

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3584508号
(P3584508)

(45) 発行日 平成16年11月4日(2004.11.4)

(24) 登録日 平成16年8月13日(2004.8.13)

(51) Int. Cl.⁷

F I

H O 1 S 5/323

H O 1 S 5/323

G O 2 F 1/37

G O 2 F 1/37

H O 1 S 3/109

H O 1 S 3/109

請求項の数 6 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願平6-325174	(73) 特許権者	000005821
(22) 出願日	平成6年12月27日(1994.12.27)		松下電器産業株式会社
(65) 公開番号	特開平8-181390		大阪府門真市大字門真1006番地
(43) 公開日	平成8年7月12日(1996.7.12)	(74) 代理人	100097445
審査請求日	平成12年2月7日(2000.2.7)		弁理士 岩橋 文雄
		(74) 代理人	100103355
			弁理士 坂口 智康
		(74) 代理人	100109667
			弁理士 内藤 浩樹
		(72) 発明者	北岡 康夫
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(72) 発明者	山本 和久
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 短波長光源

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

活性領域と光フィードバック領域を有する自励発振半導体レーザにおいて、n型のGaAs基板上に、n-GaAsのバッファ層、n-クラッド層、活性層、p-クラッド層、p-GaAlAs層および電流ブロック層を堆積する第1の工程と、電流ブロック層をエッチングする第2の工程と、前記光フィードバック領域にZnを気相拡散または固相拡散して光導波層を形成する第3の工程と、干渉露光法によりDBR部をp-GaAlAs層に形成する第4の工程と、クラッド層およびコンタクト層を堆積する第5の工程と、p側電極及びn側電極を形成する第6の工程を有することを特徴とする自励発振半導体レーザの製造方法。

【請求項2】

活性領域と光フィードバック領域を有する自励発振半導体レーザにおいて、n型のGaAs基板上に、n-GaAsのバッファ層、n-クラッド層、活性層、p-クラッド層、および電流ブロック層を堆積する第1の工程と、電流ブロック層をエッチングする第2の工程と、前記光フィードバック領域にZnを気相拡散または固相拡散して光導波層を形成する第3の工程と、干渉露光法によりDBR部を電流ブロック層に形成する第4の工程と、クラッド層およびコンタクト層を堆積する第5の工程と、p側電極及びn側電極を形成する第6の工程を有することを特徴とする自励発振半導体レーザの製造方法。

【請求項3】

活性領域と光フィードバック領域を有する自励発振半導体レーザにおいて、n型のGaAs基板上に、n-GaAsのバッファ層、n-クラッド層、活性層、およびp-クラッド層を堆積する

10

20

第1の工程と、p-クラッド層をエッチングする第2の工程と、前記光フィードバック領域にZnを気相拡散または固相拡散して光導波層を形成する第3の工程と、干渉露光法によりDBR部をp-クラッド層上に形成する第4の工程と、n-GaAs電流ブロック層を堆積する第5の工程と、クラッド層およびコンタクト層を堆積する第6の工程と、p側電極とn側電極を形成する第7の工程を有することを特徴とする自励発振半導体レーザの製造方法。

【請求項4】

活性領域と光フィードバック領域を有する自励発振半導体レーザにおいて、n型のGaAs基板上に、n-GaAsのバッファ層、n-クラッド層、活性層、およびp-クラッド層を堆積する第1の工程と、p-クラッド層をエッチングする第2の工程と、前記光フィードバック領域にZnを気相拡散または固相拡散して光導波層を形成する第3の工程と、干渉露光法によりDBR部をp-クラッド層上に形成する第4の工程と、p-GaAlAs層およびn-GaAs電流ブロック層を堆積する第5の工程と、クラッド層およびコンタクト層を堆積する第6の工程と、p側電極とn側電極を形成する第7の工程を有することを特徴とする自励発振半導体レーザの製造方法。

10

【請求項5】

活性領域と光フィードバック領域を有する自励発振半導体レーザにおいて、n型のGaAs基板上に、n-GaAsのバッファ層、n-クラッド層、活性層、p-クラッド層、p-GaAlAs層および電流ブロック層を堆積する第1の工程と、前記光フィードバック領域の電流ブロック層、p-GaAlAs層、p-クラッド層、活性層およびn-クラッド層をエッチングにより除去する第2の工程と、前記光フィードバック領域にn-クラッド層、GaAlAsの光導波層、p-クラッド層、p-GaAlAs層および電流ブロック層を堆積する第3の工程と、電流ブロック層をエッチングする第4の工程と、干渉露光法によりDBR部をp-GaAlAs層に形成する第5の工程と、クラッド層およびコンタクト層を堆積する第6の工程と、p側電極及びn側電極を形成する第7の工程を有することを特徴とする自励発振半導体レーザの製造方法。

20

【請求項6】

請求項1～5に記載の自励発振半導体レーザの製造方法によって製造された活性領域と光フィードバック領域を有する自励発振半導体レーザにおいて、前記光フィードバック領域に形成されたDBR部のフィードバック波長が、前記活性領域の活性層のゲインピーク波長よりも長波長側に有ることを特徴とする自励発振半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

30

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、コヒーレント光を利用する光情報処理分野、あるいは光応用計測制御分野、光通信分野に使用する半導体レーザ装置および短波長光源に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

半導体レーザーを光源として高効率波長変換によりグリーン、ブルー光源を得ることが、光ディスクの高密度記録や画像処理等で要求されているが、ここで得られる出力光の横モードがガウシアンで回折限界近くまで集光でき、且つ出力が10mW程度で周波数的にも時間的にも安定であることが必要である。

40

【0003】

半導体レーザーを光源としてブルー光を得るには、波長変換素子として擬位相整合(QPM)方式の分極反転型導波路デバイスを用いるのが有力である(山本他、Optics Letters Vol. 16, No. 15, 1156 (1991))。

【0004】

まず、分極反転型導波路デバイスの作製方法について述べる。非線形光学結晶であるLiTaO₃基板19にTaのパターンを蒸着とフォトにより幅数 μm の周期で形成する。次に260の温度でプロトン交換を行った後、550程度の温度で熱処理を行いLiTaO₃基板19と分極が反対向きに反転した分極反転領域20を形成する。次に再びTa

50

によるスリットを形成した後、ピロ磷酸(260)中で14分プロトン交換を行った後、420で1分間アニールを行い光導波路21を形成する。作製される分極反転型導波路デバイスは波長860nmの基本波P1に対して、光導波路の長さを10mm、基本波P1のパワーを50mWにしたとき高調波P2のパワー3mWが得られた。しかしながら、分極反転型導波路デバイスの基本波波長に対する許容幅は0.1nmと狭く、半導体レーザのモードホップ、波長広がり許すことはできない。

【0005】

また光通信分野では半導体レーザの発振波長をロックするために、グレーティングフィードバックを用いた光学系が提案されている(特許)。

【0006】

図25において、22は0.86μm帯の100mW級GaAlAs半導体レーザ、23はコリメートレンズ、24は半導体レーザの光軸に対してだけ傾斜して設置された外部共振器鏡である。外部共振器鏡24上には直線形状の回折格子が形成されている。回折格子は波長分散効果をもっていて、ある特定の波長を1次回折光として、半導体レーザ22の活性層25に結合するので、半導体レーザ22の発振波長をロックすることができる。

【0007】

一方、半導体レーザに過飽和吸収領域を形成し、レーザ発振の縦モードをマルチモード化し、光の可干渉性を低減する事を目的として、自励発振(Self-sustained pulsation)する半導体レーザが報告されている。(T. Takayama et al., 14th IEEE International Semiconductor Laser Conference, Th4.1, 1994)図2に、その構造図を示す。GaAlAsのOptical confinement layerが非常に小さな屈折率差を産みだし、レーザ発振領域が電流注入幅よりも大きくなっている。それゆえ、Optical confinement layerの下に活性領域に、大きな過飽和吸収が起こる。この結果、125ps程度の半値幅を有し、ピークパワー800mW程度の自励発振が起こる。しかしながら、自励発振状態では発振縦モードスペクトルは3~10nm程度に広がる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

半導体レーザの信頼性を考えると100mW以上で使用することは困難であり、レンズの損失および光導波路との結合損失を考えると利用できる基本波出力は50~70mW程度である。そのため高調波出力は2~4mWしか得られず短波長レーザ光源の光情報処理分野での実用レベルである10mW以上の高調波を安定に得ることが困難である。波長変換によるブルー光発生は、基本波のピークパワーの2乗に比例するため、基本波をパルス駆動することで、大きな変換効率を得られる。しかしながら、半導体レーザを高周波駆動し、高いピークパワーを得、ブルー光への変換効率を向上されるためには、いくつかの課題がある。第1に、電力消費量と電波障害である。高周波発生モジュールは5Vで駆動する。コンパクトディスク用の低出力半導体レーザであれば、低電力駆動も可能であるが、100mWの高出力半導体レーザを駆動しようとする電力消費が大きく、周辺への電磁波の影響も大きくなり、電波障害の対策も必要となる。第2に、コストである。高周波発生モジュールは半導体レーザと同程度かそれ以上の価格であり、価格上昇は免れない。さらに、量産化を考えた場合、半導体レーザ波長安定化用グレーティングの調整は困難であり、グレーティングの調整精度はμmオーダーを必要とするため、グレーティングの集積化は重要である。

【0009】

一方、自励発振する半導体レーザは発振縦モードスペクトルが広がっているため、波長変換素子により波長変換しようすると、単一縦モードの半導体レーザに比べ変換効率の低下を生じる。

【0010】

10

20

30

40

50

本発明は以上示したような分極反転型導波路デバイスを用いた短波長光源の課題を克服し、高効率且つ安定な高調波出力を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

本発明は、活性領域と光フィードバック領域を有する自励発振半導体レーザにおいて、n型のGaAs基板の上に、n-GaAsのパッファー層、n-クラッド層、活性層、p-クラッド層、p-GaAlAs層および電流ブロック層を堆積する第1の工程と、電流ブロック層をエッチングする第2の工程と、前記光フィードバック領域にZnを気相拡散または固相拡散して光導波層を形成する第3の工程と、干渉露光法によりDBR部をp-GaAlAs層に形成する第4の工程と、クラッド層およびコンタクト層を堆積する第5の工程と、p側電極及びn側電極を形成する第6の工程を有することを特徴とする自励発振半導体レーザの製造方法である。

