本実施形態の変形例(その2)による半導体レーザについて図 1 3 を用いて説明する。本変形例による半導体レーザは、第 1 実施形態の変形例(その2)による場合と同様に、光導波路 2 0 a、2 0 b、2 0 c、2 0 d に利得領域を設けたものである。

## 【 0 1 2 8 】

すなわち、図 1 3 に示すように、コム型反射鏡領域 1 4 と位相調整領域 1 6 とが直接接続されている。光導波路 2 0 a、2 0 b、2 0 c、2 0 d のそれぞれには、利得領域 5 6 a、5 6 b、5 6 c、5 6 d が D B R 領域 2 2 a、2 2 b、2 2 c、2 2 d に隣接して設けられている。

20

## 【 0 1 2 9 】

本変形例による半導体レーザの動作について図 1 3 を用いて説明する。

## 【 0 1 3 0 】

まず、利得領域 5 6 a、5 6 b、5 6 c、5 6 d のいずれか、又は D B R 領域 2 2 a、2 2 b、2 2 c、2 2 d のいずれかに電流を注入する。或いは、同一光導波路に隣接して設けられた一組の利得領域と D B R 領域の両者に電流を注入する。これにより、電流を注入した D B R 領域又は電流を注入した利得領域に隣接して設けられている D B R 領域により決まる発振波長帯域を決定する。

30

## 【 0 1 3 1 】

次いで、コム型反射鏡領域 1 4 へ電流を注入する。コム型反射鏡領域 1 4 への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

## 【 0 1 3 2 】

次いで、位相調整領域 1 6 へ電流を注入する。位相調整領域 1 6 への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

## 【 0 1 3 3 】

次いで、利得領域 5 6 a、5 6 b、5 6 c、5 6 d のうち、選択した D B R 領域と同一光導波路に設けられた利得領域に電流を注入する。

40

## 【 0 1 3 4 】

ここで、利得領域 1 2 において発生した光が、電流を注入している D B R 領域とコム型反射鏡領域 1 4 との間を周回できるように、多モード干渉型スイッチ 6 4 の電極 7 2 によって光導波路 7 0 a に電流を注入して光路を切り替える。

## 【 0 1 3 5 】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

## 【 0 1 3 6 】

(変形例(その3))

本実施形態の変形例(その3)による半導体レーザについて図 1 4 を用いて説明する。本変形例による半導体レーザは、第 1 実施形態の変形例(その3)による場合と同様に、利

50

得領域及び位相調整領域を光導波路 20 a、20 b、20 c、20 d のそれぞれに設けたものである。

【0137】

すなわち、図 14 に示すように、コム型反射鏡領域 14 が多モード干渉型スイッチ 64 の入力端に直接接続されている。光導波路 20 a、20 b、20 c、20 d のそれぞれには、利得領域 58 a、58 b、58 c、58 d、及び位相調整領域 60 a、60 b、60 c、60 d が DBR 領域 22 a、22 b、22 c、22 d に隣接して設けられている。

【0138】

本変形例による半導体レーザについて図 14 を用いて説明する。

【0139】

まず、利得領域 56 a、56 b、56 c、56 d のいずれか、又は DBR 領域 22 a、22 b、22 c、22 d のいずれかに電流を注入する。或いは、同一光導波路に隣接して設けられた一組の利得領域と DBR 領域の両者に電流を注入する。これにより、電流を注入した DBR 領域又は電流を注入した利得領域に隣接して設けられている DBR 領域により決まる発振波長帯域を決定する。

【0140】

次いで、コム型反射鏡領域 14 へ電流を注入する。コム型反射鏡領域 14 への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

【0141】

次いで、位相調整領域 60 a、60 b、60 c、60 d のうち、選択した DBR 領域と同一光導波路に設けられた位相調整領域へ電流を注入する。位相調整領域 16 への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

【0142】

次いで、利得領域 58 a、58 b、58 c、58 d のうち、選択した DBR 領域と同一光導波路に設けられた利得領域に電流を注入する。

【0143】

ここで、利得領域 12 において発生した光が、電流を注入している DBR 領域とコム型反射鏡領域 14 との間を周回できるように、多モード干渉型スイッチ 64 の電極 72 によって光導波路 70 a に電流を注入して光路を切り替える。

【0144】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

【0145】

(変形例(その4))

本実施形態の変形例(その4)による半導体レーザについて図 15 を用いて説明する。本変形例による半導体レーザは、多モード干渉型スイッチ 64 の出力端とテーパ状導波路型光合流器 66 a、66 b とを接続する光導波路 65 a、65 b のそれぞれに、位相調整領域を設けたものである。

すなわち、図 15 に示すように、利得領域 12 が多モード干渉型スイッチ 64 の入力端に直接接続されている。多モード干渉型スイッチ 64 の一の出力端とテーパ状導波路型光合流器 66 a の入力端とを接続する光導波路 65 a には位相調整領域 74 a が設けられている。多モード干渉型スイッチ 64 の他の出力端とテーパ状導波路型光合流器 66 b の入力端とを接続する光導波路 65 b には位相調整領域 74 b が設けられている。

【0146】

本変形例による半導体レーザの動作について図 15 を用いて説明する。

【0147】

まず、DBR 領域 22 a、22 b、22 c、22 d のいずれかに電流を注入する。これにより、電流を注入した DBR 領域により決まる発振波長帯域を決定する。

【0148】

次いで、コム型反射鏡領域 14 へ電流を注入する。コム型反射鏡領域 14 への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

10

20

30

40

50

## 【0149】

次いで、位相調整領域74a、74bのうち、選択したDBR領域が接続されたテーパ状導波路型光合流器に接続された光導波路に設けられた位相調整領域へ電流を注入する。位相調整領域16への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

## 【0150】

次いで、利得領域12に電流を注入する。ここで、利得領域12において発生した光が、電流を注入しているDBR領域とコム型反射鏡領域14との間を周回できるように、多モード干渉型スイッチ64の電極72によって光導波路70aに電流を注入して光路を切り替える。

10

## 【0151】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

## 【0152】

(変形例(その5))

本実施形態の変形例(その5)による半導体レーザについて図16を用いて説明する。本変形例による半導体レーザは、変形例(その4)による構成において利得領域の位置を変更し、利得領域を光導波路20a、20b、20c、20dのそれぞれに設けたものである。

## 【0153】

すなわち、図16に示すように、コム型反射鏡領域14が多モード干渉型スイッチ64の入力端に直接接続されている。光導波路20a、20b、20c、20dのそれぞれには、利得領域56a、56b、56c、56dがDBR領域22a、22b、22c、22dに隣接して設けられている。

20

## 【0154】

本変形例による半導体レーザの動作について図16を用いて説明する。

## 【0155】

まず、利得領域56a、56b、56c、56dのいずれか、又はDBR領域22a、22b、22c、22dのいずれかに電流を注入する。或いは、同一光導波路に隣接して設けられた一組の利得領域とDBR領域の両者に電流を注入する。これにより、電流を注入したDBR領域又は電流を注入した利得領域に隣接して設けられているDBR領域により決まる発振波長帯域を決定する。

30

## 【0156】

次いで、コム型反射鏡領域14へ電流を注入する。コム型反射鏡領域14への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

## 【0157】

次いで、位相調整領域74a、74bのうち、選択したDBR領域が接続されたテーパ状導波路型光合流器に接続された光導波路に設けられた位相調整領域へ電流を注入する。位相調整領域16への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

## 【0158】

次いで、利得領域56a、56b、56c、56dのうち、選択したDBR領域と同一光導波路に設けられた利得領域に電流を注入する。

40

## 【0159】

ここで、利得領域12において発生した光が、電流を注入しているDBR領域とコム型反射鏡領域14との間を周回できるように、多モード干渉型スイッチ64の電極72によって光導波路70aに電流を注入して光路を切り替える。

## 【0160】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

## 【0161】

(変形例(その6))

50

本実施形態の変形例（その６）による半導体レーザについて図１７を用いて説明する。本変形例による半導体レーザは、多モード干渉型スイッチ６４の出力端とテーパ状導波路型光合流器６６ａ、６６ｂとを接続する光導波路６５ａ、６５ｂのそれぞれに、利得領域を設けたものである。

すなわち、図１７に示すように、利得領域１２が多モード干渉型スイッチ６４の入力端に直接接続されている。多モード干渉型スイッチ６４の一の出力端とテーパ状導波路型光合流器６６ａの入力端とを接続する光導波路６５ａには利得領域７６ａが設けられている。多モード干渉型スイッチ６４の他の出力端とテーパ状導波路型光合流器６６ｂの入力端とを接続する光導波路６５ｂには利得領域７６ｂが設けられている。

【０１６２】

10

本変形例による半導体レーザの動作について図１７を用いて説明する。

【０１６３】

まず、ＤＢＲ領域２２ａ、２２ｂ、２２ｃ、２２ｄのいずれかに電流を注入する。これにより、電流を注入したＤＢＲ領域により決まる発振波長帯域を決定する。

【０１６４】

次いで、コム型反射鏡領域１４へ電流を注入する。コム型反射鏡領域１４への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

【０１６５】

次いで、位相調整領域１６へ電流を注入する。位相調整領域１６への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

20

【０１６６】

次いで、利得領域７６ａ、７６ｂのうち、選択したＤＢＲ領域が接続されたテーパ状導波路型光合流器に接続された光導波路に設けられた利得領域へ電流を注入する。ここで、利得領域において発生した光が、電流を注入しているＤＢＲ領域とコム型反射鏡領域１４との間を周回できるように、多モード干渉型スイッチ６４の電極７２によって光導波路７０ａに電流を注入して光路を切り替える。

【０１６７】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

【０１６８】

（変形例（その７））

30

本実施形態の変形例（その７）による半導体レーザについて図１８を用いて説明する。本変形例による半導体レーザは、変形例（その６）による構成において、位相調整領域の位置を変更し、位相調整領域を光導波路２０ａ、２０ｂ、２０ｃ、２０ｄのそれぞれに設けたものである

すなわち、図１８に示すように、コム型反射鏡領域１４が多モード干渉型スイッチ６４の入力端に直接接続されている。多モード干渉型スイッチ６４の一の出力端とテーパ状導波路型光合流器６６ａの入力端とを接続する光導波路６５ａには利得領域７６ａが設けられている。多モード干渉型スイッチ６４の他の出力端とテーパ状導波路型光合流器６６ｂの入力端とを接続する光導波路６５ｂには利得領域７６ｂが設けられている。光導波路２０

40

【０１６９】

本変形例による半導体レーザの動作について図１８を用いて説明する。

【０１７０】

まず、ＤＢＲ領域２２ａ、２２ｂ、２２ｃ、２２ｄのいずれかに電流を注入する。これにより、電流を注入したＤＢＲ領域により決まる発振波長帯域を決定する。

【０１７１】

次いで、コム型反射鏡領域１４へ電流を注入する。コム型反射鏡領域１４への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

【０１７２】

50

次いで、位相調整領域 5 4 a、5 4 b、5 4 c、5 4 dのうち、選択した D B R 領域と同一の光導波路に設けられた位相調整領域へ電流を注入する。位相調整領域への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

【 0 1 7 3 】

次いで、利得領域 7 6 a、7 6 bのうち、選択した D B R 領域が接続されたテーパ状導波路型光合流器に接続された光導波路に設けられた利得領域へ電流を注入する。

【 0 1 7 4 】

ここで、利得領域において発生した光が、電流を注入している D B R 領域とコム型反射鏡領域 1 4 との間を周回できるように、多モード干渉型スイッチ 6 4 の電極 7 2 によって光導波路 7 0 a に電流を注入して光路を切り替える。

10

【 0 1 7 5 】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

【 0 1 7 6 】

[ 第 4 実施形態 ]

本発明の第 4 実施形態による半導体レーザについて図 1 9 を用いて説明する。図 1 9 は本実施形態による半導体レーザの構造を示す上面図である。なお、第 1 乃至第 3 実施形態による半導体レーザと同一の構成要素については同一の符号を付し説明を省略し或いは簡略にする。

【 0 1 7 7 】

図 1 9 に示すように、本実施形態による半導体レーザでは、第 1 実施形態による場合と同様に、n 型 I n P 基板 1 0 上に、レーザ光となる光を発生する利得領域 1 2 が設けられている。利得領域 1 2 の一端側の n 型 I n P 基板 1 0 上には、レーザ光が発振する共振器を構成するコム型反射鏡領域 1 4 が設けられている。利得領域 1 2 の他端側には、レーザ光の位相を調整する位相調整領域 1 6 が設けられている。

20

【 0 1 7 8 】

さらに、n 型 I n P 基板 1 0 上には、位相調整領域 1 6 に接続する 1 入力 2 出力のテーパ状導波路型光合流器 7 8 が設けられている。テーパ状導波路型光合流器 7 8 の各出力端には、それぞれ光導波路 7 9 a、7 9 b を介して、n 型 I n P 基板 1 0 上に形成された 1 入力 2 出力の多モード干渉型スイッチ 8 0 a、8 0 b の入力端が接続されている。

