

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

第2814943号

(45)発行日 平成10年(1998)10月27日

(24)登録日 平成10年(1998)8月14日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

請求項の数4(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平7-23339

(22)出願日 平成7年(1995)1月19日

(65)公開番号 特開平8-204282

(43)公開日 平成8年(1996)8月9日

審査請求日 平成7年(1995)1月19日

(73)特許権者 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 上野 芳康

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 沢野 博之

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 富田 章久

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74)代理人 弁理士 尾身 祐助

審査官 門田 かづよ

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体レーザ

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1導電型の半導体基板上に第1導電型の第1のクラッド層、第1導電型の可飽和吸収層、第1導電型の第2のクラッド層、活性層、第2導電型の第1のクラッド層、第2導電型の可飽和吸収層、第2導電型の第2のクラッド層、第2導電型のコンタクト層がこの順に形成されてなり、前記第1導電型の第2のクラッド層および前記第2導電型の第1のクラッド層の膜厚がそれぞれ100nm以下であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】 前記第2導電型の第2のクラッド層が、ストライプ状または断面形状が“凸”字状であることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項3】 第1導電型の半導体基板上に第1導電型のクラッド層、活性層、第2導電型の第1のクラッド

2

層、第2導電型の可飽和吸収層、断面形状が“凸”字状である第2導電型の第2のクラッド層、第2導電型のコンタクト層がこの順に形成され、前記第2導電型の第2のクラッド層の凸起部が第1導電型の電流ブロック層に挟まれており、前記第2導電型の第1のクラッド層の膜厚が100nm以下であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項4】 前記第1導電型の半導体基板がGaAsまたはGaAsPにより構成され、前記活性層がAlGaInPまたはAlGaInPAsにより構成されていることを特徴とする請求項1または3記載の半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体レーザに関し、

10

特に、情報処理機器の光源などに用いられる半導体レーザーに関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、赤色AlGaInP半導体レーザーの実用化が進み、高密度光ディスク装置などの光源として期待されている。半導体レーザーの出射光を光ディスク上に集光して情報を再生する際、反射光の一部が半導体レーザーの共振器内部に戻るためにレーザー光にいわゆる戻り光雑音が発生し、再生信号のC/N比(キャリア/ノイズ比)が悪化してしまうことが知られている。このC/N比の悪化を抑制するための手法として、従来より、高周波重畳法と自励振動(パルセーション)法が用いられてきた。

【0003】前者は、半導体レーザーの駆動電流に高周波電流を重畳する方法であって、高周波重畳を行うことにより、レーザー光のコヒーレンスを低減させ、戻り光によるレーザー雑音を抑制するものである。しかし、この方法では、高周波重畳を行うために、+10dBm程度と比較的高出力で200~700MHzと比較的高周波な駆動電流を発生させなければならず、これに必要な高周波電流発生回路のコストや容積が光ディスク装置の低コスト化やコンパクト化に対する大きな阻害要因となる。さらに、高周波電流発生回路が装置外部へ高周波電磁波を放射するため、電磁障害を起こすという問題も生じる。

【0004】一方、パルセーションレーザーは、内部に可飽和吸収領域を持ち、この可飽和吸収領域のキャリアと活性層のキャリアと発振光が協同して自励振動(パルセーション)を引き起こすものである。自励振動状態の発振光のコヒーレンスは低いので、戻り光によるレーザー雑音が発生しにくくなる。この方式では、上述の高周波電流発生回路を使って高周波重畳を行なう必要がなく、外部へ放射される高周波電磁波も極めて少ない。以下、パルセーションレーザーの従来技術について説明する。

【0005】パルセーションレーザーを実現するため、いくつかの可飽和吸収構造が報告されている。足立らは、活性層のうち電流注入領域に隣接する領域が可飽和吸収領域として働く構造を報告した(第55回応用物理学学会学術講演会講演予稿集No.3、p.939、20p-s-15、1994年9月)〔報告された構造は、図1(d)のものから可飽和活性層5を除去したものに相当する〕。このレーザー構造では、クラッド層残り厚をエッチング工程で厳密に制御する必要がある。また、横方向の等価屈折率差( $n$ )を小さくする必要がある。足立らの報告では、 $n$ の値はおよそ $3 \times 10^{-3}$ と小さい。