10

【0012】

また本発明は、活性領域と光フィードバック領域を有する自励発振半導体レーザにおいて、n型のGaAs基板の上に、n-GaAsのパッファー層、n-クラッド層、活性層、p-クラッド層、および電流ブロック層を堆積する第1の工程と、電流ブロック層をエッチングする第2の工程と、前記光フィードバック領域にZnを気相拡散または固相拡散して光導波層を形成する第3の工程と、干渉露光法によりDBR部を電流ブロック層に形成する第4の工程と、クラッド層およびコンタクト層を堆積する第5の工程と、p側電極及びn側電極を形成する第6の工程を有することを特徴とする自励発振半導体レーザの製造方法である。

20

【0013】

さらに本発明は、活性領域と光フィードバック領域を有する自励発振半導体レーザにおいて、n型のGaAs基板の上に、n-GaAsのパッファー層、n-クラッド層、活性層、およびp-クラッド層を堆積する第1の工程と、p-クラッド層をエッチングする第2の工程と、前記光フィードバック領域にZnを気相拡散または固相拡散して光導波層を形成する第3の工程と、干渉露光法によりDBR部をp-クラッド層上に形成する第4の工程と、n-GaAs電流ブロック層を堆積する第5の工程と、クラッド層およびコンタクト層を堆積する第6の工程と、p側電極とn側電極を形成する第7の工程を有することを特徴とする自励発振半導体レーザの製造方法である。

30

さらに本発明は、活性領域と光フィードバック領域を有する自励発振半導体レーザにおいて、n型のGaAs基板の上に、n-GaAsのパッファー層、n-クラッド層、活性層、およびp-クラッド層を堆積する第1の工程と、p-クラッド層をエッチングする第2の工程と、前記光フィードバック領域にZnを気相拡散または固相拡散して光導波層を形成する第3の工程と、干渉露光法によりDBR部をp-クラッド層上に形成する第4の工程と、p-GaAlAs層およびn-GaAs電流ブロック層を堆積する第5の工程と、クラッド層およびコンタクト層を堆積する第6の工程と、p側電極とn側電極を形成する第7の工程を有することを特徴とする自励発振半導体レーザの製造方法である。

【0014】

さらに本発明は、活性領域と光フィードバック領域を有する自励発振半導体レーザにおいて、n型のGaAs基板の上に、n-GaAsのパッファー層、n-クラッド層、活性層、p-クラッド層、p-GaAlAs層および電流ブロック層を堆積する第1の工程と、前記光フィードバック領域の電流ブロック層、p-GaAlAs層、p-クラッド層、活性層およびn-クラッド層をエッチングにより除去する第2の工程と、前記光フィードバック領域にn-クラッド層、GaAlAsの光導波層、p-クラッド層、p-GaAlAs層および電流ブロック層を堆積する第3の工程と、電流ブロック層をエッチングする第4の工程と、干渉露光法によりDBR部をp-GaAlAs層に形成する第5の工程と、クラッド層およびコンタクト層を堆積する第6の工程と、p側電極及びn側電極を形成する第7の工程を有することを特徴とする自励発振半導体レーザの製造方法である。

40

また、上記自励発振半導体レーザの製造方法によって製造された活性領域と光フィードバック領域を有する自励発振半導体レーザは、前記光フィードバック領域に形成されたDBR部のフィードバック波長が、前記活性領域の活性層のゲインピーク波長よりも長波長

50

側に有ることを特徴とする自励発振半導体レーザであってもよい。

【0015】

【作用】

本発明は、可飽和吸収領域を設けた半導体レーザに、外部に備えられた光フィードバック用外部共振器または半導体レーザに集積化された光フィードバック領域により、ある特定の波長を半導体レーザの活性層に帰還し、狭帯化された発振縦モードスペクトルのパルス光発生を実現するものである。

【0016】

また、本発明は半導体レーザをパルス動作させるため、出射される基本波の平均パワーを上げることなく、基本波のピークパワーを大幅に向上させることが可能となる。これにより、波長変換素子の高調波との変換効率をアップし高調波の平均出力の大幅向上が実現できる。すなわち本発明は、小型で高効率の短波長光発生装置を実現するものである。

10

【0017】

【実施例】

(実施例1)

本発明の光フィードバック用外部共振器鏡を備えた自励発振半導体レーザの概略構成図を図1に示す。

【0018】

図1はコリメートレンズを用いた概略構成図で、1は0.86 μ m帯の100mW級GaAlAsの自励発振半導体レーザ、2はN.A.=0.6のコリメートレンズ、3は半導体レーザの光軸に対してだけ傾斜して設置された外部共振器鏡であり、その基板には反射型回折格子が形成されている。

20

【0019】

自励発振半導体レーザ1の構造を図2に示す。n型のGaAs基板A1上に、n-GaAsのバッファ層A2とn-Ga_{0.6}Al_{0.4}Asクラッド層A、GaAlAsとGaAsの多重量子井戸からなる活性層A4、p-Ga_{0.6}Al_{0.4}Asクラッド層A5、n-Ga_{0.5}Al_{0.4}As電流ブロック層A6をMOVPE法により順次堆積する。次にSiO₂を堆積し、ホトリソグラフィ技術とエッチング技術を用いて、約4 μ mのSiO₂のストライプを形成する。化学的ウェットエッチングにより、電流ブロック層A6を図2のように形成する。SiO₂をエッチング除去し、再びMOVPE法によりp-Ga_{0.6}Al_{0.4}Asクラッド層A7およびp-GaAsコンタクト層A8を堆積する。最後に、p側電極A10とn側電極A11を形成する。

30

【0020】

自励発振半導体レーザ1の電流ブロック層A6はレーザ光に透明であり、屈折率が周りより少し低くなっているため、実屈折率導波路を形成している。またレーザ発振領域が電流注入幅よりも大きくなっているため、電流ブロック層A6下の活性層A4に、大きな過飽和吸収が起こり、この結果図3に示すような125ps程度の半値幅を有し、ピークパワー800mW程度の自励発振が起こった。端面反射率は、後端面が90%、前端面が3%である。

【0021】

自励発振半導体レーザ1から出射したレーザ光はN.A.=0.6のコリメートレンズ2により平行光にされ外部共振器鏡3に導かれる。外部共振器鏡3上の反射型回折格子の波長分散効果によりある特定の波長だけが自励発振半導体レーザ1の後端面に集光され活性層4に光帰還して自励発振半導体レーザ1の波長が固定される。回折格子は、次式ピッチdを持つ直線形状の回折格子である。

40

【0022】

$$d = \lambda / (2 \sin \theta) \quad (1)$$

本実施例においては、 λ (LDの発振波長) = 0.86 μ mに対し、 $d = 0.86 \mu\text{m}$ 、 $\theta = 30^\circ$ とした。外部共振器鏡3の回折効率は10%程度である。

【0023】

50

光フィードバックがない状態では図4のように、縦モードスペクトルは5 nm程度に広がっていたが、外部共振器鏡3により特定の波長を帰還することで、図5のように縦モードスペクトルの狭帯化(単一化)を図ることができた。この状態においても自励発振は起き、この時のピークパワー600 mW程度が外部共振器鏡3の反射光として得られた。

【0024】

(実施例2)

実施例1では、光フィードバック用外部共振器鏡3を自励発振半導体レーザ1の出射側に設置したが、図6のように自励発振半導体レーザ1の後ろ側に設置しても同様の効果が得られた。この場合、外部共振器鏡3の角度を変化させて、発振波長をチューニングしても、光軸が変化しないので、自励発振半導体レーザ1から得られた光を他の光学系に容易に結合できる。

10

【0025】

実施例2では、実施例1と同様の構造を有する自励発振半導体レーザを用いているが、後端面の反射率が0.5%、出射側の反射率が3%と仕様を変更し、自励発振半導体レーザ1の端面間の発振を抑圧している。

【0026】

自励発振半導体レーザ1の後端面から出射したレーザー光はN.A.=0.6のコリメートレンズ2により平行光にされ外部共振器鏡3に導かれる。外部共振器鏡3上の反射型回折格子の波長分散効果によりある特定の波長だけが自励発振半導体レーザ1の後端面に集光され活性層4に光帰還して自励発振半導体レーザ1の波長が固定される。回折格子は、次式ピッチdを持つ直線形状の回折格子である。

20

【0027】

$$d = \lambda / (2 \sin \theta) \quad (1)$$

本実施例においては、(LDの発振波長) = 0.86 μmに対し、d = 0.86 μm、θ = 30°とした。本実施例では外部共振器鏡3の回折効率は90%程度である。

【0028】

自励発振半導体レーザ1は自励発振を起こし、図5のような単一縦モードが得られ、ピークパワー600 mW程度のパルス発振光が得られた。

【0029】

(実施例3)

実施例2では、コリメートレンズを用いた光学系のため外部共振器鏡3上には、直線形状の反射型回折格子が形成されている。実施例3ではコリメートレンズを省いた構成について説明する。構成図7において、外部共振器鏡3上の反射型回折格子の形状は直線形状でなく円群の一部からなる。この場合部品点数が1つ減り、共振器長も短くなりコンパクトな構成となる。

30

【0030】

図8を用いて外部共振器鏡の設計原理を示す。回折格子の形成される平面基板上にx, yの直交座標系を仮定し、光の発散点及び集光点となる活性層端面Pが前記座標の原点からの垂線に対し、y軸方向にθの角をなす線上に存在し、且つ距離fの位地に存在するとする。Pから放射した光は回折格子上の点Gに到達し反射されてP点に戻る時、その光の位相が揃うように回折格子が形成されているとき外部共振器鏡として働く。即ち、