【 0 1 7 9 】

多モード干渉型スイッチ 8 0 a、8 0 b の各出力端には、それぞれ n 型 I n P 基板 1 0 上に形成された光導波路 2 0 a、2 0 b、2 0 c、2 0 d が接続されている。各光導波路 2 0 a、2 0 b、2 0 c、2 0 d 端部近傍には、レーザ光が発振する共振器をコム型反射鏡領域 1 4 とともに構成する D B R 領域 2 2 a、2 2 b、2 2 c、2 2 d が設けられている。

30

【 0 1 8 0 】

多モード干渉型スイッチ 8 0 a、8 0 b は、第 3 実施形態による半導体レーザに用いられている多モード干渉型スイッチ 6 4 と同様の構成を有している。

【 0 1 8 1 】

次に、本実施形態による半導体レーザの動作について図 1 9 を用いて説明する。

40

【 0 1 8 2 】

まず、D B R 領域 2 2 a、2 2 b、2 2 c、2 2 d のいずれかに電流を注入する。これにより、電流を注入した D B R 領域により決まる発振波長帯域を決定する。

【 0 1 8 3 】

次いで、コム型反射鏡領域 1 4 へ電流を注入する。コム型反射鏡領域 1 4 への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

【 0 1 8 4 】

次いで、位相調整領域 1 6 へ電流を注入する。位相調整領域 1 6 への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

【 0 1 8 5 】

50

次いで、利得領域 1 2 に電流を注入することにより、6 層歪み M Q W 層 2 6 において光を発生する。利得領域 1 2 において発生した光は、テーパ状導波路型光合流器 7 8 により分岐され、多モード干渉型スイッチ 8 0 a、8 0 b に導入される。ここで、利得領域 1 2 において発生した光が、電流を注入している D B R 領域とコム型反射鏡領域 1 4 との間を周回できるように、多モード干渉型スイッチ 8 0 a 又は多モード干渉型スイッチ 8 0 b の電極 7 2 によって光導波路 7 0 a に電流を注入して光路を切り替える。

【 0 1 8 6 】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

【 0 1 8 7 】

なお、本実施形態による半導体レーザは第 1 実施形態による半導体レーザとほぼ同様にして製造することができる。ここで、テーパ状導波路型光合流器 7 8、多モード干渉型スイッチ 8 0 a、8 0 b については、その他のパッシブ領域と同様にして半導体材料により形成することができる。

10

【 0 1 8 8 】

また、本実施形態による半導体レーザについても、第 1 乃至 3 実施形態の変形例による場合と同様に、利得領域、位相調整領域を設ける位置を変更することが可能である。以下に、本実施形態の変形例による半導体レーザについて説明する。

【 0 1 8 9 】

( 変形例 ( その 1 ) )

本実施形態の変形例 ( その 1 ) による半導体レーザについて図 2 0 を用いて説明する。本変形例による半導体レーザは、第 1 実施形態の変形例 ( その 1 ) による場合と同様に、光導波路 2 0 a、2 0 b、2 0 c、2 0 d に位相調整領域を設けたものである。

20

【 0 1 9 0 】

すなわち、図 2 0 に示すように、利得領域 1 2 がテーパ状導波路型光合流器 7 8 に直接接続されている。光導波路 2 0 a、2 0 b、2 0 c、2 0 d のそれぞれには、位相調整領域 5 4 a、5 4 b、5 4 c、5 4 d が D B R 領域 2 2 a、2 2 b、2 2 c、2 2 d に隣接して設けられている。

【 0 1 9 1 】

次に、本変形例による半導体レーザの動作について図 2 0 を用いて説明する。

【 0 1 9 2 】

まず、D B R 領域 2 2 a、2 2 b、2 2 c、2 2 d のいずれかに電流を注入する。これにより、電流を注入した D B R 領域により決まる発振波長帯域を決定する。

30

【 0 1 9 3 】

次いで、コム型反射鏡領域 1 4 へ電流を注入する。コム型反射鏡領域 1 4 への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

【 0 1 9 4 】

次いで、位相調整領域 5 4 a、5 4 b、5 4 c、5 4 d のうち、選択した D B R 領域と同一の光導波路に設けられた位相調整領域へ電流を注入する。位相調整領域への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

【 0 1 9 5 】

40

次いで、利得領域 1 2 に電流を注入することにより、6 層歪み M Q W 層 2 6 において光を発生する。ここで、利得領域 1 2 において発生した光が、電流を注入している D B R 領域とコム型反射鏡領域 1 4 との間を周回できるように、多モード干渉型スイッチ 8 0 a 又は多モード干渉型スイッチ 8 0 b の電極 7 2 によって光導波路 7 0 a に電流を注入して光路を切り替える。

【 0 1 9 6 】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

【 0 1 9 7 】

( 変形例 ( その 2 ) )

本実施形態の変形例 ( その 2 ) による半導体レーザについて図 2 1 を用いて説明する。本

50

変形例による半導体レーザは、第1実施形態の変形例(その2)による場合と同様に、光導波路20a、20b、20c、20dに利得領域を設けたものである。

【0198】

すなわち、図21に示すように、コム型反射鏡領域14と位相調整領域16とが直接接続されている。光導波路20a、20b、20c、20dのそれぞれには、利得領域56a、56b、56c、56dがDBR領域22a、22b、22c、22dに隣接して設けられている。

【0199】

本変形例による半導体レーザの動作について図21を用いて説明する。

まず、利得領域56a、56b、56c、56dのいずれか、又はDBR領域22a、22b、22c、22dのいずれかに電流を注入する。或いは、同一光導波路に隣接して設けられた一組の利得領域とDBR領域の両者に電流を注入する。これにより、電流を注入したDBR領域又は電流を注入した利得領域に隣接して設けられているDBR領域により決まる発振波長帯域を決定する。

【0200】

次いで、コム型反射鏡領域14へ電流を注入する。コム型反射鏡領域14への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

【0201】

次いで、位相調整領域16へ電流を注入する。位相調整領域への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

【0202】

次いで、利得領域12に電流を注入することにより、6層歪みMQW層26において光を発生する。ここで、利得領域12において発生した光が、電流を注入しているDBR領域とコム型反射鏡領域14との間を周回できるように、多モード干渉型スイッチ80a又は多モード干渉型スイッチ80bの電極72によって光導波路70aに電流を注入して光路を切り替える。

【0203】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

【0204】

(変形例(その3))

本実施形態の変形例(その3)による半導体レーザについて図22を用いて説明する。本変形例による半導体レーザは、第1実施形態の変形例(その3)による場合と同様に、利得領域及び位相調整領域を光導波路20a、20b、20c、20dのそれぞれに設けたものである。

【0205】

すなわち、図22に示すように、コム型反射鏡領域14がテーパ状導波路型光合流器78に直接接続されている。光導波路20a、20b、20c、20dのそれぞれには、利得領域58a、58b、58c、58d、及び位相調整領域60a、60b、60c、60dがDBR領域22a、22b、22c、22dに隣接して設けられている。

【0206】

本変形例による半導体レーザの動作について図22を用いて説明する。

まず、利得領域58a、58b、58c、58dのいずれか、又はDBR領域22a、22b、22c、22dのいずれかに電流を注入する。或いは、同一光導波路に隣接して設けられた一組の利得領域とDBR領域の両者に電流を注入する。これにより、電流を注入したDBR領域又は電流を注入した利得領域に隣接して設けられているDBR領域により決まる発振波長帯域を決定する。

【0207】

次いで、コム型反射鏡領域14へ電流を注入する。コム型反射鏡領域14への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

【0208】

10

20

30

40

50

次いで、次いで、位相調整領域 60 a、60 b、60 c、60 d のうち、選択した DBR 領域と同一の光導波路に設けられた位相調整領域へ電流を注入する。位相調整領域への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

【0209】

次いで、利得領域 58 a、58 b、58 c、58 d のうち、選択した DBR 領域と同一光導波路に設けられた利得領域に電流を注入することにより、6 層歪み MQW 層 26 において光を発生する。ここで、利得領域 12 において発生した光が、電流を注入している DBR 領域とコム型反射鏡領域 14 との間を周回できるように、多モード干渉型スイッチ 80 a 又は多モード干渉型スイッチ 80 b の電極 72 によって光導波路 70 a に電流を注入して光路を切り替える。

10

【0210】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

【0211】

(変形例(その4))

本実施形態の変形例(その4)による半導体レーザについて図23を用いて説明する。本変形例による半導体レーザは、テーパ状導波路型光合流器78と多モード干渉型スイッチ80 a、80 bの入力端とを接続する光導波路79 a、79 bのそれぞれに、位相調整領域を設けたものである。

すなわち、図23に示すように、利得領域12がテーパ状導波路型光合流器78の入力端に直接接続されている。光導波路79 a、79 bには、それぞれ位相調整領域82 a、82 bが設けられている。

20

【0212】

本変形例による半導体レーザの動作について図23を用いて説明する。

【0213】

まず、DBR領域22 a、22 b、22 c、22 dのいずれかに電流を注入する。これにより、電流を注入したDBR領域により決まる発振波長帯域を決定する。

【0214】

次いで、コム型反射鏡領域14へ電流を注入する。コム型反射鏡領域14への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

【0215】

次いで、位相調整領域82 a、82 bのうち、選択したDBR領域が接続されたモード干渉型光スイッチに接続された光導波路に設けられた位相調整領域へ電流を注入する。位相調整領域への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

30

【0216】

次いで、利得領域12に電流を注入することにより、6層歪みMQW層26において光を発生する。ここで、利得領域12において発生した光が、電流を注入しているDBR領域とコム型反射鏡領域14との間を周回できるように、多モード干渉型スイッチ80 a又は多モード干渉型スイッチ80 bの電極72によって光導波路70 aに電流を注入して光路を切り替える。

40

【0217】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

【0218】

(変形例(その5))

本実施形態の変形例(その5)による半導体レーザについて図24を用いて説明する。本変形例による半導体レーザは、変形例(その4)による構成に加えて、利得領域の位置を変更し、利得領域を光導波路20 a、20 b、20 c、20 dのそれぞれに設けたものである。

【0219】

すなわち、光導波路20 a、20 b、20 c、20 dのそれぞれには、利得領域56 a、

50

56b、56c、56dがDBR領域22a、22b、22c、22dに隣接して設けられている。

【0220】

本変形例による半導体レーザの動作について図24を用いて説明する。

まず、利得領域56a、56b、56c、56dのいずれか、又はDBR領域22a、22b、22c、22dのいずれかに電流を注入する。或いは、同一光導波路に隣接して設けられた一組の利得領域とDBR領域の両者に電流を注入する。これにより、電流を注入したDBR領域又は電流を注入した利得領域に隣接して設けられているDBR領域により決まる発振波長帯域を決定する。

【0221】

次いで、コム型反射鏡領域14へ電流を注入する。コム型反射鏡領域14への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

【0222】

次いで、位相調整領域82a、82bのうち、選択したDBR領域が接続されたモード干渉型光スイッチに接続された光導波路に設けられた位相調整領域へ電流を注入する。位相調整領域への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

【0223】

次いで、利得領域12に電流を注入することにより、6層歪みMQW層26において光を発生する。ここで、利得領域12において発生した光が、電流を注入しているDBR領域とコム型反射鏡領域14との間を周回できるように、多モード干渉型スイッチ80a又は多モード干渉型スイッチ80bの電極72によって光導波路70aに電流を注入して光路を切り替える。

【0224】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

【0225】

(変形例(その6))

本実施形態の変形例(その6)による半導体レーザについて図25を用いて説明する。本変形例による半導体レーザは、テーパ状導波路型光合流器78と多モード干渉型スイッチ80a、80bの入力端とを接続する光導波路79a、79bのそれぞれに、利得領域を設けたものである。

すなわち、図25に示すように、コム型反射鏡領域14と位相調整領域16とが直接接続されている。光導波路79a、79bには、それぞれ利得領域84a、84bが設けられている。

【0226】

本変形例による半導体レーザの動作について図25を用いて説明する。

【0227】

まず、DBR領域22a、22b、22c、22dのいずれかに電流を注入する。これにより、電流を注入したDBR領域により決まる発振波長帯域を決定する。

【0228】

次いで、コム型反射鏡領域14へ電流を注入する。コム型反射鏡領域14への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

【0229】

次いで、位相調整領域16へ電流を注入する。位相調整領域16への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

【0230】

次いで、利得領域84a、84bのうち、選択したDBR領域が接続されたモード干渉型光スイッチに接続された光導波路に設けられた利得領域に電流を注入する。これにより、6層歪みMQW層26において光を発生する。ここで、利得領域において発生した光が、電流を注入しているDBR領域とコム型反射鏡領域14との間を周回できるように、多モ

10

20

30

40

50

ード干渉型スイッチ80a又は多モード干渉型スイッチ80bの電極72によって光導波路70aに電流を注入して光路を切り替える。

【0231】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

【0232】

(変形例(その7))

本実施形態の変形例(その7)による半導体レーザについて図26を用いて説明する。本変形例による半導体レーザは、変形例(その6)による構成における位相調整領域の位置を変え、位相調整領域を光導波路20a、20b、20c、20dのそれぞれに設けたものである。

【0233】

すなわち、図26に示すように、コム型反射鏡領域14がテーパ状導波路型光合流器78に直接接続している。光導波路20a、20b、20c、20dのそれぞれには、位相調整領域54a、54b、54c、54dがDBR領域22a、22b、22c、22dに隣接して設けられている。