【0006】一方、後藤らと松本らは、クラッド層内部に可飽和吸収層を設けた半導体レーザーのパルセーション動作を報告した(第41回応用物理学関係連合講演会講演予稿集No.3、p.990、28p-K-9、1994年3月、および、第55回応用物理学学会学術講演会講演予稿集No.3、p.933、20a-S-6、1994年9月)。この構造は、図1(d)に示す

ように、半導体基板11上に、クラッド層8、活性層7、クラッド層6、可飽和吸収層5、リッジ状のクラッド層4とそれを囲む電流ブロック層3、コンタクト層2を積層し、コンタクト層2上に第1電極1を、また半導体基板11下に第2電極12を設けたものである。

【0007】このレーザー構造では、クラッド層4をリッジ状に加工する際に、可飽和吸収層5がエッチングストップの役目を果たしているため、エッチング工程での厳格な管理は必要ではなくなり、主要な構造パラメータとなる可飽和吸収層の組成と層厚を、制御性に優れた結晶成長装置で制御することができる。また、横方向等価屈折率差を小さくする必要がない。従って、前述の足立らのレーザー構造に比べて高い製造歩留り、高い基本横モード制御性、良好なレーザー光ビーム品質を得ることができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、後藤らのレーザー構造では、可飽和吸収層が活性層の片方の側だけにしか設けられておらず、かつ、その活性層からの距離が大きく(少なくとも $250 \mu\text{m}$ )設定されている。ここで、活性層から可飽和吸収層までの距離を大きくしななければならないのは、電流ブロック層3が、pnpn構造によって電流をブロックできるようにするためには、クラッド層6の膜厚を一定以上に厚くしなければならないからである。従来例では、活性層から可飽和吸収層までの距離が大きいため、可飽和吸収層の導入に伴って活性層の閉じ込め係数が大きく低下する、集光ビーム形状が歪む、という問題が起こり、なお改善すべき課題が残されていた。

【0009】本発明はこの点に鑑みてなされたものであって、その目的は、活性層の光閉じ込め係数が可飽和吸収層からの影響を受けにくくして、設計をしやすくし、また、集光ビームの形状を良好なものとして、光ディスク上からの読み取りをよりノイズの少ないものとすることができるようにすることである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明によれば、第1導電型の半導体基板(11)上に第1導電型の第1のクラッド層(110)、第1導電型の可飽和吸収層(109)、第1導電型の第2のクラッド層(108)、活性層(107)、第2導電型の第1のクラッド層(106)、第2導電型の可飽和吸収層(105)、第2導電型の第2のクラッド層(104)、第2導電型のコンタクト層(102)がこの順に形成されてなり、前記第1導電型の第2のクラッド層および前記第2導電型の第1のクラッド層の膜厚がそれぞれ $100 \text{ nm}$ 以下であることを特徴とする半導体レーザー、が提供される。

【0011】また、本発明によれば、第1導電型の半導体基板(211)上に第1導電型のクラッド層(20

8)、活性層(207)、第2導電型の第1のクラッド層(206)、第2導電型の可飽和吸収層(205)、断面形状が“凸”字状である第2導電型の第2のクラッド層(204)、第2導電型のコンタクト層(202)がこの順に形成され、前記第2導電型の第2のクラッド層の凸起部が第1導電型の電流ブロック層(203)に囲まれており、前記第2導電型の第1のクラッド層の膜厚が100nm以下であることを特徴とする半導体レーザ、が提供される。

【0012】そして、好ましくは、前記第1導電型の半導体基板(111、211)がGaAsまたはGaAsPにより構成され、前記活性層(107、207)がAlGaInPまたはAlGaInPAsにより構成される。

【0013】

【作用】図1(a)、(b)は、本発明の作用を説明するための半導体レーザの断面図であり、これと対比するために、本発明の参考例および従来例の構造が図1(c)、(d)に示されている。図1(a)に示される本願発明の半導体レーザの従来例と相違している点は、

① 基板側のクラッド層内にも、すなわちクラッド層10とクラッド層8との間にも可飽和吸収層9が形成されている、

② 活性層と可飽和吸収層との間に挟まれたクラッド層の膜厚が100nm以下である〔図1(a)、(b)では100nm、図1(c)の参考例では200nm、これに対して図1(d)の従来例では、250nm以上〕、そして、その結果として、