40

$$2PG = m\lambda + (\text{定数}) \quad (2)$$

ここでPGは点Pと点Gの距離、λは半導体レーザの波長、mは整数である。

【0031】

原点における前記定数の零とすると次式のようなになる。

$$x^2 + (y - f \sin \theta)^2 = (m\lambda / 2 + f)^2 - (f \cos \theta)^2 \quad (3)$$

ここでx, yは回折素子の形成される平面基板上の直交座標であり、fは活性層端面と直交座標の原点との距離、θは活性層端面と原点を結ぶ軸と回折格子の形成された平面基板の垂線とのなす角、λは半導体レーザの発振波長、mは整数である。λ = 0.86 μm、f = 2 mm、θ = 45°を用いて外部共振器鏡を作製したところ、電子ビームの描画可

50

能領域が1mm角程度であり、フィードバック効率は30%程度であった。得られたレーザー光はピークパワー400mW程度のパルス発振光が得られた。

【0032】

本実施例1、2、及び3では、活性層としてGaAlAsを用いた800nm帯の半導体レーザーについて説明したが、活性層にInGaAsPを用いた1μm帯の半導体レーザー、AlGaInPの赤色半導体レーザー、ZnSSeの青緑色半導体レーザーに応用しても、同様の効果が得られた。

【0033】

(実施例4)

本発明の光フィードバック用外部共振器鏡を有する自励発振半導体レーザーと波長変換素子を備えた短波長光発生装置の概略構成図を図9に示す。本実施例では、波長変換素子として、LiTaO₃結晶を基板とした周期的分極反転構造を有する導波路型波長変換デバイスを用いた。

10

【0034】

分極反転型導波路デバイス6の作製方法について説明する。非線形光学結晶であるLiTaO₃基板7にTaのパターンを蒸着とフォトリソにより幅数μmの周期で形成する。次に260℃の温度でプロトン交換を行った後、550℃程度の温度で熱処理を行いLiTaO₃基板7と分極が反対向きに反転した分極反転領域8を形成する。次に再びTaによるスリットを形成した後、ピロリン酸(260℃)中で14分プロトン交換を行った後、420℃で1分間アニールを行い光導波路9を形成する。作製される分極反転型導波路デバイス7は波長860nmの基本波P1に対して、光導波路の長さを10mm、基本波P1のパワーを50mWにしたとき高調波P2のパワー3mWが得られた。

20

【0035】

自励発振半導体レーザー1と外部共振器鏡3は、実施例1と同じ構成であり、自励発振半導体レーザー1の発振波長は反射型回折格子により860nmに固定されている。外部共振器鏡3の0次回折光(反射光)はフォーカシングレンズ5により分極反転型導波路デバイス6中の光導波路9に結合され、周期的分極反転領域8により波長変換され、光導波路9の出射端面よりブルー光が得られた。自励発振半導体レーザー1は自励発振して、ピークパワー600mWに対し、平均パワー15mWのブルー光が得られた。連続発振の半導体レーザーと比較して、5倍程度の変換効率向上が図れた。

30

【0036】

(実施例5)

本発明の自励発振半導体レーザーと光フィードバック用外部共振器鏡の間に、波長変換素子を備えた短波長光発生装置の概略構成図を図10に示す。本実施例では、波長変換素子として、LiTaO₃結晶を基板とした周期的分極反転構造を有する導波路型波長変換デバイスを用いた。

【0037】

自励発振半導体レーザー1から出射したレーザー光はN.A.=0.6のコリメートレンズ2により平行光にされ、分極反転型導波路デバイス7に導かれる。光導波路9中で半導体レーザー光は、周期的分極反転領域8により波長変換され、波長変換された高調波と波長変換されなかった半導体レーザー光が、光導波路9の端面より得られる。高調波は波長選択ミラー10により分離され、半導体レーザー光は外部共振器鏡3に導かれる。外部共振器鏡3上の回折格子の波長分散効果によりある特定の波長だけが分極反転型導波路デバイス7の光導波路9に結合し、自励発振半導体レーザー1の端面に集光され活性層4に光帰還して自励発振半導体レーザー1の波長が固定される。回折格子は、次式ピッチdを持つ直線形状の回折格子である。

40

【0038】

$$d = \lambda / (2 \sin \theta) \quad (1)$$
 本実施例においては、 λ (LDの発振波長) = 0.86μmに対し、 $d = 0.86\mu\text{m}$ 、 $\theta = 30^\circ$ とした。本実施例では外部共振器鏡3の回折効率は90%程度である。

50

【0039】

この時自励発振半導体レーザ1は自励発振を起こし、図4(b)のような単一縦モードが得られ、ピークパワー600mW程度のパルス発振光が得られ、平均パワー20mWのブルー光が得られた。

【0040】

実施例4と比較すると実施例5では、外部共振器鏡3の損失がなく光導波路9に半導体レーザ光を結合できるため、より高い変換効率が得られた。

【0041】

(実施例6)

実施例4及び5では、光フィードバック用外部共振器として、反射型回折格子を用いたが、本実施例では分極反転型導波路デバイスの光導波路上に形成された分布ブラッグ反射器(distributed Bragg reflector: DBR)を光フィードバック用外部共振器として用いた構成について図11を用いて説明する。

10

【0042】

まず分布ブラッグ反射器の作製方法について説明する。分極反転領域8と光導波路9が形成されたLiTaO₃基板7上にSiO₂をスパッタで蒸着する。その上にレジストを塗布し、Arレーザを用いた干渉露光により、周期4μmの2次のグレーティングを形成する。現像した後、ドライエッチングでSiO₂をエッチングし、分布ブラッグ反射器を形成する。

【0043】

自励発振半導体レーザ1から出射された光はフォーカシングレンズ5により分極反転型導波路デバイス6中の光導波路9に結合される。光導波路9中を伝播する光は分布ブラッグ反射器11で、ある特定の波長が反射し、再び光導波路9を伝播し、自励発振半導体レーザ1の活性層4に光帰還し、発振波長は固定される。光導波路9を伝播する光は周期的分極反転領域8により波長変換され、光導波路9の出射端面よりブルー光が得られた。自励発振半導体レーザ1は自励発振していて、ピークパワー600mWに対し、平均パワー15mWのブルー光が得られた。連続発振の半導体レーザと比較して、5倍程度の変換効率向上が図れた。

20

【0044】

本実施例では、光フィードバック用外部共振器が分極反転型導波路デバイス上に集積化されているため、機械的にも安定に光フィードバックが行える。また、光学調整も容易である。

30

【0045】

本実施例4、5、及び6では、活性層としてGaAlAsを用いた800nm帯の半導体レーザについて説明したが、活性層にInGaAsPを用いた1μm帯の半導体レーザ、AlGaInPの赤色半導体レーザ、ZnSSeの青緑色半導体レーザに応用しても、同様の効果が得られた。この場合、波長変換素子である分極反転構造を有する導波路型波長変換デバイスの分極反転周期を変更する必要がある。それぞれの半導体レーザ光の波長と位相整合波長が一致するように、分極反転領域の周期を設計することにより、800nm帯と同様に、変換効率の向上が図れた。

40

【0046】

実施例7以降では、過飽和吸収領域と、活性層を有する活性領域と、光フィードバック領域を同一基板上に集積化した半導体レーザについて説明する。

【0047】

(実施例7)

本発明の可飽和吸収領域と、活性層を有する活性領域と、光フィードバック領域を備えたDBR自励発振半導体レーザの構造を図12に示す。活性層B5を有する活性領域と、光導波層B12とDBR部B13を有する光フィードバック部から構成される。

【0048】

作製方法を図13を用いて説明する。n型のGaAs基板B1上に、n-GaAsのバッ

50

ファー層 A 2、n - クラッド層 A 3、活性層 B 4、p - クラッド層 B 5、p - GaAlAs 層 B 6 および電流ブロック層 B 7 を順次 MOVPE 法により堆積する。活性層 A 4 は GaAlAs と GaAs の多重量子井戸 (MQW) 構造になっている。(参照 (a)) 次に、SiN_x B 16 を堆積し、ホトリソグラフィ技術とエッチング技術を用いて、約 4 μm の SiN_x のストライプを形成する。(参照 (b)) 化学的ウェットエッチングにより、電流ブロック層 B 7 を図 (c) のように形成する。(参照 (c)) 活性層 B 4 は GaAlAs と GaAs の多重量子井戸構造になっているため、レーザ発振光に対して吸収がある。そのため、光フィードバック領域 B 15 での活性層 B 4 の吸収を取り除く必要がある。図 (d) (e) において、さらに SiO₂ B 17 を堆積し、ホトリソグラフィ技術とエッチング技術を用いて光フィードバック領域 B 15 のみ SiO₂ B 17 を取り除く。SiO₂ と SiN_x の HF : NH₄F に対するエッチングレートはそれぞれ 200 nm/min、20 nm/min であることを利用している。次に、Zn を気相拡散または固相拡散する。(参照 (f)) Zn が活性層 B 4 に拡散すると、活性層 B 4 内の GaAlAs / GaAs 多重量子井戸が無秩序化される。そのため、レーザ発振光に対して透明な光導波層 B 12 が形成される。次に He - Cd レーザを用いた干渉露光法により、波長 860 nm に対する 2 次のグレーティング (DBR 部 B 13) を p - GaAlAs 層上に形成する。(参照 (g)) 以上の工程が終わると、SiN_x をエッチングにより除去し、再び MOVPE 法により、クラッド層 B 8 およびコンタクト層 B 9 を堆積する。最後に、p 側電極 B 10 と n 側電極 B 11 を形成する (参照 (h))。

10

【0049】

20

本実施例の DBR 自励発振半導体レーザは、電流ブロック層 B 7 はレーザ発振光に対し透明であり、また屈折率が周りより小さく、実屈折率導波路を形成している。また非常に小さな屈折率差であるため、レーザ発振領域が電流注入幅よりも大きくなっている。それゆえ、電流ブロック層 B 7 下の活性層 B 4 に、大きな過飽和吸収が起こる。活性層 B 4 に電流が注入されると、端面と光フィードバック領域 B 15 の間の活性領域 B 14 で自励発振が起こった。得られた半導体レーザの特性は、図 3 に示すような 125 ps 程度の半値幅を有し、ピークパワー 600 mW 程度であった。発振縦モードスペクトルは図 5 に示すような、単一縦モードであった。