【0234】

本変形例による半導体レーザの動作について図26を用いて説明する。

【0235】

まず、DBR領域22a、22b、22c、22dのいずれかに電流を注入する。これにより、電流を注入したDBR領域により決まる発振波長帯域を決定する。

【0236】

次いで、コム型反射鏡領域14へ電流を注入する。コム型反射鏡領域14への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

【0237】

次いで、位相調整領域54a、54b、54c、54dのうち、選択したDBR領域と同一の光導波路に設けられた位相調整領域へ電流を注入する。位相調整領域への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

【0238】

次いで、利得領域84a、84bのうち、選択したDBR領域が接続されたモード干渉型光スイッチに接続された光導波路に設けられた利得領域に電流を注入する。これにより、6層歪みMQW層26において光を発生する。ここで、利得領域において発生した光が、電流を注入しているDBR領域とコム型反射鏡領域14との間を周回できるように、多モード干渉型スイッチ80a又は多モード干渉型スイッチ80bの電極72によって光導波路70aに電流を注入して光路を切り替える。

【0239】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

【0240】

[第5実施形態]

本発明の第5実施形態による半導体レーザについて図27を用いて説明する。図27は本実施形態による半導体レーザの構造を示す上面図である。なお、第1乃至第4実施形態による半導体レーザと同一の構成要素については同一の符号を付し説明を省略し或いは簡略にする。

【0241】

本実施形態による半導体レーザは、第4実施形態による半導体レーザにおけるテーパ状導波路型光合流器78に代わりとして、多モード干渉型スイッチを用いたものである。

【0242】

図27に示すように、本実施形態による半導体レーザでは、第1実施形態による場合と同様に、n型InP基板10上に、レーザ光となる光を発生する利得領域12が設けられている。利得領域12の一端側のn型InP基板10上には、レーザ光が発振する共振器を構成するコム型反射鏡領域14が設けられている。利得領域12の他端側には、レーザ光

10

20

30

40

50

の位相を調整する位相調整領域 16 が設けられている。

【0243】

さらに、n型InP基板10上には、位相調整領域16に接続する1入力2出力の多モード干渉型スイッチ86が設けられている。

【0244】

多モード干渉型スイッチ86の各出力端には、それぞれ光導波路88a、88bを介して、n型InP基板10上に形成された多モード干渉型スイッチ80a、80bが設けられている。多モード干渉型スイッチ80a、80bの各出力端には、それぞれn型InP基板10上に形成された光導波路20a、20b、20c、20dが接続されている。各光導波路20a、20b、20c、20d端部近傍には、レーザ光が発振する共振器をコム型反射鏡領域14とともに構成するDBR領域22a、22b、22c、22dが設けられている。

10

【0245】

多モード干渉型スイッチ86は、第3及び第4実施形態による半導体レーザに用いられている多モード干渉型スイッチ64、80a、80bと同様の構成を有している。

【0246】

次に、本実施形態による半導体レーザについて図27を用いて説明する。

【0247】

まず、DBR領域22a、22b、22c、22dのいずれかに電流を注入する。これにより、電流を注入したDBR領域により決まる発振波長帯域を決定する。

20

【0248】

次いで、コム型反射鏡領域14へ電流を注入する。コム型反射鏡領域14への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

【0249】

次いで、位相調整領域16へ電流を注入する。位相調整領域16への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

【0250】

次いで、利得領域12に電流を注入することにより、6層歪みMQW層26において光を発生する。利得領域12において発生した光は、多モード干渉型スイッチ86に導入される。ここで、利得領域12において発生した光が、電流を注入しているDBR領域とコム型反射鏡領域14との間を周回できるように、多モード干渉型スイッチ86及び多モード干渉型スイッチ80a又は多モード干渉型スイッチ80bの電極72によって光導波路70aに電流を注入して光路を切り替える。

30

【0251】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

【0252】

本実施形態では、選択したDBR領域とコム型反射鏡領域14との間の光路を多モード干渉型スイッチにより切り替えて構成するので、テーパ状導波路型光合流器による分岐が存在する場合に比べて、光損失を低減することができる。

【0253】

なお、本実施形態による半導体レーザは第1実施形態による半導体レーザとほぼ同様にして製造することができる。ここで、多モード干渉型スイッチ80a、80b、86については、その他のパッシブ領域と同様にして半導体材料により形成することができる。

40

【0254】

また、本実施形態による半導体レーザについても、第1乃至第4実施形態の変形例による場合と同様に、利得領域、位相調整領域を設ける位置を変更することが可能である。以下に、本実施形態の変形例による半導体レーザについて説明する。

【0255】

(変形例(その1))

本実施形態の変形例(その1)による半導体レーザについて図28を用いて説明する。本

50

変形例による半導体レーザは、第1実施形態の変形例(その1)による場合と同様に、光導波路20a、20b、20c、20dに位相調整領域を設けたものである。

【0256】

すなわち、図28に示すように、利得領域12が多モード干渉型スイッチ86に直接接続されている。光導波路20a、20b、20c、20dのそれぞれには、位相調整領域54a、54b、54c、54dがDBR領域22a、22b、22c、22dに隣接して設けられている。

【0257】

本変形例による半導体レーザの動作について図28を用いて説明する。

【0258】

まず、DBR領域22a、22b、22c、22dのいずれかに電流を注入する。これにより、電流を注入したDBR領域により決まる発振波長帯域を決定する。

【0259】

次いで、コム型反射鏡領域14へ電流を注入する。コム型反射鏡領域14への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

【0260】

次いで、位相調整領域54a、54b、54c、54dのうち、選択したDBR領域と同一の光導波路に設けられた位相調整領域へ電流を注入する。位相調整領域への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

【0261】

次いで、利得領域12に電流を注入することにより、6層歪みMQW層26において光を発生する。ここで、利得領域12において発生した光が、電流を注入しているDBR領域とコム型反射鏡領域14との間を周回できるように、多モード干渉型スイッチ86及び多モード干渉型スイッチ80a又は多モード干渉型スイッチ80bの電極72によって光導波路70aに電流を注入して光路を切り替える。

【0262】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

【0263】

(変形例(その2))

本実施形態の変形例(その2)による半導体レーザについて図29を用いて説明する。本変形例による半導体レーザは、第1実施形態の変形例(その2)による場合と同様に、光導波路20a、20b、20c、20dに利得領域を設けたものである。

【0264】

すなわち、図29に示すように、コム型反射鏡領域14と位相調整領域16とが直接接続されている。光導波路20a、20b、20c、20dのそれぞれには、利得領域56a、56b、56c、56dがDBR領域22a、22b、22c、22dに隣接して設けられている。

【0265】

本変形例による半導体レーザの動作について図29を用いて説明する。

まず、利得領域56a、56b、56c、56dのいずれか、又はDBR領域22a、22b、22c、22dのいずれかに電流を注入する。或いは、同一光導波路に隣接して設けられた一組の利得領域とDBR領域の両者に電流を注入する。これにより、電流を注入したDBR領域又は電流を注入した利得領域に隣接して設けられているDBR領域により決まる発振波長帯域を決定する。

【0266】

次いで、コム型反射鏡領域14へ電流を注入する。コム型反射鏡領域14への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

【0267】

次いで、位相調整領域16へ電流を注入する。位相調整領域への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

10

20

30

40

50

## 【0268】

次いで、利得領域12に電流を注入することにより、6層歪みMQW層26において光を発生する。ここで、利得領域12において発生した光が、電流を注入しているDBR領域とコム型反射鏡領域14との間を周回できるように、多モード干渉型スイッチ86及び多モード干渉型スイッチ80a又は多モード干渉型スイッチ80bの電極72によって光導波路70aに電流を注入して光路を切り替える。

## 【0269】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

## 【0270】

(変形例(その3))

本実施形態の変形例(その3)による半導体レーザについて図30を用いて説明する。本変形例による半導体レーザは、第1実施形態の変形例(その3)による場合と同様に、利得領域及び位相調整領域を光導波路20a、20b、20c、20dのそれぞれに設けたものである。

## 【0271】

すなわち、図30に示すように、コム型反射鏡領域14が多モード干渉型スイッチ86に直接接続されている。光導波路20a、20b、20c、20dのそれぞれには、利得領域58a、58b、58c、58d、及び位相調整領域60a、60b、60c、60dがDBR領域22a、22b、22c、22dに隣接して設けられている。

## 【0272】

本変形例による半導体レーザの動作について図30を用いて説明する。

まず、利得領域58a、58b、58c、58dのいずれか、又はDBR領域22a、22b、22c、22dのいずれかに電流を注入する。或いは、同一光導波路に隣接して設けられた一組の利得領域とDBR領域の両者に電流を注入する。これにより、電流を注入したDBR領域又は電流を注入した利得領域に隣接して設けられているDBR領域により決まる発振波長帯域を決定する。

## 【0273】

次いで、コム型反射鏡領域14へ電流を注入する。コム型反射鏡領域14への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

## 【0274】

次いで、次いで、位相調整領域60a、60b、60c、60dのうち、選択したDBR領域と同一の光導波路に設けられた位相調整領域へ電流を注入する。位相調整領域への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

## 【0275】

次いで、利得領域58a、58b、58c、58dのうち、選択したDBR領域と同一光導波路に設けられた利得領域に電流を注入することにより、6層歪みMQW層26において光を発生する。ここで、利得領域12において発生した光が、電流を注入しているDBR領域とコム型反射鏡領域14との間を周回できるように、多モード干渉型スイッチ86及び多モード干渉型スイッチ80a又は多モード干渉型スイッチ80bの電極72によって光導波路70aに電流を注入して光路を切り替える。

## 【0276】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

## 【0277】

(変形例(その4))

本実施形態の変形例(その4)による半導体レーザについて図31を用いて説明する。本変形例による半導体レーザは、多モード干渉型スイッチ86の出力端と多モード干渉型スイッチ80a、80bの入力端とを接続する光導波路88a、88bのそれぞれに、位相調整領域を設けたものである。

すなわち、図31に示すように、利得領域12が多モード干渉型スイッチ86の入力端に直接接続されている。光導波路88a、88bには、それぞれ位相調整領域82a、82

10

20

30

40

50

bが設けられている。

【0278】

本変形例による半導体レーザの動作について図31を用いて説明する。

【0279】

まず、DBR領域22a、22b、22c、22dのいずれかに電流を注入する。これにより、電流を注入したDBR領域により決まる発振波長帯域を決定する。

【0280】

次いで、コム型反射鏡領域14へ電流を注入する。コム型反射鏡領域14への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

【0281】

次いで、位相調整領域82a、82bのうち、選択したDBR領域が接続されたモード干渉型光スイッチに接続された光導波路に設けられた位相調整領域へ電流を注入する。位相調整領域への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

【0282】

次いで、利得領域12に電流を注入することにより、6層歪みMQW層26において光を発生する。ここで、利得領域12において発生した光が、電流を注入しているDBR領域とコム型反射鏡領域14との間を周回できるように、多モード干渉型スイッチ86及び多モード干渉型スイッチ80a又は多モード干渉型スイッチ80bの電極72によって光導波路70aに電流を注入して光路を切り替える。

【0283】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

【0284】

(変形例(その5))

本実施形態の変形例(その5)による半導体レーザについて図32を用いて説明する。本変形例による半導体レーザは、変形例(その4)による構成に加えて、利得領域を光導波路20a、20b、20c、20dのそれぞれに設けたものである。

【0285】

すなわち、光導波路20a、20b、20c、20dのそれぞれには、利得領域56a、56b、56c、56dがDBR領域22a、22b、22c、22dに隣接して設けられている。

【0286】

本変形例による半導体レーザの動作について図32を用いて説明する。

【0287】

まず、利得領域56a、56b、56c、56dのいずれか、又はDBR領域22a、22b、22c、22dのいずれかに電流を注入する。或いは、同一光導波路に隣接して設けられた一組の利得領域とDBR領域の両者に電流を注入する。これにより、電流を注入したDBR領域又は電流を注入した利得領域に隣接して設けられているDBR領域により決まる発振波長帯域を決定する。

【0288】

次いで、コム型反射鏡領域14へ電流を注入する。コム型反射鏡領域14への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

【0289】

次いで、位相調整領域82a、82bのうち、選択したDBR領域が接続されたモード干渉型光スイッチに接続された光導波路に設けられた位相調整領域へ電流を注入する。位相調整領域への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

【0290】

次いで、利得領域12に電流を注入することにより、6層歪みMQW層26において光を発生する。ここで、利得領域12において発生した光が、電流を注入しているDBR領域

10

20

30

40

50

とコム型反射鏡領域 14 との間を周回できるように、多モード干渉型スイッチ 86 及び多モード干渉型スイッチ 80a 又は多モード干渉型スイッチ 80b の電極 72 によって光導波路 70a に電流を注入して光路を切り替える。

【0291】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

【0292】

(変形例(その6))

本実施形態の変形例(その6)による半導体レーザについて図33を用いて説明する。本変形例による半導体レーザは、多モード干渉型スイッチ 86 の出力端と多モード干渉型スイッチ 80a、80b の入力端とを接続する光導波路 88a、88b のそれぞれに、利得領域を設けたものである。

10

すなわち、図33に示すように、コム型反射鏡領域 14 と位相調整領域 16 とが直接接続されている。光導波路 88a、88b には、それぞれ利得領域 84a、84b が設けられている。