③ 可飽和吸収層の膜厚が薄くなされている、ことである〔但し、以下の図2、図3では、図1(d)の従来例については、可飽和吸収層と活性層の距離 $L_{SA}$ を200nmとした場合でのデータが示されている〕。

【0014】まず、可飽和吸収層厚さの設計について述べる。可飽和吸収層がパルセーションを誘発するためには可飽和吸収層が一定以上の光を閉じ込める必要がある。図示された構造の半導体レーザにおいて、パルセーションを誘発するために必要な可飽和吸収層の光閉じ込め係数 $\alpha_{SA}$ は、 $\alpha_{SA} = 0.05$ である。図2に、可飽和吸収層の光閉じ込め係数( $\alpha_{SA}$ )と可飽和吸収層の厚さ( $d_{SA}$ )の関係を示す。従来の後藤らの報告のように可飽和吸収層と活性層の距離( $L_{SA}$ )が250nm以上と遠く、かつ、可飽和吸収層が片側のクラッド層にしかない場合には、厚い可飽和吸収層が必要となる。仮に、 $L_{SA}$ を200nmと近づけたとしても〔図1(d)〕、40nmとかなり厚い可飽和吸収層が必要である。

【0015】これに対し、可飽和吸収層が両側のクラッド層にある場合〔図1(c)〕、必要な可飽和吸収層の厚さは30nmに低減する。さらに、可飽和吸収層を活性層に近づけて $L_{SA} = 100nm$ とすると〔図1

mまで低減する。

【0016】後藤らのレーザ構造では、電流ブロックの機能を発揮するために可飽和吸収層の膜厚を250nm以上とする必要があったが、本発明の図1(a)の例〔あるいは第2の実施例〕によれば、この制限がなくなるため、 $L_{SA} = 200nm$ 、例えば $L_{SA} = 100nm$ とすることが可能になり、その結果からも、可飽和吸収層の厚さ( $d_{SA}$ )を薄くすることが実現されている。

【0017】図3は、 $L_{SA}$ をパラメータとした、可飽和吸収層の閉じ込め係数 $\alpha_{SA}$ と活性層の閉じ込め係数 $\alpha_{ACT}$ との関係を示すグラフである。同図に示されるように、 $L_{SA}$ が小さくなるほど活性層の閉じ込め係数 $\alpha_{ACT}$ が可飽和吸収層の閉じ込め係数 $\alpha_{SA}$ の影響を受けにくくなる。したがって、 $L_{SA}$ が小さくなるほど半導体レーザの設計が容易になる。

【0018】図4は、 $L_{SA}$ をパラメータとした、可飽和吸収層の閉じ込め係数 $\alpha_{SA}$ と活性層に直交する方向のスポットサイズ( $d_{ACT} / \alpha_{ACT}$ )との関係を示すグラフである(但し、 $d_{ACT}$ は活性層の厚さ)。同図から分かるように、活性層に直交する方向のスポットサイズも、 $L_{SA}$ が小さくなるほど可飽和吸収層を設けたことによる影響を受けにくくなる。

【0019】図5は、図1(a)、(b)に示した本発明の半導体レーザの近視野像と屈折率プロファイルであり、図6は、図1(c)に示した本発明の半導体レーザの近視野像と屈折率プロファイルである。また、図7は、図1(d)に示した従来の半導体レーザの近視野像と屈折率プロファイルである。本発明の半導体レーザの近視野像は、従来例のそれに比較して、歪みが少なくなっている。これは、可飽和吸収層を活性層の両側に対称に設けたためと、可飽和吸収層を活性層に近づけたためである。

【0020】

【実施例】次に、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

[第1の実施例] 図8は、本発明の第1の実施例を示す断面図である。この半導体レーザは次のように作製された。まず、n型GaAs基板111の上に、Siドープの $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$ からなるn型AlGaInPクラッド層110を1.0 $\mu m$ の膜厚に、Siドープの $(Al_{0.1}Ga_{0.9})_{0.5}In_{0.5}P$ からなるn型AlGaInP可飽和吸収層109を20nmの膜厚に、Siドープの $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$ からなるn型AlGaInPクラッド層108を100nmの膜厚に、ノンドープの $(Al_{0.1}Ga_{0.9})_{0.5}In_{0.5}P$ からなるAlGaInP活性層107を40nmの膜厚に、Znドープの $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$ からなるp型AlGaInPクラッド層106を100nmの膜厚に、Znドープの $(Al_{0.1}Ga_{0.9})_{0.5}In_{0.5}P$ からなるp型AlGa