【0050】

(実施例 8)

30

本発明の可飽和吸収領域と、活性層を有する活性領域と、光フィードバック領域を備えた DBR 自励発振半導体レーザの構造を図 14 に示す。活性層 B 5 を有する活性領域と、光導波層 B 12 と DBR 部 B 13 を有する光フィードバック部から構成される。本実施例では、DBR 部 B 13 を電流ブロック層上に形成した構成について説明する。

【0051】

作製方法を図 15 を用いて説明する。n 型の GaAs 基板 B 1 上に、n - GaAs のバッファー層 B 2、n - クラッド層 B 3、活性層 B 4、p - クラッド層 B 5、および電流ブロック層 B 7 を順次 MOVPE 法により堆積する。活性層 B 4 は GaAlAs と GaAs の多重量子井戸構造になっている。(参照 (a)) 次に、SiO₂ B 18 を堆積し、ホトリソグラフィ技術とエッチング技術を用いて、約 4 μm の SiO₂ のストライプを形成する。(参照 (b)) 化学的ウェットエッチングにより、電流ブロック層 B 7 を図 (c) のように形成する。(参照 (c)) 活性層 B 4 は GaAlAs と GaAs の MQW 構造になっているため、レーザ発振光に対して吸収がある。そのため、光フィードバック領域 B 15 での活性層 B 4 の吸収を取り除く必要がある。図 (d) (e) において、再び SiO₂ B 19 を堆積し、ホトリソグラフィ技術とエッチング技術を用いて光フィードバック領域 B 15 のみ SiO₂ を取り除く。次に、Zn を気相拡散または固相拡散する。(参照 (f)) Zn が活性層 B 4 に拡散すると、活性層 B 4 内の GaAlAs / GaAs 多重量子井戸構造が無秩序化される。そのため、レーザ発振光に対して透明な光導波層 B 12 が形成される。次に He - Cd レーザを用いた干渉露光法により、波長 860 nm に対する 2 次のグレーティング (DBR 部 B 13) を電流ブロック層 B 7 に形成する。P - クラッド

40

50

層 B 5 上に形成されたグレーティングはクラッド層 B 8 により埋められるため、グレーティングとして機能しない。(参照 (g)) 以上の工程が終わると、SiO₂ をエッチングにより除去し、再び MOVPE 法により、クラッド層 B 8 およびコンタクト層 B 9 を堆積する。最後に、p 側電極 B 10 と n 側電極 B 11 を形成する(参照 (h))。

【0052】

本実施例の DBR 自励発振半導体レーザは、電流ブロック層 B 7 はレーザ発振光に対し透明であり、また屈折率が周りより小さく、実屈折率導波路を形成している。また非常に小さな屈折率差であるため、レーザ発振領域が電流注入幅よりも大きくなっている。それゆえ、電流ブロック層 B 7 下の活性層 B 4 に、大きな過飽和吸収が起こる。活性層 B 4 に電流が注入されると、端面と光フィードバック領域 B 15 の間の活性領域 B 14 で自励発振が起こった。得られた半導体レーザの特性は、図 3 に示すような 125 ps 程度の半値幅を有し、ピークパワー 600 mW 程度であった。発振縦モードスペクトルは図 5 に示すような、単一縦モードであった。

10

【0053】

本実施例で形成される DBR 部は、実施例 7 で形成される DBR 部よりも、モードの結合が小さいため、フィードバック効率も小さい。そのため、DBR 部を長くできる。結果として、DBR の波長許容度を狭くできるため、より安定な単一縦モードが達成できた。

【0054】

(実施例 9)

実施例 8 及び実施例 9 では、光フィードバック領域 B 15 の活性層 B 4 がレーザ発振光に対する損失を低減するため、Zn を拡散させ多重量子井戸を無秩序化させ、光導波層 B 12 を形成した。

20

【0055】

本実施例では、DBR 部 B 13 のフィードバック波長を活性層 B 4 のゲインピーク波長より長波長側にデチューニングさせることにより、光フィードバック領域 B 15 の活性層の損失を低減し光導波層を形成した構成について、図 16 および図 17 を用いて説明する。

【0056】

作製方法は、図 13 において、図 (f) の Zn 拡散工程と図 (g) DBR 部作製工程以外を除いて、実施例 7 の図 12 の自励発振半導体レーザと同じである。図 16 の自励発振半導体レーザの作製において、Zn 拡散工程を介さない。また、本実施例の DBR 部 B 13 作製において、He-Cd レーザを用いた干渉露光法により、波長 875 nm に対する 2 次のグレーティング (DBR 部 B 13) を p-GaAlAs 層上に形成する。この時、活性層 B 4 のゲインピーク波長は、860 nm であった。この様子を、図 17 (a) に示す。この時の波長に対する活性層 B 4 の損失を図 17 (b) に示す。このように、発振波長を光フィードバック領域 B 15 の DBR 部 B 13 により長波長側にシフトさせると、光導波層 B 20 内の損失を低減できた。

30

【0057】

本実施例の DBR 自励発振半導体レーザの活性層 B 4 に電流注入されると、端面と光フィードバック領域 B 15 の間の活性領域 B 14 で自励発振が起こった。得られた半導体レーザの特性は、図 3 に示すような 125 ps 程度の半値幅を有し、ピークパワー 400 mW 程度であった。発振縦モードスペクトルは図 5 に示すような、単一縦モードであった。

40

【0058】

実施例 7 および実施例 8 の光導波層に比べて、本実施例の光導波層の損失は少し大きいため、得られるパワーが低減した。しかしながら、本実施例では、Zn 拡散工程がないため、容易に光導波層を作製でき、自励発振半導体レーザを実現できた。

【0059】

(実施例 10)

実施例 7、実施例 8 および実施例 9 では、可飽和吸収領域と、活性層を有する活性領域と、光フィードバック領域を備えた DBR 自励発振半導体レーザにおいて、電流ブロック層が n-GaAlAs から成り、実屈折率導波路を有する構成について説明した。本実施例

50

では、電流ブロック層が n -GaAs から成るロスガイドを有する図 18 に示す DBR 自励発振半導体レーザについて説明する。

【0060】

作製方法を図 19 を用いて説明する。 n 型の GaAs 基板 C1 上に、 n -GaAs のバッファ層 C2、 n -クラッド層 C3、活性層 C4、および p -クラッド層 C5 を順次 MOVPE 法により堆積する。活性層 C4 は GaAlAs と GaAs の MQW 構造になっている（参照（a））。

【0061】

次に、 SiN_x C16 を堆積し、ホトリソグラフィ技術とエッチング技術を用いて、約 $4\ \mu\text{m}$ の SiN_x のストライプを形成する（参照（b））。化学的ウェットエッチングにより、 p -クラッド層 C5 を図（c）のように形成する（参照（c））。活性層 C4 は GaAlAs と GaAs の多重量子井戸構造になっているため、レーザ発振光に対して吸収がある。そのため、光フィードバック領域 C15 での活性層 C4 の吸収を取り除く必要がある。図（d）（e）において、 SiO_2 C16 を堆積し、ホトリソグラフィ技術とエッチング技術を用いて光フィードバック領域 C15 のみ SiO_2 を取り除く。次に、Zn を気相拡散または固相拡散する（参照（f））。Zn が活性層 C4 に拡散すると、活性層 C4 内の GaAlAs / GaAs 多重量子井戸構造が無秩序化される。そのため、レーザ発振光に対して透明な光導波層 C11 が形成される。次に He-Cd レーザを用いた干渉露光法により、波長 $860\ \text{nm}$ に対する 2 次のグレーティング（DBR 部 B12）を p -クラッド層 C5 上に形成する（参照（g））。その上に n -GaAs 電流ブロック層 C6 を堆積する。 n -GaAs と p -GaAlAs の屈折率差によりグレーティングが形成される（参照（h））。

【0062】

以上の工程が終わると、 SiN_x をエッチングにより除去し、再び MOVPE 法により、C7 クラッド層およびコンタクト層 C8 を堆積する。最後に、 p 側電極 C9 と n 側電極 C10 を形成する（参照（i））。本実施例の構成では、電流ブロック層下に可飽和吸収領域が得られないので、可飽和吸収領域を作製する必要がある。可飽和吸収領域を得るための方法として、図 18 に示すように、電極 C9 および C10 を活性領域よりも小さな領域に作製することにより活性層 C4 内に可飽和吸収領域 C13 を形成することができた。

【0063】

本実施例の DBR 自励発振半導体レーザの活性層 C4 に電流注入されると、端面と光フィードバック領域 C15 の間の活性領域 B14 で自励発振が起こった。得られた半導体レーザの特性は、図 3 に示すような $125\ \text{ps}$ 程度の半値幅を有し、ピークパワー $400\ \text{mW}$ 程度であった。発振縦モードスペクトルは図 5 に示すような、単一縦モードであった。

【0064】

また光フィードバック領域 C15 中の光導波層 C11 を Zn 拡散により作製したが、実施例 9 のように DBR 部 C12 のフィードバック波長を活性層 C4 のゲインピーク波長より長波長側に設計することでも、光導波層が形成でき、本実施例と同様の効果が得られた。

【0065】

（実施例 11）

実施例 10 では、 p -クラッド層 C5 と n -GaAs 電流ブロック層 C6 の屈折率差を利用して、DBR 部 C12 のグレーティングを作製した。本実施例では、 p -クラッド層 C5 上に組成の異なる p -GaAlAs 層 C16 を堆積し、この屈折率差を利用して DBR 部 C12 を形成した構成について図 20 を用いて説明する。

【0066】

作製方法は、実施例 10 の自励発振半導体レーザの作製方法（参照図 19）と同じである。異なる点は、図（g）において p -クラッド層 C5 上に DBR 部 C12 を作製後、図（h）において DBR 部 C12 上にまず p -GaAlAs 層 C16 を堆積し、その上に電流ブロック層 C6 を形成した。ここで、GaAlAs の組成比は、 $0 < x < z$ 、 $0 < y < z$ 、とする。