【0293】

本変形例による半導体レーザの動作について図33を用いて説明する。

【0294】

まず、DBR領域 22a、22b、22c、22d のいずれかに電流を注入する。これにより、電流を注入したDBR領域により決まる発振波長帯域を決定する。

【0295】

20

次いで、コム型反射鏡領域 14 へ電流を注入する。コム型反射鏡領域 14 への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

【0296】

次いで、位相調整領域 16 へ電流を注入する。位相調整領域 16 への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

【0297】

次いで、利得領域 84a、84b のうち、選択したDBR領域が接続されたモード干渉型光スイッチに接続された光導波路に設けられた利得領域に電流を注入する。これにより、6層歪みMQW層 26 において光を発生する。ここで、利得領域において発生した光が、電流を注入しているDBR領域とコム型反射鏡領域 14 との間を周回できるように、多モード干渉型スイッチ 86 及び多モード干渉型スイッチ 80a 又は多モード干渉型スイッチ 80b の電極 72 によって光導波路 70a に電流を注入して光路を切り替える。

30

【0298】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

【0299】

(変形例(その7))

本実施形態の変形例(その7)による半導体レーザについて図34を用いて説明する。本変形例による半導体レーザは、変形例(その6)による構成における位相調整領域の位置を変え、位相調整領域を光導波路 20a、20b、20c、20d のそれぞれに設けたものである。

40

【0300】

すなわち、図34に示すように、コム型反射鏡領域 14 が多モード干渉型スイッチ 86 に直接接続している。光導波路 20a、20b、20c、20d のそれぞれには、位相調整領域 54a、54b、54c、54d がDBR領域 22a、22b、22c、22d に隣接して設けられている。

【0301】

本変形例による半導体レーザの動作について図34を用いて説明する。

【0302】

まず、DBR領域 22a、22b、22c、22d のいずれかに電流を注入する。これにより、電流を注入したDBR領域により決まる発振波長帯域を決定する。

50

## 【0303】

次いで、コム型反射鏡領域14へ電流を注入する。コム型反射鏡領域14への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

## 【0304】

次いで、位相調整領域54a、54b、54c、54dのうち、選択したDBR領域と同一の光導波路に設けられた位相調整領域へ電流を注入する。位相調整領域への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

## 【0305】

次いで、利得領域84a、84bのうち、選択したDBR領域が接続されたモード干渉型光スイッチに接続された光導波路に設けられた利得領域に電流を注入する。これにより、6層歪みMQW層26において光を発生する。ここで、利得領域において発生した光が、電流を注入しているDBR領域とコム型反射鏡領域14との間を周回できるように、多モード干渉型スイッチ86及び多モード干渉型スイッチ80a又は多モード干渉型スイッチ80bの電極72によって光導波路70aに電流を注入して光路を切り替える。

10

## 【0306】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

## 【0307】

[変形実施形態]

本発明の上記実施形態に限らず種々の変形が可能である。

## 【0308】

例えば、上記実施形態では、4つのDBR領域22a、22b、22c、22dを設けていたが、DBR領域の数はこれに限定されるものではない。必要とされる可変波長幅に応じて、回折格子周期の異なる複数のDBR領域をもうけてもよい。例えば、図35は、第1実施形態による半導体レーザにおいて、1入力n出力のテーパ状導波路型光合流器91を用いて、n(nは整数)のDBR領域DBR1、……、DBRnを設けた場合を示す上面図である。

20

## 【0309】

また、上記実施形態では、n型InP基板10表面に回折格子を設けたDBR領域を用いたが、回折格子周期が異なるブラッグ回折格子を有するファイバブラッググレーティング(Fiber Bragg Grating: FBG)を用いてもよい。この場合、n型InP基板10上に形成された光導波路に、光ファイバのコア部分に回折格子が作り込まれてなるFBGを光学的に接続する。

30

## 【0310】

例えば、図36は、第1実施形態の変形例(その2)による半導体レーザにおいて、DBR領域22a、22b、22c、22dの代わりに、FBG92a、92b、92c、92dを用いた場合を示す上面図である。

## 【0311】

この場合の半導体レーザの動作について図36を用いて説明する。

## 【0312】

まず、利得領域56a、56b、56c、56dのいずれかに電流を注入する。これにより、電流を注入した利得領域に隣接して設けられているFBGにより決まる発振波長帯域を決定する。

40

## 【0313】

次いで、コム型反射鏡領域14へ電流を注入する。コム型反射鏡領域14への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

## 【0314】

次いで、位相調整領域16へ電流を注入する。位相調整領域16への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

## 【0315】

こうして、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

50

## 【0316】

また、図37は、第5実施形態による半導体レーザにおいて、DBR領域22a、22b、22c、22dの代わりに、FBG92a、92b、92c、92dを用いた場合を示す上面図である。

## 【0317】

この場合の半導体レーザの動作について図37を用いて説明する。

## 【0318】

まず、多モード干渉型スイッチ86及び多モード干渉型スイッチ80a又は多モード干渉型スイッチ80bの電極72によって光導波路70aに電流を注入して光路を切り替え、所定のFBGとコム型反射鏡領域14との間を利得領域12で発生する光が周回できるようにしておく。これにより、そのFBGにより決まる発振波長帯域を決定する。

10

## 【0319】

次いで、コム型反射鏡領域14へ電流を注入する。コム型反射鏡領域14への電流注入量を変えることにより、およその発振波長を決定する。

## 【0320】

次いで、位相調整領域16へ電流を注入する。位相調整領域16への電流注入量を調整することにより、縦モードの位置を所望の発振波長に一致させる。

## 【0321】

次いで、利得領域12に電流を注入することにより、6層歪みMQW層26において光を発生する。利得領域12において発生した光は、選択したFBGとコム型反射鏡領域14との間を周回し、最終的に、所望の波長でのレーザ発振を得る。

20

## 【0322】

上述のように、FBG92a、92b、92c、92dを用いることにより、DBR領域を用いる場合に要した電流注入が不要となり、半導体レーザの動作制御をより簡略化することができる。

## 【0323】

なお、DBR領域に代えてFBGを用いる場合には、第1及び第2実施形態の変形例(その2)、変形例(その3)、第3、第4及び第5実施形態の変形例(その2)、変形例(その3)、及び変形例(その5)による半導体レーザの場合のように、DBR領域22a、22b、22c、22dのそれぞれに隣接して利得領域56a、56b、56c、56d又は利得領域58a、58b、58c、58dが設けられているか、或いは、第5実施形態による半導体レーザのように、コム型反射鏡14とDBR領域22a、22b、22c、22dとの間の光路を多モード干渉型スイッチにより切り替えることができる必要がある。

30

## 【0324】

また、FBGのみならず、例えばPLC(Planar Lightwave Circuit)技術を用いたDBRアレイなどの他の手段をDBR領域として用いることができる。

## 【0325】

また、上記実施形態において、利得領域の利得の中心波長は、分布反射鏡の反射帯域のほぼ中心値とすることが望ましい。利得領域の利得の中心波長は、必要とされる利得の中心波長に応じて、利得領域を構成する6層歪みMQW層等の活性層のGaInAsPの組成を適宜設定することにより、変更することができる。

40

## 【0326】

例えば、第3実施形態の変形例(その6)及び変形例(その7)による半導体レーザにおいては、利得領域76aの利得の中心波長を、利得領域76aが接続するテーパ状導波路型光合流器60aに接続されるDBR領域22a、22bにおける分布反射鏡の反射帯域のほぼ中心値に設定する。同様に、利得領域76bの利得の中心波長を、利得領域76bが接続するテーパ状導波路型光合流器60aに接続されるDBR領域22c、22dにおける分布反射鏡の反射帯域のほぼ中心値に設定する。第4及び第5実施形態の変形例(その6)及び変形例(その7)による半導体レーザにおいても、上記と同様に、利得領域8

50

4 a、8 4 bの利得の中心波長を、それぞれDBR領域2 2 a、2 2 bにおける分布反射鏡の反射帯域、DBR領域2 2 c、2 2 dにおける分布反射鏡の反射帯域に応じて設定することができる。このとき、利得の中心波長が1 5 3 8 . 2 nmの場合は、 $G a_{0.296} I n_{0.701} A s_{0.89} P_{0.11}$ 、利得の中心波長が1 5 5 1 . 8 nmの場合は、 $G a_{0.307} I n_{0.693} A s_{0.907} P_{0.093}$ とすることができる。

【0 3 2 7】

また、第1及び第2実施形態の変形例(その2)、変形例(その3)、第3、第4及び第5実施形態の変形例(その2)、変形例(その3)、及び変形例(その5)による半導体レーザの場合のように、DBR領域2 2 a、2 2 b、2 2 c、2 2 dのそれぞれに隣接して利得領域5 6 a、5 6 b、5 6 c、5 6 d又は利得領域5 8 a、5 8 b、5 8 c、5 8 dが設けられている場合には、各利得領域の利得の中心波長を、それぞれ同一光導波路に隣接して設けられているDBR領域における分布反射鏡の反射帯域幅のほぼ中心値に設定する。このとき、利得の中心波長が1 5 3 4 . 8 nmの場合は、 $G a_{0.296} I n_{0.704} A s_{0.885} P_{0.115}$ 、利得の中心波長が1 5 4 1 . 6 nmの場合は、 $G a_{0.301} I n_{0.699} A s_{0.894} P_{0.106}$ 、利得の中心波長が1 5 4 8 . 4 nmの場合は、 $G a_{0.304} I n_{0.696} A s_{0.91} P_{0.09}$ とすることができる。

【0 3 2 8】

また、上記実施形態で示した材料系に限らず、GaAs系、GaN系、GaSb系等の他の材料系のDBRレーザについても本発明を適用することができる。

【0 3 2 9】

また、上記実施形態では、半導体材料を用いて、光導波路、テーパ状導波路型光合流器、多モード干渉型スイッチ等を作製したが、これらの材料は半導体材料に限定されるものではない。例えば、石英系材料を用いて作製してもよい。

【0 3 3 0】

また、上記実施形態では、テーパ状導波路型光合流器を分岐導波路として用いたが、一の光路を複数の光路に分岐できるものであれば、テーパ状導波路型に限定されるものではない。

【0 3 3 1】

また、上記実施形態では、多モード干渉型スイッチを光スイッチとして用いたが、一の光路を複数の光路のうちのいずれかの光路に切り替えることができる光スイッチであれば、多モード干渉型に限定されるものではない。

【0 3 3 2】

また、上記実施形態では、多モード干渉型スイッチは、1つの光路を2つの光路に分岐し、分岐した光路のいずれかを選択するものであったが、2分岐に限られず、複数に分岐した光路のいずれかの光路を選択する光スイッチであってもよい。

【0 3 3 3】

(付記1) 電流の注入によりレーザ発振する利得領域と、前記利得領域の一方の側に設けられ、格子のピッチが徐々に且つ周期的に変化する回折格子を有する分布反射鏡を有する第1の領域と、前記利得領域の他方の側に設けられ、互いに異なる周期の回折格子を有する複数の分布反射鏡を有する第2の領域と、前記第1の領域と前記第2の領域との間に設けられ、前記利得領域を介して前記第1の領域の前記分布反射鏡と前記第2の領域の前記複数の分布反射鏡のそれぞれとを光学的に結合する光結合器とを有することを特徴とする半導体レーザ。

【0 3 3 4】

(付記2) 付記1記載の半導体レーザにおいて、前記第1の領域の前記分布反射鏡と前記第2の領域の前記複数の分布反射鏡のそれぞれとにより、複数の共振器が構成されていることを特徴とする半導体レーザ。

【0 3 3 5】

(付記3) 付記1又は2記載の半導体レーザにおいて、前記光結合器は、前記第1の領域の前記分布反射鏡に光結合された一の光路を、前記第2の領域の前記複数の分布反射鏡

10

20

30

40

50

のそれぞれに光結合された複数の光路に分岐する分岐導波路を有することを特徴とする半導体レーザ。

【0336】

(付記4) 付記3記載の半導体レーザにおいて、前記分岐導波路は、前記利得領域と前記第2の領域との間に設けられていることを特徴とする半導体レーザ。

【0337】

(付記5) 付記3記載の半導体レーザにおいて、前記分岐導波路は、前記第1の領域と前記利得領域との間に設けられており、前記利得領域は、前記複数の光路のそれぞれに設けられていることを特徴とする半導体レーザ。

【0338】

(付記6) 付記5記載の半導体レーザにおいて、前記第2の領域の前記分布反射鏡は、ファイバブラッググレーティングであることを特徴とする半導体レーザ。

【0339】

(付記7) 付記4乃至6のいずれかに記載の半導体レーザにおいて、前記分岐導波路は、前記第1の領域の前記分布反射鏡に光結合された一の光路を、前記第2の領域の前記複数の分布反射鏡のそれぞれに光結合された複数の光路に分岐するテーパ状導波路型光合流器又は多モード干渉型光合流器であることを特徴とする半導体レーザ。

【0340】

(付記8) 付記4乃至6のいずれかに記載の半導体レーザにおいて、前記分岐導波路は、前記第1の領域の前記分布反射鏡に光結合された一の光路を複数の光路に分岐していずれかの光路を選択する光スイッチと、前記光スイッチにより選択された光路を分岐して前記第2の領域の前記複数の分布反射鏡に光結合する光合流器とを有することを特徴とする半導体レーザ。