10

20

30

40

50

【0067】

実施例10と同様に、DBR自励発振半導体レーザの活性層C4に電流注入されると、端面と光フィードバック領域C15の間の活性領域B14で自励発振が起こった。得られた半導体レーザの特性は、図3に示すような125ps程度の半値幅を有し、ピークパワー600mW程度であった。発振縦モードスペクトルは図5に示すような、単一縦モードであった。実施例10ではGaAsとGaAlAsのグレーティングを形成しているため、GaAlAsの吸収が存在する。本実施例では、GaAlAsの組成を変えて、グレーティングを形成しているため、レーザ発振光に対する吸収はなく、得られるパワーも向上した。

【0068】

また光フィードバック領域C15中の光導波層C11をZn拡散により作製したが、実施例9のようにDBR部C12のフィードバック波長を活性層C4のゲインピーク波長より長波長側に設計することでも、光導波層が形成でき、本実施例と同様の効果が得られた。

【0069】

(実施例12)

実施例7から11に示したように、光フィードバック領域中の光導波層の損失を低減することが必要である。本実施例では、図21に示すような光フィードバック領域にあらためて光導波層を形成し、活性領域中の活性層と光結合した構成について説明する。

【0070】

作製方法を図22を用いて説明する。n型のGaAs基板B1上に、n-GaAsのバッファ層B2、n-クラッド層B3、活性層B4、p-クラッド層B5、p-GaAlAs層B6および電流ブロック層B7を順次MOVPE法により堆積する。活性層B4はGaAlAsとGaAsのMQW構造になっている(参照(a))。次にSiN_xB22を堆積し、ホトリソグラフィ技術とエッチング技術を用いて、活性領域B14上のみSiN₂を形成する(参照(b)(c))。化学的ウェットエッチングにより、光フィードバック領域B15上の電流ブロック層B7、p-GaAlAs層B6、p-クラッド層B5、活性層B4およびn-クラッド層B3の途中まで除去する(参照(c))。再び、n-クラッド層B3、光導波層B21、p-クラッド層B5、p-GaAlAs層B6および電流ブロック層B7を順次MOVPE法により堆積する。光導波層B21はGa_{0.85}Al_{0.15}Asの組成であり、クラッド層B3およびB5よりも屈折率が大きくなっている(参照(d))。活性領域上のSiN_xB22をエッチング除去し、今度はSiN_xB23を堆積し、ホトリソグラフィ技術とエッチング技術を用いて、約4μmのSiN_xのストライプを形成する(参照(f))。化学的ウェットエッチングにより、電流ブロック層B7を図(g)のように形成する(参照(g))。SiO₂B24を堆積し、ホトリソグラフィ技術とエッチング技術を用いて光フィードバック領域B15のみSiO₂B24を取り除く(参照(h)(i))。SiO₂とSiN_xのHF:NH₄Fに対するエッチングレートはそれぞれ200nm/min、20nm/minであることを利用している。次にHe-Cdレーザを用いた干渉露光法により、波長860nmに対する2次のグレーティング(DBR部B13)をp-GaAlAs層B6上に形成する(参照(j))。

【0071】

以上の工程が終わると、SiN_xをエッチングにより除去し、再びMOVPE法により、クラッド層B8およびコンタクト層B9を堆積する。最後に、p側電極B10とn側電極B11を形成する(参照(k))。

【0072】

本実施例のDBR自励発振半導体レーザは、電流ブロック層B7はレーザ発振光に対し透明であり、また屈折率が周りより小さく、実屈折率導波路を形成している。また非常に小さな屈折率差であるため、レーザ発振領域が電流注入幅よりも大きくなっている。それゆえ、電流ブロック層B7下の活性層B4に、大きな過飽和吸収が起こる。活性層B4に電流が注入されると、端面と光フィードバック領域B15の間の活性領域B14で自励発

10

20

30

40

50

振が起こった。得られた半導体レーザの特性は、図3に示すような125ps程度の半値幅を有し、ピークパワー600mW程度であった。発振縦モードスペクトルは図5に示すような、単一縦モードであった。

【0073】

本実施例のDBR自励発振半導体レーザは、作製上多くの工程を有するが、Ga_{0.85}Al_{0.15}As光導波層21はレーザ発振光に対し透明であるうえ、大きな屈折率変化を有するため損失の小さな閉じ込めのよい光導波層が形成でき、得られるパワーも向上できる。

【0074】

本実施例7、8、9、10、11及び12では、活性層としてGaAlAsを用いた800nm帯の半導体レーザについて説明したが、活性層にInGaAsPを用いた1μm帯の半導体レーザ、AlGaInPの赤色半導体レーザ、ZnSseの青緑色半導体レーザに応用しても、同様の効果が得られた。

【0075】

(実施例13)

実施例7から12に示すDBR自励発振半導体レーザは、活性領域と光フィードバック領域を有するため、縦モードスペクトルが単一で且つ、自励発振するため大きなピークパワーが得られる。波長変換素子は、ピークパワーの2乗に比例した変換効率が得られる。また、実施例4に示すような、LiTaO₃結晶を基板とした周期的分極反転構造を有する導波路型波長変換デバイスは、位相整合に対する波長許容度が0.1nm程度と小さい。このため、基本波として光フィードバック領域を有するDBR自励発振半導体レーザを用いると、容易に高出力の短波長光が得られる。図23に光フィードバック領域を有するDBR自励発振半導体レーザと、波長変換素子としてLiTaO₃を基板とした導波路型波長変換デバイスから構成される短波長光発生装置を示す。

【0076】

図23において、12はDBR自励発振半導体レーザ、13はコリメートレンズ、14は半波長板、15はフォーカシングレンズ、16はLiTaO₃を基板とした周期的分極反転構造を有する導波路型波長変換デバイスである。

【0077】

DBR自励発振半導体レーザ12より出射された波長860nmの光は、コリメートレンズ13とフォーカシングレンズ15により、導波路型波長変換デバイス16の光導波路17に結合する。半波長板14は、DBR自励発振半導体レーザと光導波路17の横モードマッチングを最大にするよう設置されている。光導波路17に結合された光は、周期的分極反転領域18により波長430nmの光に波長変換される。DBR自励発振半導体レーザ12は、光フィードバック領域により発振波長が固定されているため、戻り光などに対しても安定である。そのため、導波路型波長変換素子の位相整合波長860nmに安定に固定されているため、ブルー光出力も安定に得られた。DBR自励発振半導体レーザ12は自励発振し、ピークパワー600mWに対し、平均パワー20mWのブルー光が得られた。連続発振の半導体レーザと比較して、5倍程度の変換効率向上が図れた。

【0078】

本実施例では実施例4および5とは異なり、外部にグレーティングを持たず、光フィードバック領域が半導体レーザに集積化されているため、機械的振動に対しても長時間安定にブルー光が得られた。

【0079】

なお実施例では、導波路型波長変換デバイスとして、LiTaO₃基板上に作製されたものを用いたが、基板としてLiNbO₃やKTiOPO₄結晶を用いても同様の効果が得られた。また、導波路型波長変換デバイスの代わりに、バルク型波長変換デバイスを用いても同様の効果が得られた。

【0080】

本実施例4、5、及び6では、活性層としてGaAlAsを用いた800nm帯の半導体

レーザについて説明したが、活性層にInGaAsPを用いた1 μ m帯の半導体レーザ、AlGaInPの赤色半導体レーザ、ZnSSeの青緑色半導体レーザに応用しても、同様の効果が得られた。この場合、波長変換素子である分極反転構造を有する導波路型波長変換デバイスの分極反転周期を変更する必要がある。それぞれの半導体レーザ光の波長と位相整合波長が一致するように、分極反転領域の周期を設計することにより、800nm帯と同様に、変換効率の向上が図れた。

【0081】

【発明の効果】

本発明は、外部共振器鏡やDBRを光フィードバックさせ、自励発振半導体レーザの縦モード単一化を実現できるため、容易に単一縦モードのパルス発振光が得られる。パルス駆動用高周波モジュールを必要とせずにパルス発振光が得られ、低コスト化、低電力化も実現できる。

10

【0082】

また、光フィードバック用DBR部を自励発振半導体レーザに集積化したり、半導体レーザに可飽和吸収領域と光フィードバック用DBR部を集積化することで、小型で機械的振動にも安定な単一縦モードのパルス発振光が容易に得られる。

【0083】

光フィードバックを有する自励発振半導体レーザやDBR自励発振半導体レーザは、波長許容度が狭く、変換効率向上のためピークパワーを必要とする、波長変換の基本波光源として用いると、高出力且つ低ノイズの短波長光現を実現でき、その実用的効果は大きい。特にLiTaO₃やLiNbO₃やKTiOPO₄を基板とした周期的分極反転領域を有する導波路型波長変換デバイスに、DBR自励発振半導体レーザから得られる光を結合すると、20mW程度のブルー出力を容易に得ることができ、録再用光ディスクにも応用できるため、利用範囲は非常に広い。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の外部共振器鏡を有する自励発振半導体レーザの概略構成図