【0341】

(付記9) 付記4乃至6のいずれかに記載の半導体レーザにおいて、前記分岐導波路は、前記第1の領域の前記分布反射鏡に光結合された一の光路を複数の光路に分岐する光合流器と、前記光合流器により分岐された光路が光結合する前記第2の領域の前記分布反射鏡を選択する光スイッチとを有することを特徴とする半導体レーザ。

【0342】

(付記10) 付記4乃至6のいずれかに記載の半導体レーザにおいて、前記分岐導波路は、前記第1の領域の前記分布反射鏡に光結合された一の光路を複数の光路に分岐していずれかの光路を選択する第1の光スイッチと、前記第1の光スイッチにより選択された光路が光結合する前記第2の領域の前記分布反射鏡を選択する第2の光スイッチとを有することを特徴とする半導体レーザ。

【0343】

(付記11) 付記1乃至10のいずれかに記載の半導体レーザにおいて、前記第1の領域の前記分布反射鏡と前記第2の領域の前記複数の分布反射鏡のいずれかとの間で発振するレーザ光の位相を調整する位相調整領域を更に有することを特徴とする半導体レーザ。

【0344】

(付記12) 付記11記載の半導体レーザにおいて、前記位相調整領域は、前記第1の領域と前記光結合器との間に設けられていることを特徴とする半導体レーザ。

【0345】

(付記13) 付記11記載の半導体レーザにおいて、前記位相調整領域は、前記光結合器と前記第2の領域の前記複数の分布反射鏡との間に設けられていることを特徴とする半導体レーザ。

【0346】

(付記14) 付記3記載の半導体レーザにおいて、前記分岐導波路は、前記第1の領域と前記利得領域との間に設けられ、前記第1の領域の前記分布反射鏡に光結合された一の光路を複数の光路に分岐する第1の分岐導波路と、前記利得領域と前記第2の領域との間に設けられ、前記第1の分岐導波路により分岐された光路を分岐して前記第2の領域の前記

10

20

30

40

50

複数の分布反射鏡に光結合する第2の分岐導波路とを有することを特徴とする半導体レーザ。

【0347】

(付記15) 付記14記載の半導体レーザにおいて、前記第1の分岐導波路は、前記第1の領域の前記分布反射鏡に光結合された一の光路を複数の光路に分岐していずれかの光路を選択する光スイッチであり、前記第2の分岐導波路は、前記光スイッチにより選択された光路を分岐して前記第2の領域の前記複数の分布反射鏡に光結合する光合流器であることを特徴とする半導体レーザ。

【0348】

(付記16) 付記14記載の半導体レーザにおいて、前記第1の分岐導波路は、前記第1の領域の前記分布反射鏡に光結合された一の光路を複数の光路に分岐する光合流器であり、前記第2の分岐導波路は、前記光合流器により分岐された光路が光結合する前記第2の領域の前記分布反射鏡を選択する光スイッチであることを特徴とする半導体レーザ。

10

【0349】

(付記17) 付記14記載の半導体レーザにおいて、前記第1の分岐導波路は、前記第1の領域の前記分布反射鏡に光結合された一の光路を複数の光路に分岐していずれかの光路を選択する第1の光スイッチであり、前記第2の分岐導波路は、前記第1の光スイッチにより選択された光路が光結合する前記第2の領域の前記分布反射鏡を選択する第2の光スイッチであることを特徴とする半導体レーザ。

【0350】

20

(付記18) 付記17記載の半導体レーザにおいて、前記第2の領域の前記分布反射鏡は、ファイバブラッググレーティングであることを特徴とする半導体レーザ。

【0351】

(付記19) 付記14乃至18のいずれかに記載の半導体レーザにおいて、前記第1の領域と前記第1の分岐導波路との間に設けられ、前記第1の領域の前記分布反射鏡と前記第2の領域の前記複数の分布反射鏡のいずれかとの間で発振するレーザ光の位相を調整する位相調整領域とを更に有することを特徴とする半導体レーザ。

【0352】

(付記20) 付記14乃至18のいずれかに記載の半導体レーザにおいて、前記第2の分岐導波路と前記第2の領域との間に設けられ、前記第1の領域の前記分布反射鏡と前記第2の領域の前記複数の分布反射鏡のいずれかとの間で発振するレーザ光の位相を調整する位相調整領域を更に有することを特徴とする半導体レーザ。

30

【0353】

(付記21) 付記1乃至20のいずれかに記載の半導体レーザにおいて、前記利得領域の利得の中心波長は、前記第2の領域の前記複数の分布反射鏡のうちその反射光が前記利得領域を通過する分布反射鏡の反射帯域のほぼ中心値に設定されていることを特徴とする半導体レーザ。

【0354】

(付記22) 付記21記載の半導体レーザにおいて、前記利得領域の利得の中心波長は、前記第2の領域の前記複数の分布反射鏡のうち同一光路に隣接して設けられている分布反射鏡の反射帯域のほぼ中心値に設定されていることを特徴とする半導体レーザ。

40

【0355】

(付記23) 付記1乃至22のいずれかに記載の半導体レーザにおいて、前記第1の領域の前記分布反射鏡は、その反射スペクトルにおいて、反射率が50%以上である複数の反射ピークを有することを特徴とする半導体レーザ。

【0356】

【発明の効果】

以上の通り、本発明によれば、電流の注入によりレーザ発振する利得領域と、利得領域の一方の側に設けられ、格子のピッチが徐々に且つ周期的に変化する回折格子を有する分布反射鏡を有する第1の領域と、利得領域の他方の側に設けられ、互いに異なる周期の回折

50

格子を有する複数の分布反射鏡を有する第 2 の領域と、第 1 の領域と第 2 の領域との間に設けられ、利得領域を介して第 1 の領域の分布反射鏡と第 2 の領域の複数の分布反射鏡のそれぞれとを光学的に結合する光結合器とを有するので、通信用光源として求められる特性を失うことなく、広い波長可変幅において所望の波長でのレーザ発振を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 実施形態による半導体レーザの構造を示す概略図である。

【図 2】本発明の第 1 実施形態による半導体レーザにおける各反射鏡の反射スペクトルを示すグラフである。

【図 3】本発明の第 1 実施形態による半導体レーザの製造方法を示す工程断面図である。 10

【図 4】本発明の第 1 実施形態の変形例（その 1）による半導体レーザの構造を示す上面図である。

【図 5】本発明の第 1 実施形態の変形例（その 2）による半導体レーザの構造を示す上面図である。

【図 6】本発明の第 1 実施形態の変形例（その 3）による半導体レーザの構造を示す上面図である。

【図 7】本発明の第 2 実施形態による半導体レーザの構造を示す概略図である。

【図 8】本発明の第 2 実施形態の変形例（その 1）による半導体レーザの構造を示す上面図である。

【図 9】本発明の第 2 実施形態の変形例（その 2）による半導体レーザの構造を示す上面図である。 20

【図 10】本発明の第 2 実施形態の変形例（その 3）による半導体レーザの構造を示す上面図である。

【図 11】本発明の第 3 実施形態による半導体レーザの構造を示す上面図である。

【図 12】本発明の第 3 実施形態の変形例（その 1）による半導体レーザの構造を示す上面図である。

【図 13】本発明の第 3 実施形態の変形例（その 2）による半導体レーザの構造を示す上面図である。

【図 14】本発明の第 3 実施形態の変形例（その 3）による半導体レーザの構造を示す上面図である。 30

【図 15】本発明の第 3 実施形態の変形例（その 4）による半導体レーザの構造を示す上面図である。

【図 16】本発明の第 3 実施形態の変形例（その 5）による半導体レーザの構造を示す上面図である。

【図 17】本発明の第 3 実施形態の変形例（その 6）による半導体レーザの構造を示す上面図である。

【図 18】本発明の第 3 実施形態の変形例（その 7）による半導体レーザの構造を示す上面図である。

【図 19】本発明の第 4 実施形態による半導体レーザの構造を示す上面図である。

【図 20】本発明の第 4 実施形態の変形例（その 1）による半導体レーザの構造を示す上面図である。 40

【図 21】本発明の第 4 実施形態の変形例（その 2）による半導体レーザの構造を示す上面図である。

【図 22】本発明の第 4 実施形態の変形例（その 3）による半導体レーザの構造を示す上面図である。

【図 23】本発明の第 4 実施形態の変形例（その 4）による半導体レーザの構造を示す上面図である。

【図 24】本発明の第 4 実施形態の変形例（その 5）による半導体レーザの構造を示す上面図である。

【図 25】本発明の第 4 実施形態の変形例（その 6）による半導体レーザの構造を示す上 50

面図である。

【図 2 6】本発明の第 4 実施形態の変形例（その 7）による半導体レーザの構造を示す上面図である。

【図 2 7】本発明の第 5 実施形態による半導体レーザの構造を示す上面図である。

【図 2 8】本発明の第 5 実施形態の変形例（その 1）による半導体レーザの構造を示す上面図である。

【図 2 9】本発明の第 5 実施形態の変形例（その 2）による半導体レーザの構造を示す上面図である。

【図 3 0】本発明の第 5 実施形態の変形例（その 3）による半導体レーザの構造を示す上面図である。

10

【図 3 1】本発明の第 5 実施形態の変形例（その 4）による半導体レーザの構造を示す上面図である。

【図 3 2】本発明の第 5 実施形態の変形例（その 5）による半導体レーザの構造を示す上面図である。

【図 3 3】本発明の第 5 実施形態の変形例（その 6）による半導体レーザの構造を示す上面図である。

【図 3 4】本発明の第 5 実施形態の変形例（その 7）による半導体レーザの構造を示す上面図である。

【図 3 5】本発明による半導体レーザにおいて n 個の DBR 領域を設けた場合を示す上面図である。

20

【図 3 6】本発明による半導体レーザにおいて DBR 領域の代わりに FBG を用いた場合（その 1）を示す上面図である。

【図 3 7】本発明による半導体レーザにおいて DBR 領域の代わりに FBG を用いた場合（その 2）を示す上面図である。

【図 3 8】従来の DBR レーザの構造を示す断面図である。

【図 3 9】広い可変波長幅を有する従来の DBR レーザの構造を示す断面図である。

【符号の説明】

1 0 ... n 型 I n P 基板

1 2 ... 利得領域

1 4 ... コム型反射鏡領域

1 6 ... 位相調整領域

1 8 ... テーパー状導波路型光合流器

2 0 a、2 0 b、2 0 c、2 0 d ... 光導波路

2 2 a、2 2 b、2 2 c、2 2 d ... DBR 領域

2 4 ... 光閉じ込め層

2 6 ... 6 層歪み MQW 層

2 8 ... 光閉じ込め層

3 0 ... p 型 I n P 埋め込み層

3 2 ... n 型 I n P 電流狭窄層

3 4 ... p 型 I n P クラッド層

3 6 ... p 型 I n G a A s コンタクト層

3 8 ... 電極

4 0 ... コム型反射鏡

4 2 ... 分布反射鏡

4 4 ... コア層

4 6、4 8、5 0 ... 電極

5 4 a、5 4 b、5 4 c、5 4 d ... 位相調整領域

5 6 a、5 6 b、5 6 c、5 6 d ... 利得領域

5 8 a、5 8 b、5 8 c、5 8 d ... 利得領域

6 0 a、6 0 b、6 0 c、6 0 d ... 位相調整領域

50

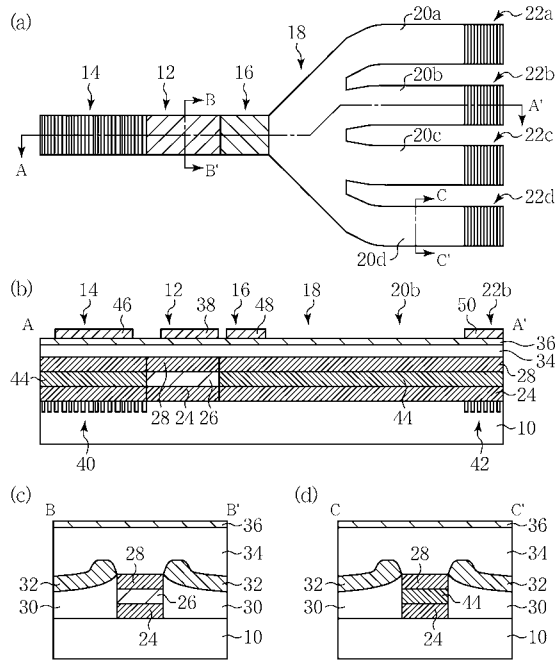
30

40

6 2 ...多モード干渉型光合流器	
6 4 ...多モード干渉型スイッチ	
6 5 a、6 5 b ...光導波路	
6 6 a、6 6 b ...テーパ状導波路型光合流器	
6 8 a、6 8 b ...多モード干渉型光合流器	
7 0 a、7 0 b ...光導波路	
7 2 ...電極	
7 4 a、7 4 b ...位相調整領域	
7 6 a、7 6 b ...利得領域	
7 8 ...テーパ状導波路型光合流器	10
7 9 a、7 9 b ...光導波路	
8 0 a、8 0 b ...多モード干渉型スイッチ	
8 2 a、8 2 b ...位相調整領域	
8 4 a、8 4 b ...利得領域	
8 6 ...多モード干渉型スイッチ	
8 8 a、8 8 b ...光導波路	
9 1 ...テーパ状導波路型光合流器	
9 2 a、9 2 b、9 2 c、9 2 d ... F B G	
1 0 0 ...半導体基板	
1 0 2 ... D B R 領域	20
1 0 4 ...利得領域	
1 0 6 ...位相調整領域	
1 0 8 ...光閉じ込め層	
1 1 0 ...コア層	
1 1 2 ...光閉じ込め層	
1 1 4 ...クラッド層	
1 1 6 ...電極	
1 1 8 ...電極	
1 2 0 ...光閉じ込め層	
1 2 2 ...活性層	30
1 2 4 ...光閉じ込め層	
1 2 6 ...電極	
1 2 8 ...コム型反射鏡領域	
1 3 0 a、1 3 0 b、1 3 0 c、1 3 0 d ...領域	
1 3 2 a、1 3 2 b、1 3 2 c、1 3 2 d ...電極	
1 3 4 ...電極	

【 図 1 】

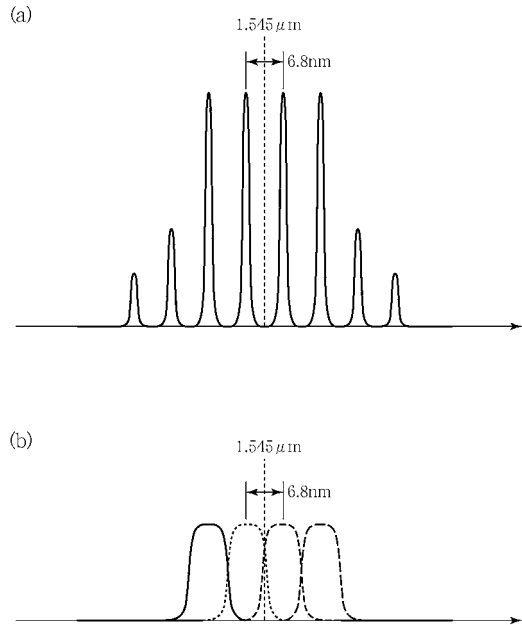
本発明の第1実施形態による半導体レーザの構造を示す概略図



- 10…n型InP基板
- 12…利得領域
- 14…コム型反射鏡領域
- 16…位相調整領域
- 18…テーパー状導波路型光合流器
- 20a、20b、20c、20d…光導波路
- 22a、22b、22c、22d…DBR領域
- 24…光閉じ込め層
- 26…6層至多MQW層
- 28…光閉じ込め層
- 30…p型InP埋め込み層
- 32…n型InP電流狭窄層
- 34…p型InPクラッド層
- 36…p型InGaAsコンタクト層
- 38…電極
- 40…コム型反射鏡
- 42…分布反射鏡
- 44…コア層
- 46、48、50…電極

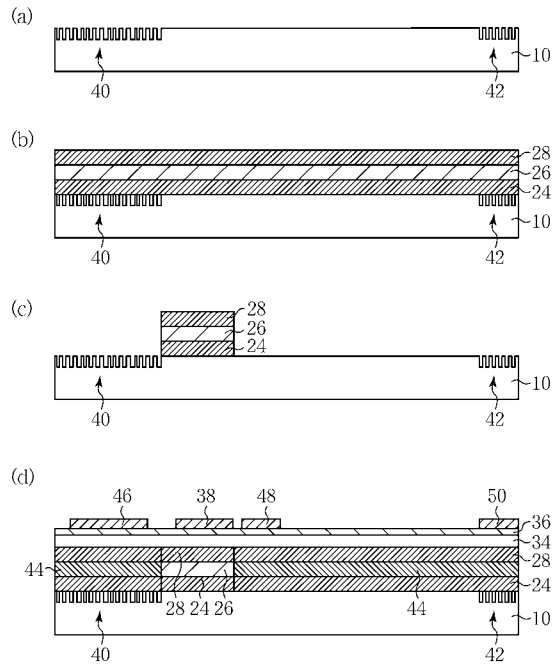
【 図 2 】

本発明の第1実施形態による半導体レーザにおける各反射鏡の反射スペクトルを示すグラフ



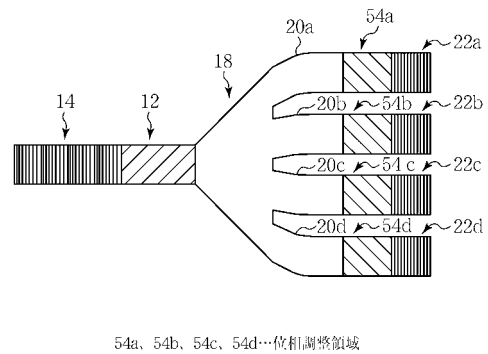
【 図 3 】

本発明の第1実施形態による半導体レーザの製造方法を示す工程断面図



【 図 4 】

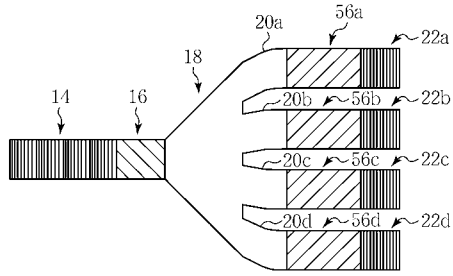
本発明の第1実施形態の変形例（その1）による半導体レーザの構造を示す上面図



54a、54b、54c、54d…位相調整領域

【 図 5 】

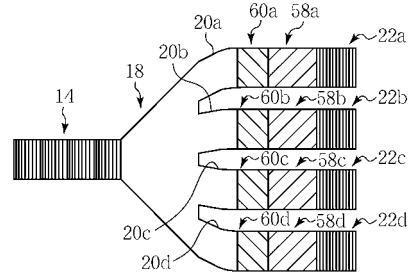
本発明の第1実施形態の変形例（その2）による  
半導体レーザの構造を示す上面図



56a, 56b, 56c, 56d…利得領域

【 図 6 】

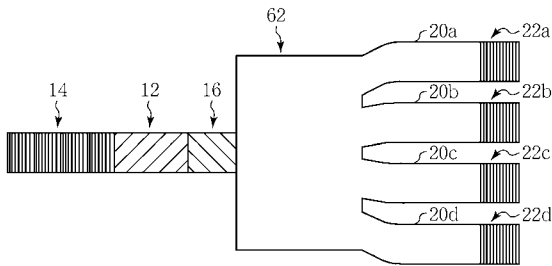
本発明の第1実施形態の変形例（その3）による  
半導体レーザの構造を示す上面図



58a, 58b, 58c, 58d…利得領域  
60a, 60b, 60c, 60d…位相調整領域

【 図 7 】

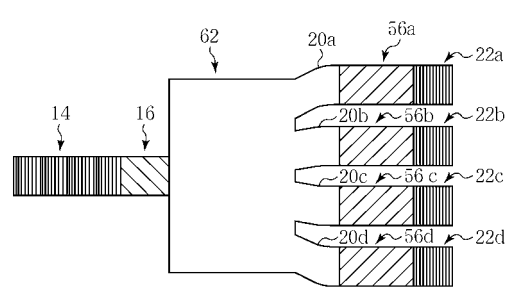
本発明の第2実施形態による半導体レーザの構造を示す概略図



62…多モード干渉型光合流器

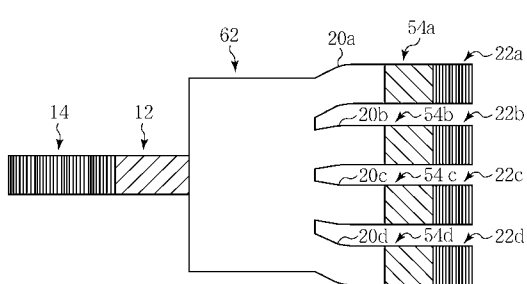
【 図 9 】

本発明の第2実施形態の変形例（その2）による  
半導体レーザの構造を示す上面図



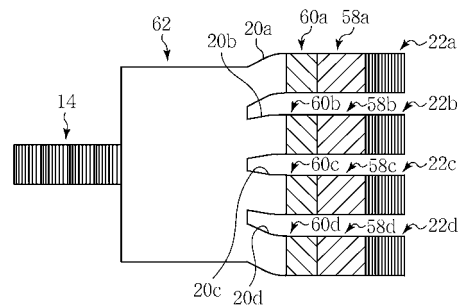
【 図 8 】

本発明の第2実施形態の変形例（その1）による  
半導体レーザの構造を示す上面図



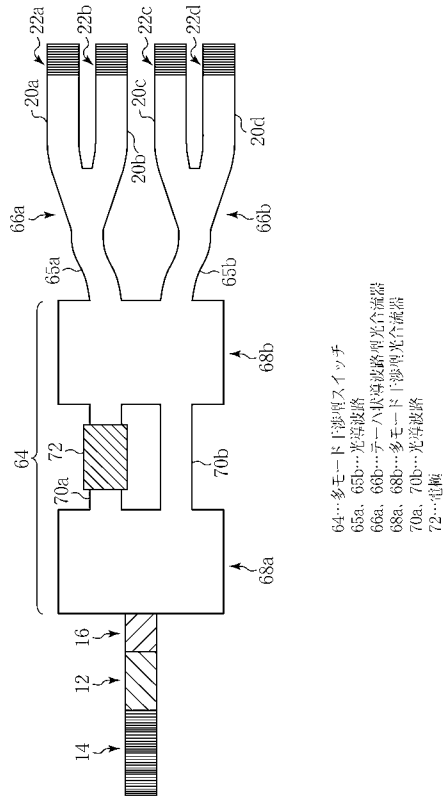
【 図 10 】

本発明の第2実施形態の変形例（その3）による  
半導体レーザの構造を示す上面図



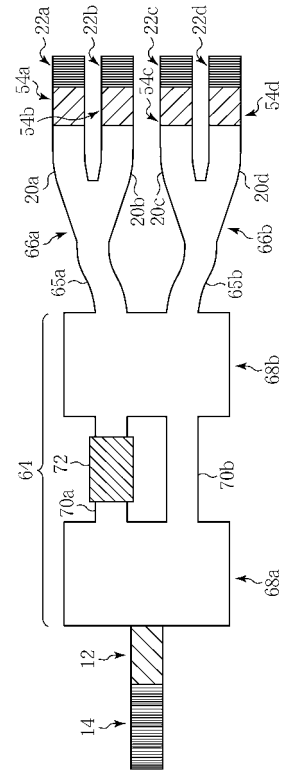
【 図 1 1 】

本発明の第3実施形態による半導体レーザの構造を示す上面図



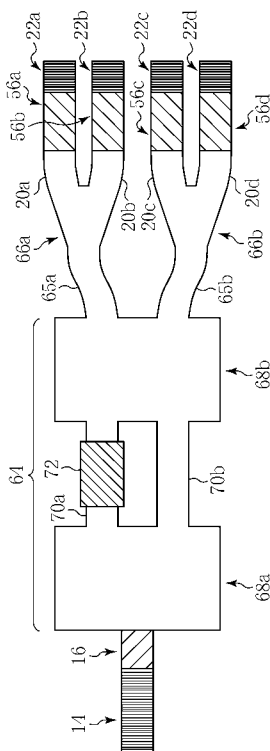
【 図 1 2 】

本発明の第3実施形態の変形例（その1）による半導体レーザの構造を示す上面図



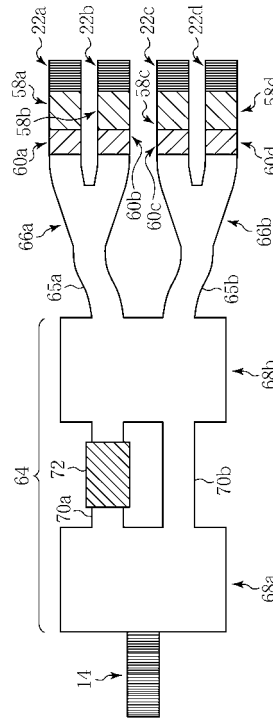
【 図 1 3 】

本発明の第3実施形態の変形例（その2）による半導体レーザの構造を示す上面図



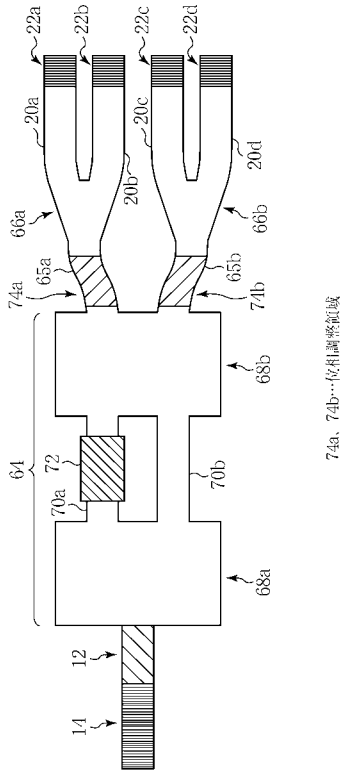
【 図 1 4 】

本発明の第3実施形態の変形例（その3）による半導体レーザの構造を示す上面図



【 図 1 5 】

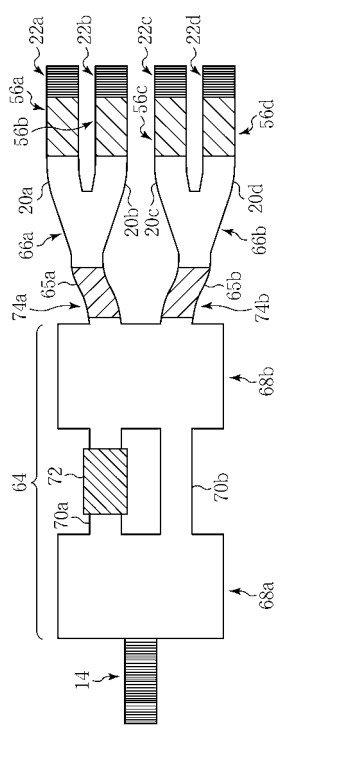
本発明の第3実施形態の変形例（その4）による  
半導体レーザの構造を示す上面図