【図2】自励発振半導体レーザの構造図

【図3】本発明の自励発振半導体レーザの時間スペクトル図

【図4】従来の自励発振半導体レーザの縦モードスペクトル図

【図5】本発明の自励発振半導体レーザの縦モードスペクトル図

30

【図6】本発明の外部共振器鏡を有する自励発振半導体レーザーの概略構成図

【図7】本発明の外部共振器鏡を有する自励発振半導体レーザーの概略構成図

【図8】本発明の外部共振器鏡基板上的回折格子の設計原理図

【図9】本発明の外部共振器鏡を有する自励発振半導体レーザーと導波路型波長変換デバイスを備えた短波長光発生装置概略構成図

【図10】本発明の外部共振器鏡を有する自励発振半導体レーザーと導波路型波長変換デバイスを備えた短波長光発生装置の概略構成図

【図11】本発明の自励発振半導体レーザーと分布ブラッグ反射器を有する導波路型波長変換デバイスを備えた短波長光発生装置概略構成図

【図12】本発明の光フィードバック領域を有するDBR自励発振半導体レーザーの構造図

40

【図13】本発明の光フィードバック領域を有するDBR自励発振半導体レーザーの作製方法を説明する図

【図14】本発明の光フィードバック領域を有するDBR自励発振半導体レーザーの構造図

【図15】本発明の光フィードバック領域を有するDBR自励発振半導体レーザーの作製方法を説明する図

【図16】本発明の光フィードバック領域を有するDBR自励発振半導体レーザーの構造図

【図17】本発明のデチューニングにより光フィードバック領域内の光導波層の損失を低

50

減する方法を説明する図

【図18】本発明の光フィードバック領域を有するDBR自励発振半導体レーザーの構造図

【図19】本発明の光フィードバック領域を有するDBR自励発振半導体レーザーの作製方法を説明する図

【図20】本発明の光フィードバック領域を有するDBR自励発振半導体レーザーの構造図

【図21】本発明の光フィードバック領域を有するDBR自励発振半導体レーザーの構造図

【図22】本発明の光フィードバック領域を有するDBR自励発振半導体レーザーの作製方法を説明する図 10

【図23】本発明のDBR自励発振半導体レーザーと導波路型波長変換デバイスを備えた短波長光発生装置の概略構成図

【図24】周期的分極反転領域を有する導波路型波長変換デバイスの構造図

【図25】外部共振器鏡を有する半導体レーザーの概略構成図

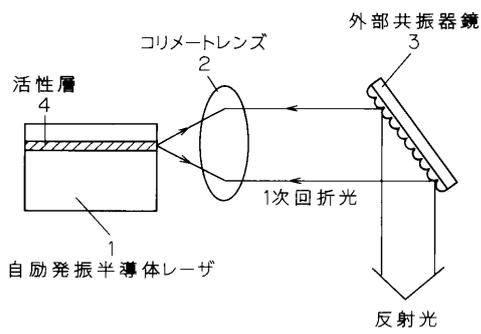
【符号の説明】

- | | | |
|----|---|----|
| 1 | 自励発振半導体レーザー | |
| 2 | コリメートレンズ | |
| 3 | 外部共振器鏡 | |
| 4 | 活性層 | 20 |
| 5 | 外部共振器鏡 | |
| 6 | フォーカシングレンズ | |
| 7 | LiTaO ₃ 基板 | |
| 8 | 分極反転領域 | |
| 9 | 光導波路 | |
| 10 | 波長選択ミラー | |
| 11 | 分布ブラッグ反射器 | |
| 12 | DBR自励発振半導体レーザー | |
| 13 | コリメートレンズ | |
| 14 | 半波長板 | 30 |
| 15 | フォーカシングレンズ | |
| 16 | 導波路型波長変換デバイス | |
| 17 | 光導波路 | |
| 18 | 分極反転領域 | |
| 19 | LiTaO ₃ 基板 | |
| 20 | 分極反転領域 | |
| 21 | 光導波路 | |
| 22 | 半導体レーザー | |
| 23 | コリメートレンズ | |
| 24 | 外部共振器鏡 | 40 |
| 25 | 活性層 | |
| A1 | n-GaAs基板 | |
| A2 | n-GaAsバッファ層 | |
| A3 | n-Ga _{0.6} Al _{0.4} Asクラッド層 | |
| A4 | MQW活性層 | |
| A5 | p-Ga _{0.6} Al _{0.4} Asクラッド層 | |
| A6 | n-Ga _{0.55} Al _{0.45} As電流ブロック層 | |
| A7 | p-Ga _{0.6} Al _{0.4} Asクラッド層 | |
| A8 | p-GaAsコンタクト層 | |
| A9 | n側電極 | 50 |

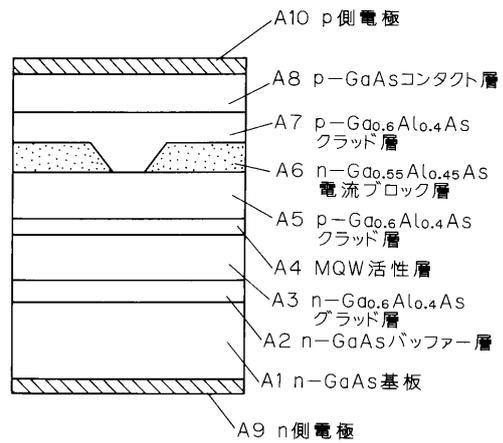
A 1 0	p側電極	
B 1	n - GaAs 基板	
B 2	n - GaAs バッファ層	
B 3	n - Ga _{0.6} Al _{0.4} As クラッド層	
B 4	MQW 活性層	
B 5	p - Ga _{0.6} Al _{0.4} As クラッド層	
B 6	p - Ga _{0.85} Al _{0.15} As 層	
B 7	n - Ga _{0.55} Al _{0.45} As 電流ブロック層	
B 8	p - Ga _{0.6} Al _{0.4} As クラッド層	
B 9	p - GaAs コンタクト層	10
B 1 0	p側電極	
B 1 1	n側電極	
B 1 2	光導波層	
B 1 3	DBR部	
B 1 4	活性領域	
B 1 5	光フィードバック領域	
B 1 6	SiN _x	
B 1 7	SiO ₂	
B 1 8	SiO ₂	
B 1 9	SiO ₂	20
B 2 0	光導波層	
B 2 1	Ga _{0.8} Al _{0.2} As 光導波層	
B 2 2	SiN _x	
B 2 3	SiN _x	
B 2 4	SiO ₂	
C 1	n - GaAs 基板	
C 2	n - GaAs バッファ層	
C 3	n - Ga _x Al _{1-x} As クラッド層	
C 4	MQW 活性層	
C 5	p - Ga _x Al _{1-x} As クラッド層	30
C 6	n - GaAs 電流ブロック層	
C 7	p - Ga _y Al _{1-y} As クラッド層	
C 8	p - GaAs コンタクト層	
C 9	p側電極	
C 1 0	n側電極	
C 1 1	光導波層	
C 1 2	DBR部	
C 1 3	可飽和吸収領域	
C 1 4	活性領域	
C 1 5	光フィードバック領域	40
C 1 6	SiN _x	
C 1 7	SiO ₂	
C 1	n - GaAs 基板	
C 2	n - GaAs バッファ層	
C 3	n - Ga _x Al _{1-x} As クラッド層	
C 4	MQW 活性層	
C 5	p - Ga _x Al _{1-x} As クラッド層	
C 6	n - GaAs 電流ブロック層	
C 7	p - Ga _y Al _{1-y} As クラッド層	
C 8	p - GaAs コンタクト層	50

- C 9 p側電極
- C 10 n側電極
- C 11 光導波層
- C 12 DBR部
- C 13 可飽和吸収領域
- C 14 活性領域
- C 15 光フィードバック領域
- C 16 SiN_x
- C 17 SiO_2