74a, 74b...反応層露出領域

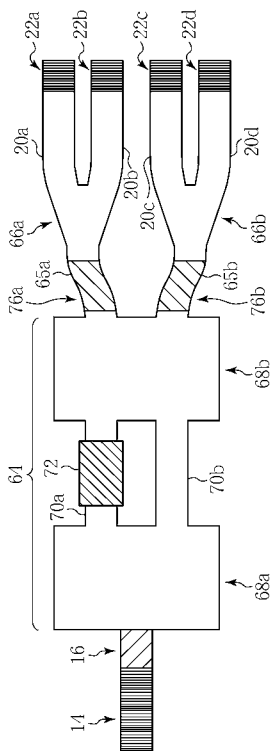
【 図 1 6 】

本発明の第3実施形態の変形例（その5）による  
半導体レーザの構造を示す上面図



【 図 1 7 】

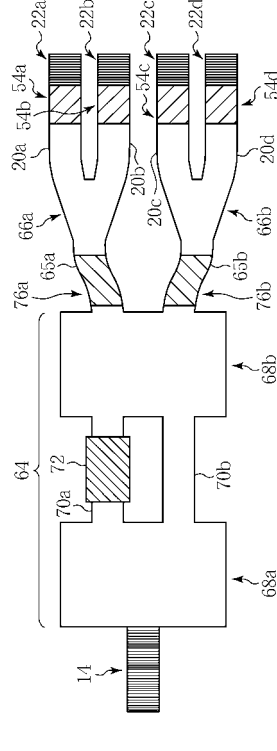
本発明の第3実施形態の変形例（その6）による  
半導体レーザの構造を示す上面図



76a, 76b...利得領域

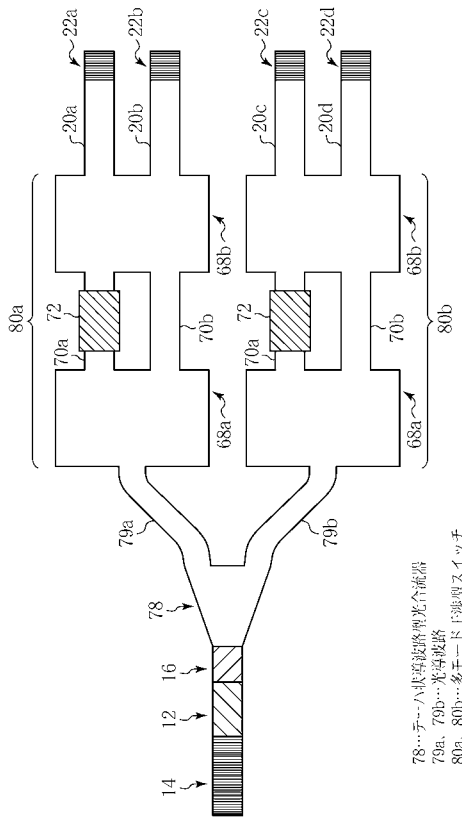
【 図 1 8 】

本発明の第3実施形態の変形例（その7）による  
半導体レーザの構造を示す上面図



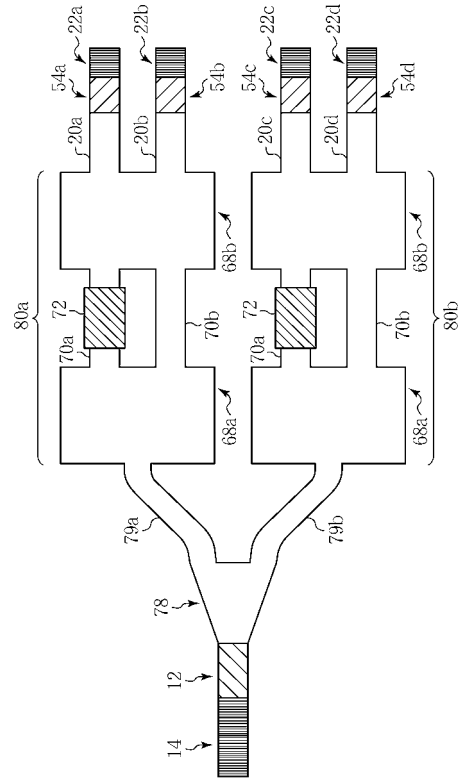
【 図 1 9 】

本発明の第4実施形態による半導体レーザの構造を示す上面図



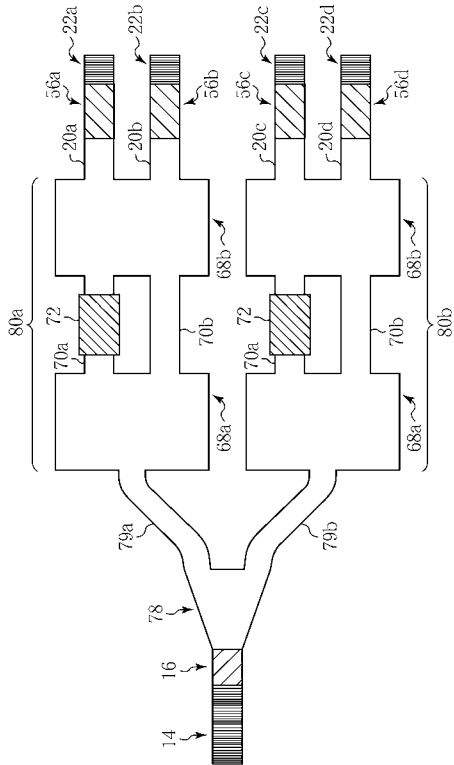
【 図 2 0 】

本発明の第4実施形態の変形例（その1）による半導体レーザの構造を示す上面図



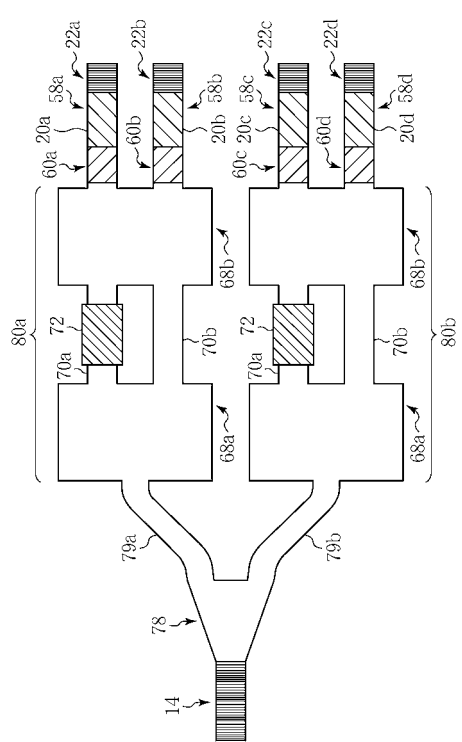
【 図 2 1 】

本発明の第4実施形態の変形例（その2）による半導体レーザの構造を示す上面図



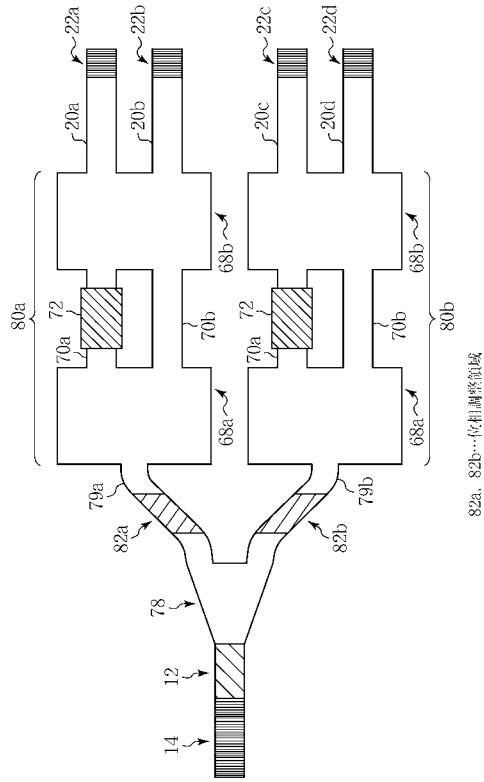
【 図 2 2 】

本発明の第1実施形態の変形例（その3）による半導体レーザの構造を示す上面図



【 図 2 3 】

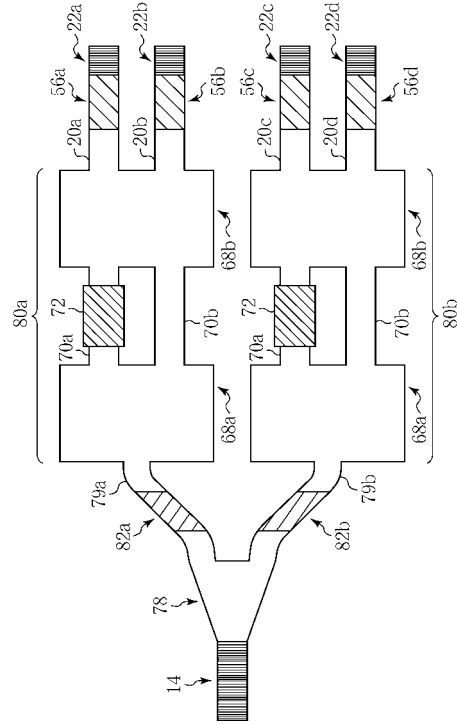
本発明の第4実施形態の変形例（その4）による  
半導体レーザの構造を示す上面図



82a, 82b... 脊部切断領域

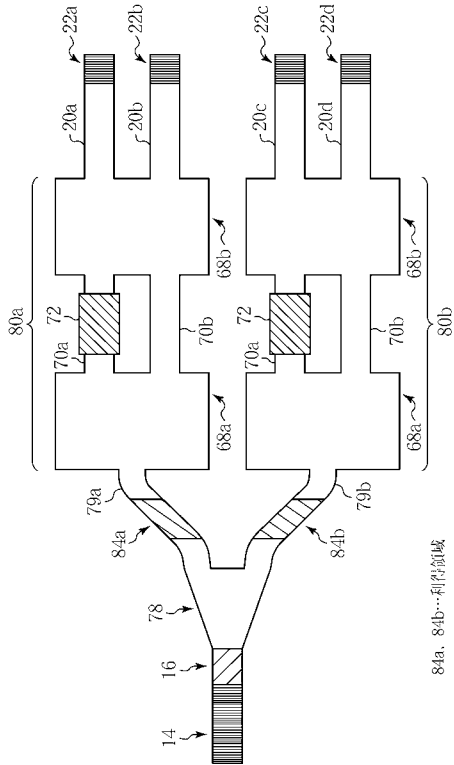
【 図 2 4 】

本発明の第4実施形態の変形例（その5）による  
半導体レーザの構造を示す上面図



【 図 2 5 】

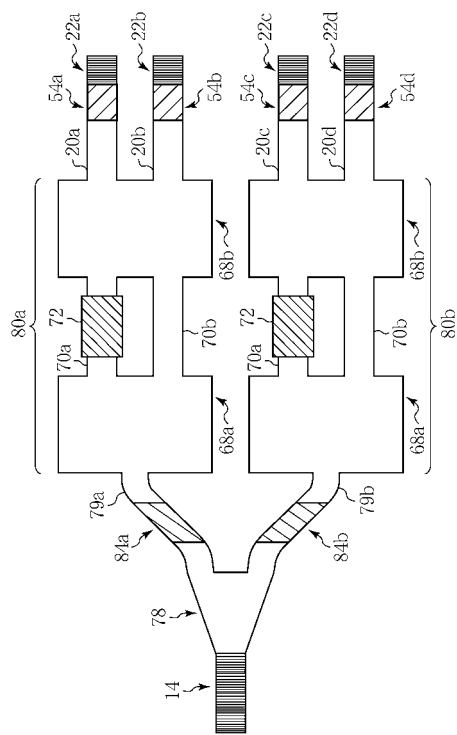
本発明の第4実施形態の変形例（その6）による  
半導体レーザの構造を示す上面図