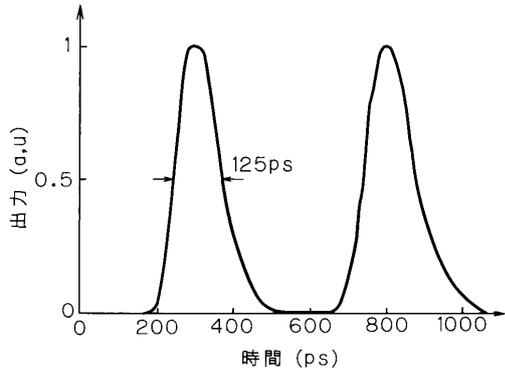
【図1】



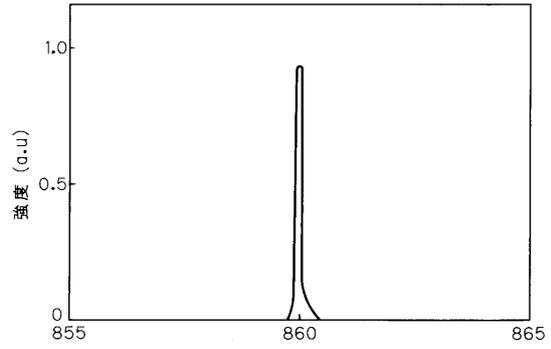
【図2】



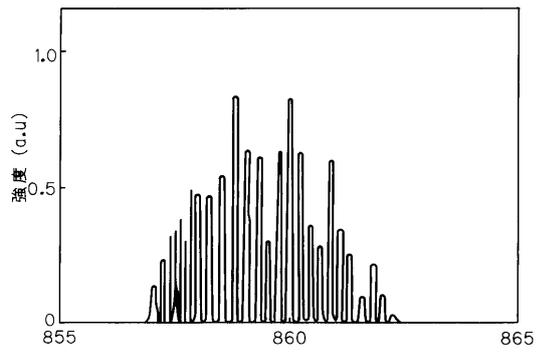
【 図 3 】



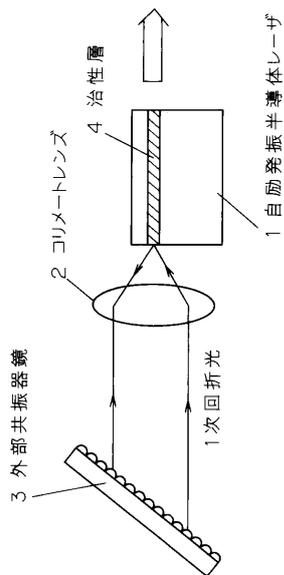
【 図 5 】



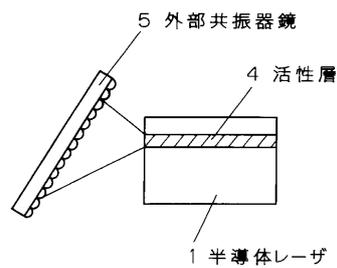
【 図 4 】



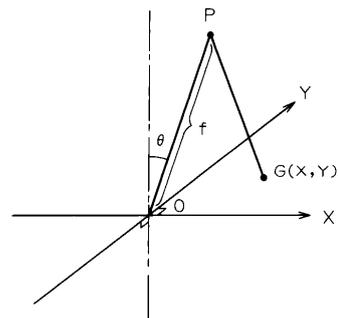
【 図 6 】



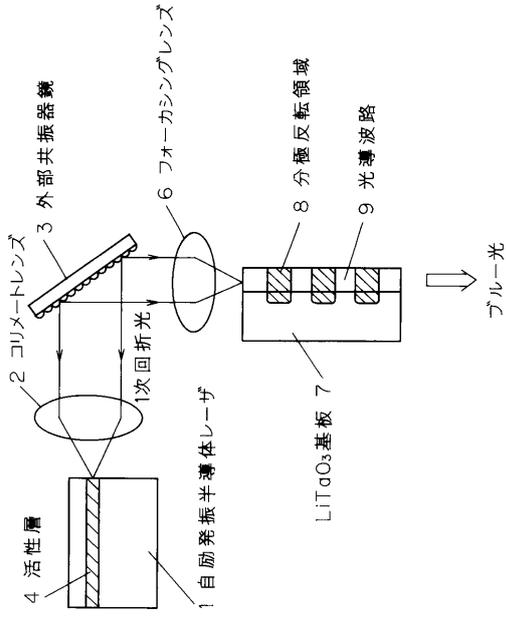
【 図 7 】



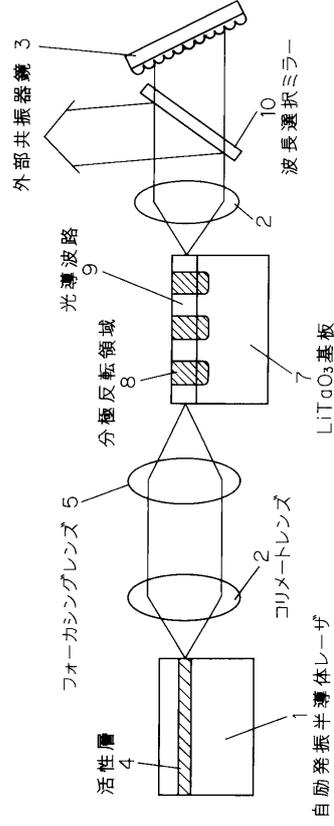
【 図 8 】



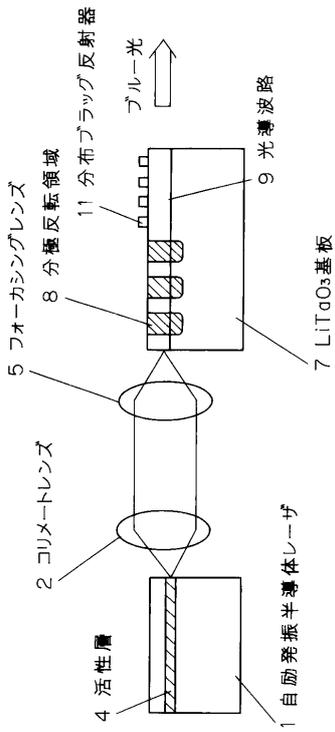
【 図 9 】



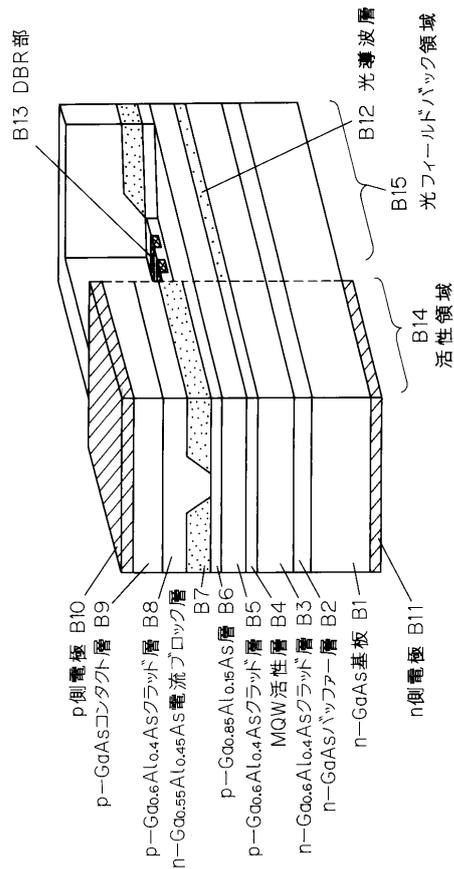
【 図 10 】



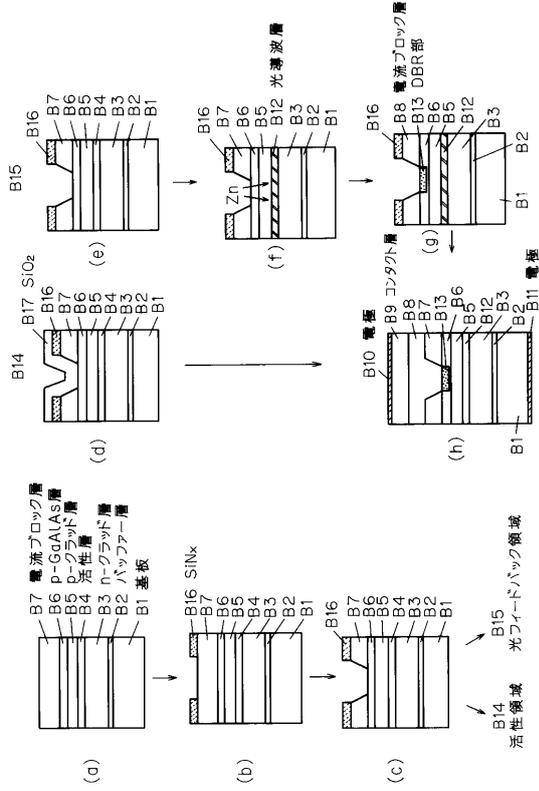
【 図 11 】



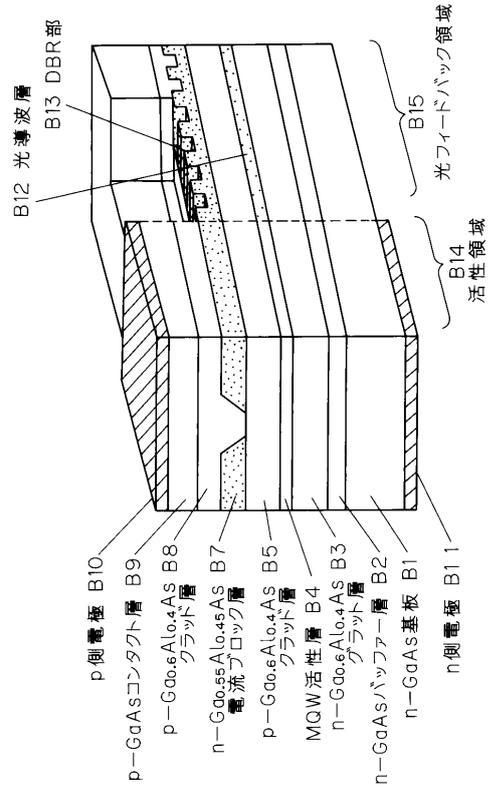
【 図 12 】



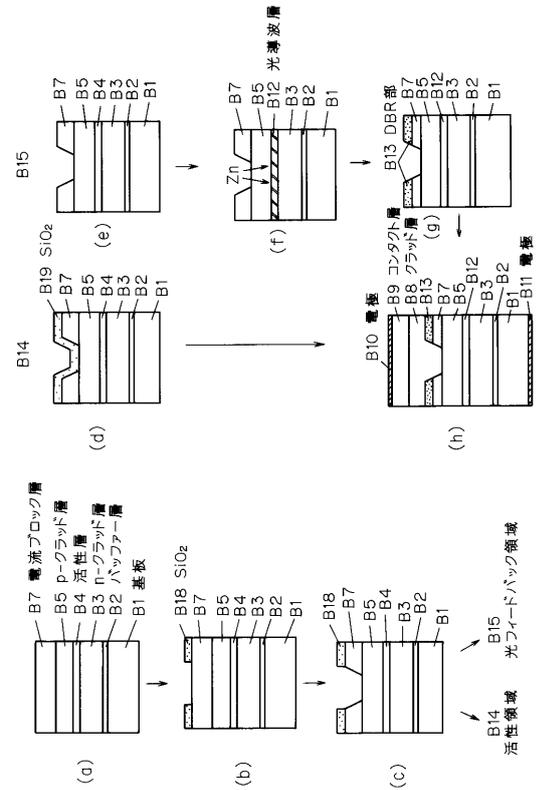
【 図 1 3 】



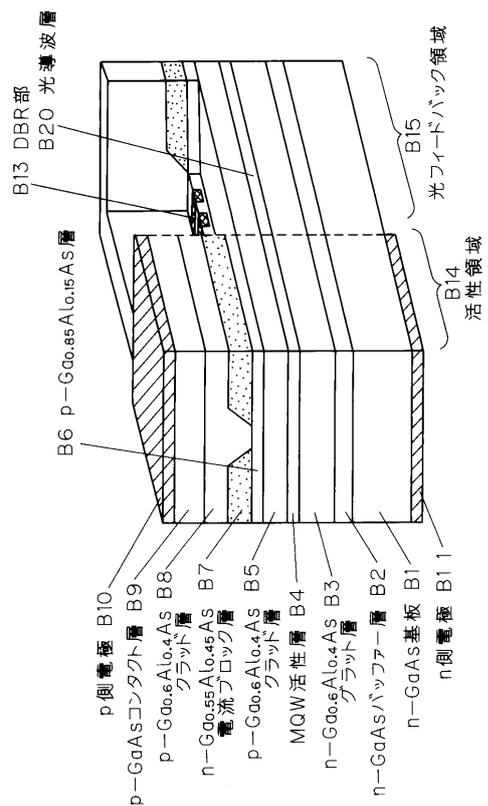
【 図 1 4 】



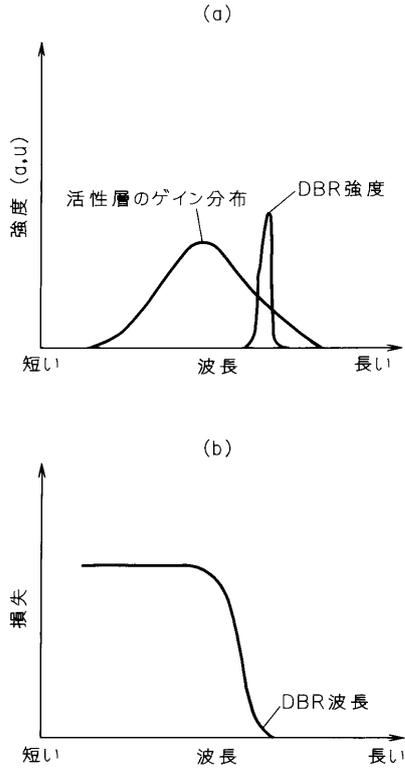
【 図 1 5 】



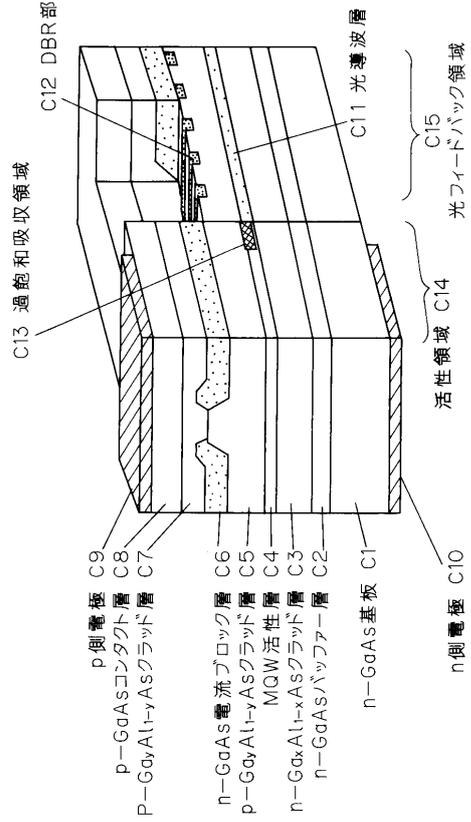
【 図 1 6 】



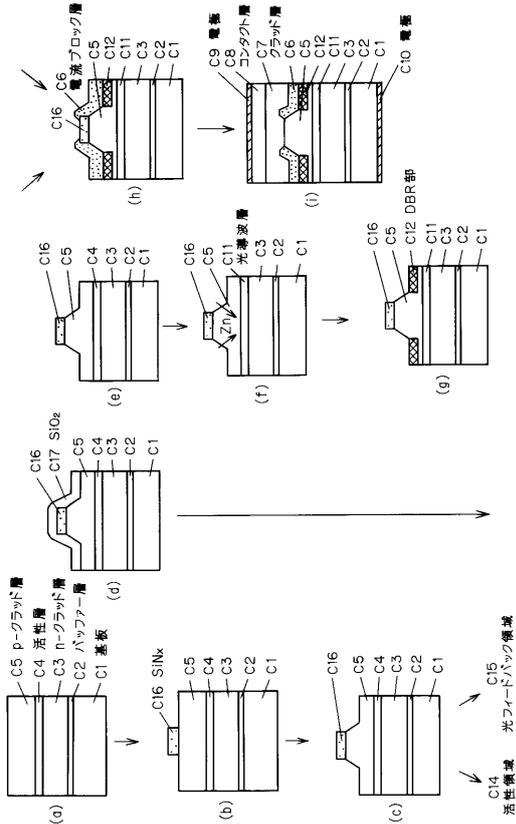
【 図 17 】



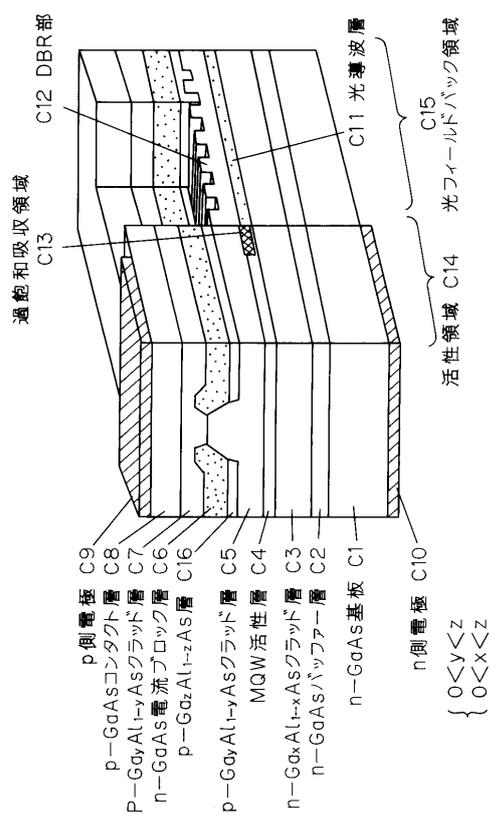
【 図 18 】



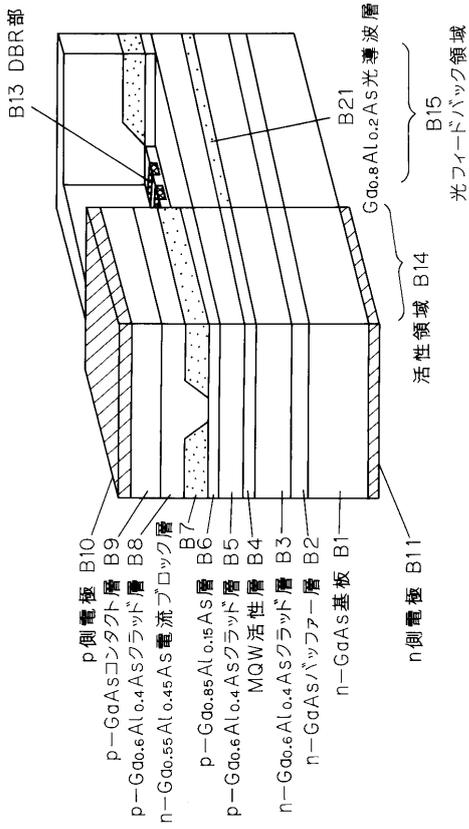
【 図 19 】



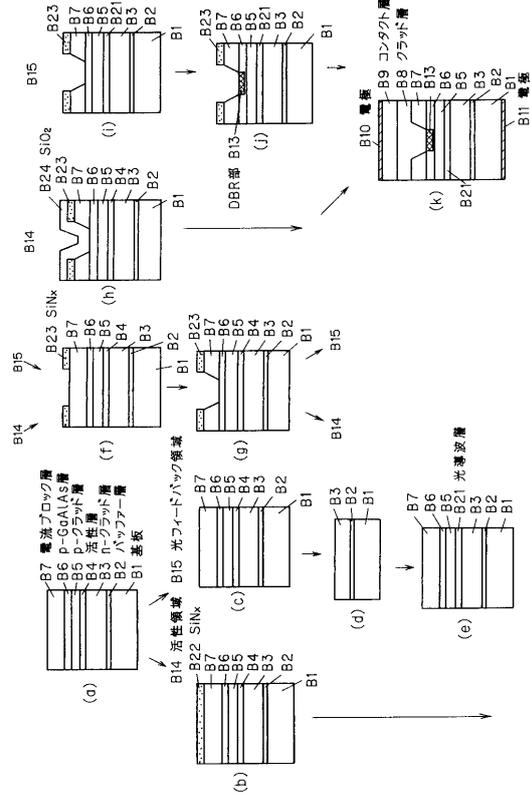
【 図 20 】



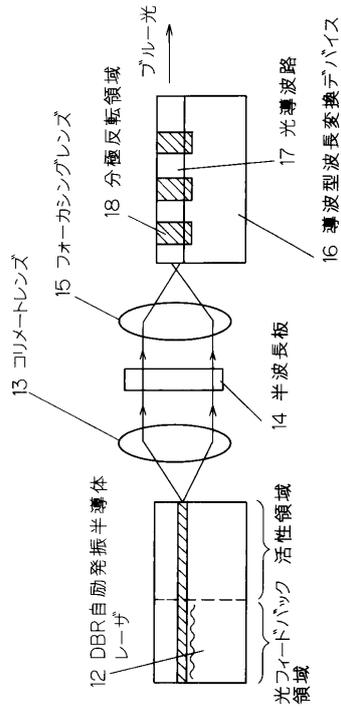
【 図 2 1 】



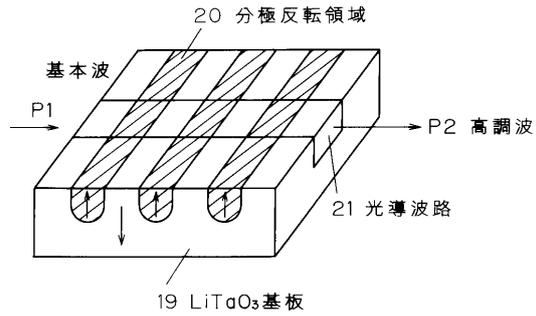
【 図 2 2 】



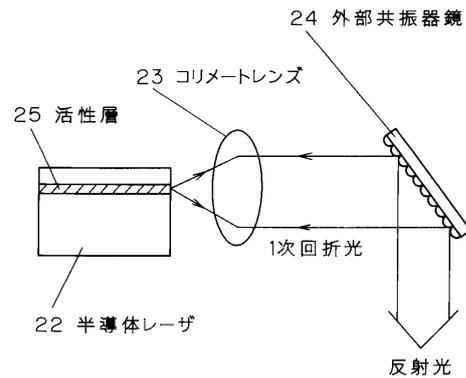
【 図 2 3 】



【 図 2 4 】



【 図 2 5 】



フロントページの続き

- (72)発明者 木戸口 勲
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
- (72)発明者 鬼頭 雅弘
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

審査官 土屋 知久

- (56)参考文献 特開平3-138992(JP,A)
特開平6-69582(JP,A)
特開昭63-263785(JP,A)
特開平6-152049(JP,A)
特開平6-175169(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
H01S 5/00-5/50