84a, 84b... 脊部領域

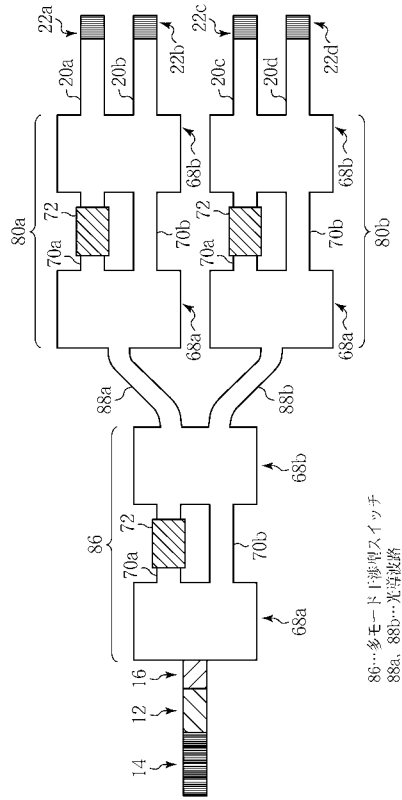
【 図 2 6 】

本発明の第4実施形態の変形例（その7）による  
半導体レーザの構造を示す上面図



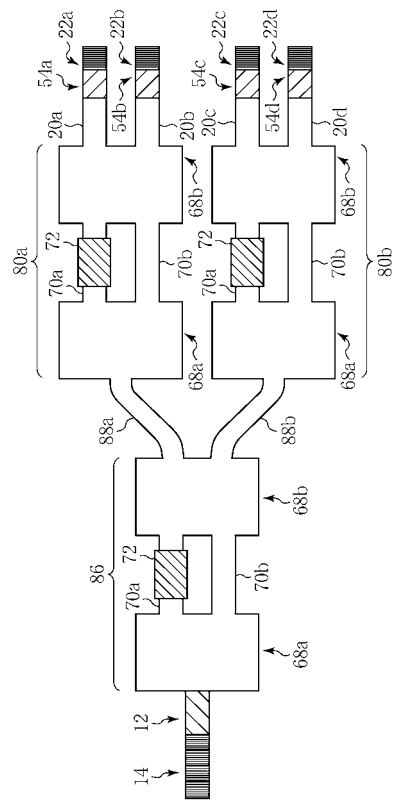
【 図 2 7 】

本発明の第5実施形態による半導体レーザの構造を示す上面図



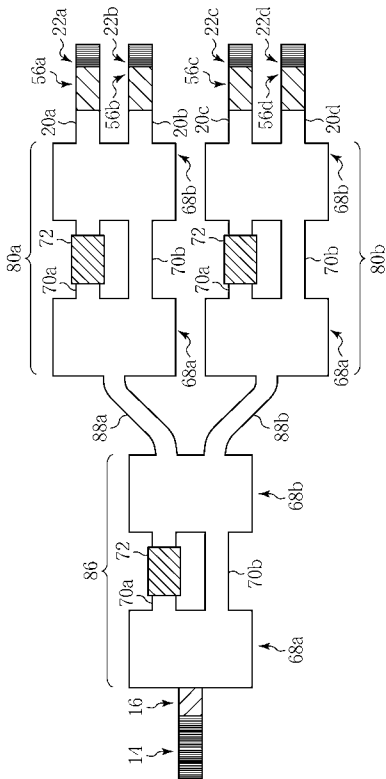
【 図 2 8 】

本発明の第5実施形態の変形例（その1）による半導体レーザの構造を示す上面図



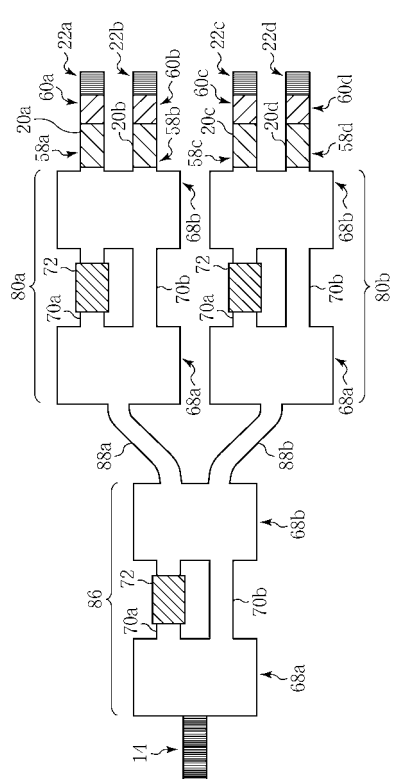
【 図 2 9 】

本発明の第5実施形態の変形例（その2）による半導体レーザの構造を示す上面図



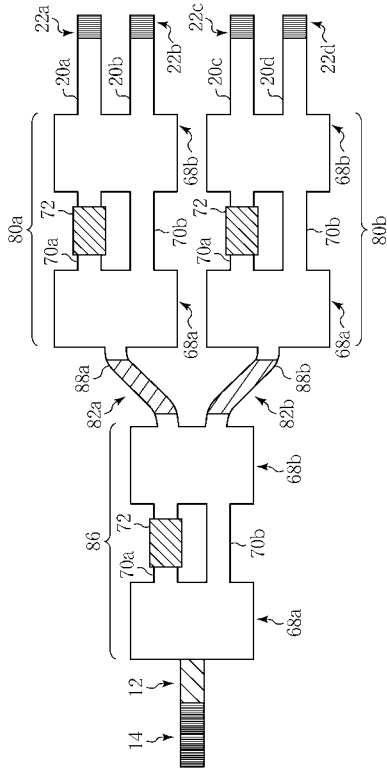
【 図 3 0 】

本発明の第5実施形態の変形例（その3）による半導体レーザの構造を示す上面図



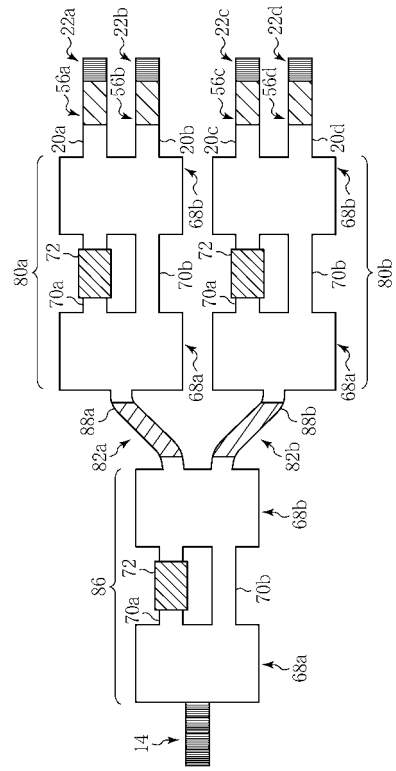
【 図 3 1 】

本発明の第5実施形態の変形例（その4）による  
半導体レーザの構造を示す上面図



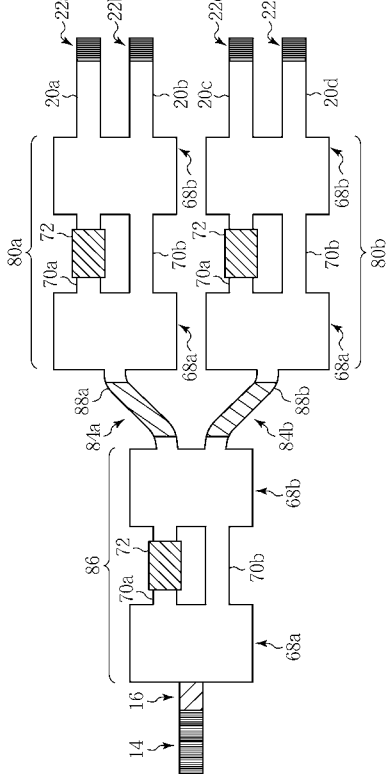
【 図 3 2 】

本発明の第5実施形態の変形例（その5）による  
半導体レーザの構造を示す上面図



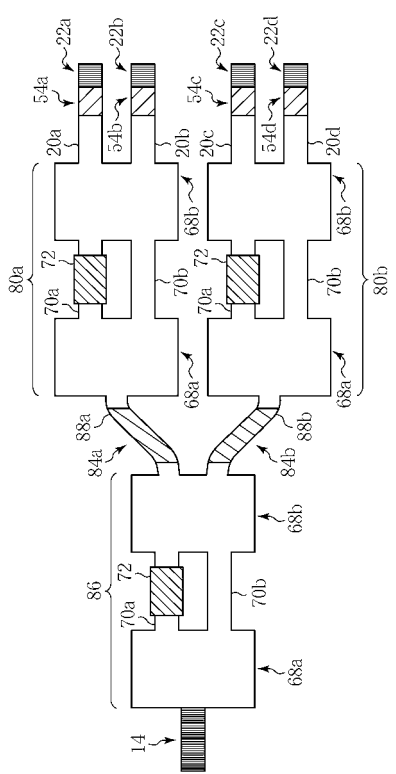
【 図 3 3 】

本発明の第5実施形態の変形例（その6）による  
半導体レーザの構造を示す上面図



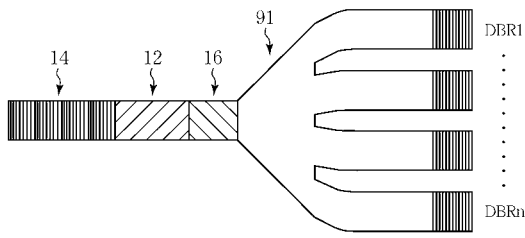
【 図 3 4 】

本発明の第5実施形態の変形例（その7）による  
半導体レーザの構造を示す上面図



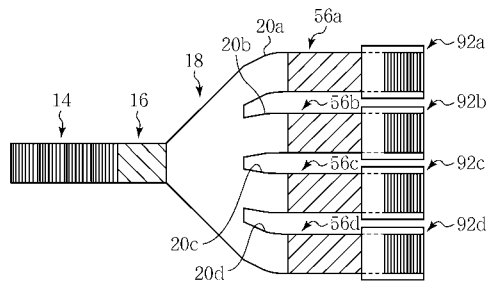
【 図 3 5 】

本発明による半導体レーザにおいてn個のDBR領域を設けた場合を示す上面図



【 図 3 6 】

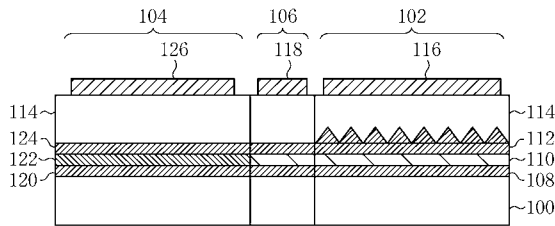
本発明による半導体レーザにおいてDBR領域の代わりにFBGを用いた場合（その1）を示す上面図



91…テーハ状導波路型光合流器  
92a、92b、92c、92d…FBG

【 図 3 8 】

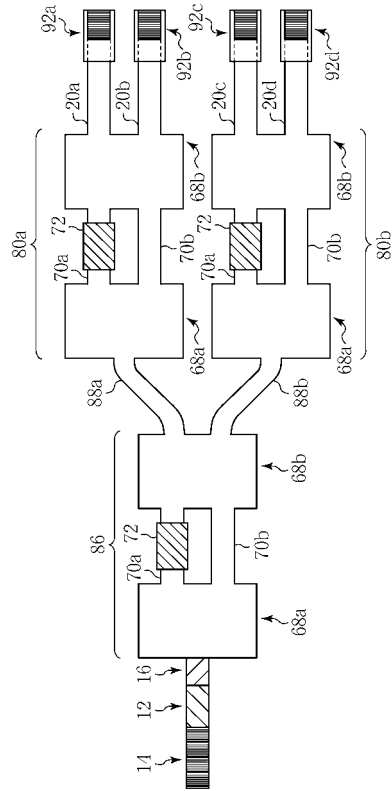
従来のDBRレーザの構造を示す断面図



100…半導体基板  
102…DBR領域  
104…利得領域  
106…位相調整領域  
108…光閉じ込め層  
110…コア層  
112…光閉じ込め層  
114…クラッド層  
116…電極  
118…電極  
120…光閉じ込め層  
122…活性層  
124…光閉じ込め層  
126…電極

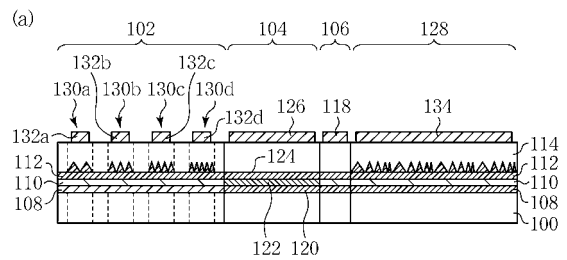
【 図 3 7 】

本発明による半導体レーザにおいてDBR領域の代わりにFBGを用いた場合（その2）を示す上面図

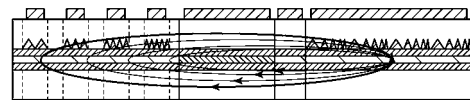


【 図 3 9 】

広い可変波長幅を有する従来のDBRレーザの構造を示す断面図



(b)



128…コム型反射鏡領域  
130a、130b、130c、130d…領域  
132a、132b、132c、132d…電極  
134…電極

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2001-007439(JP,A)  
特開2002-006352(JP,A)  
特開平06-053616(JP,A)  
特開平06-061572(JP,A)  
国際公開第01/017073(WO,A1)  
特開平01-199487(JP,A)  
特開平04-107977(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01S 5/00-5/50