InP可飽和吸収層105を20nmの膜厚に、Znドープの $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$ からなるp型AlGaInPクラッド層104を1.0 $\mu$ mの膜厚に、それぞれ有機金属気相成長法(Metalorganic Vapor Phase Epitaxy: MOVPE法)により順次成長させた。結晶成長条件は、成長温度:700~850、V/IIIガス流量比:30~1500、とした。

【0021】結晶成長の後、CVD法によりシリコン酸化膜を堆積しこれをストライプ状に加工する。そして、このシリコン酸化膜をマスクとしてクラッド層104の一部を選択的にエッチング除去し、底部の幅が5 $\mu$ m程度のストライプ状のリッジを形成する。上記のシリコン酸化膜を再びマスクとして用いて、n型GaAs電流ブロック層103を選択的に成長させた。選択成長後、マスクとしてもちいたシリコン酸化膜を除去し、電流ブロック層103とクラッド層104の表面にp型GaAsコンタクト層102を成長させた。

【0022】さらに、p型GaAsコンタクト層102にオーミック接触するp側電極101と、n型GaAs基板111にオーミック接触するn側電極112を形成し、レーザ端面を形成する。最後に、レーザ端面に誘電体膜によるコーティングを施して、本実施例の半導体レーザの製作を完了する。

【0023】[第2の実施例]図9は、本発明の第2の実施例を示す断面図である。この半導体レーザは次のように作製された。まず、n型GaAs基板211の上に、Siドープの $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$ からなるn型AlGaInPクラッド層208を1.0 $\mu$ mの膜厚に、ノンドープの $(Al_{0.1}Ga_{0.9})_{0.5}In_{0.5}P$ からなるAlGaInP活性層207を40nmの膜厚に、Znドープの $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$ からなるp型AlGaInPクラッド層206を100nmの膜厚に、Znドープの $(Al_{0.1}Ga_{0.9})_{0.5}In_{0.5}P$ からなるp型AlGaInP可飽和吸収層205を20nmの膜厚に、Znドープの $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$ からなるp型AlGaInPクラッド層204を1.0 $\mu$ mの膜厚に、それぞれ有機金属気相成長法により順次成長させた。結晶成長条件は、第1の実施例の場合と同様である。

【0024】結晶成長の後、CVD法によりシリコン酸化膜を堆積しこれをストライプ状に加工する。そして、このシリコン酸化膜をマスクとしてクラッド層204の一部を選択的にエッチング除去し、底部の幅が5 $\mu$ m程度のストライプ状のリッジを形成する。上記のシリコン酸化膜を再びマスクとして用いて、n型GaAs電流ブロック層203を選択的に成長させた。選択成長後、マスクとしてもちいたシリコン酸化膜を除去し、電流ブロック層203とクラッド層204の表面にp型GaAsコンタクト層202を成長させた。

【0025】さらに、p型GaAsコンタクト層202

にオーミック接触するp側電極201と、n型GaAs基板211にオーミック接触するn側電極212を形成し、レーザ端面を形成する。最後に、レーザ端面に誘電体膜によるコーティング(図示なし)を施して、本実施例の半導体レーザの製作を完了する。

【0026】[実施例の変更]以上本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれら実施例に限定されるものではなく特許請求の範囲に記載された範囲内において各種の変更が可能である。例えば、実施例ではn型半導体基板を用いる場合について説明したが、p型半導体基板を用いても同様の効果を得ることが可能である。この場合、上述の実施例の中での導電型をすべて逆にすればよい。また、基板としてはGaAsの代わりにGaAsP基板を用いてもよい。

【0027】さらに、結晶成長させる半導体層としてはAlGaInPの代わりにAlGaInPasを用いてもよい。また、実施例では、n型ドーパントとしてSiを、p型ドーパントとしてZnを用いる例について説明したが、これらのドーパントに代え、n型ドーパントとしてSeなどの、p型ドーパントとしてMg、Beなどの他のドーパントを用いてもよい。

【0028】また、結晶成長法はMOVPE法に限らず分子線成長法(MBE法)、有機金属分子線成長法(MOMBE法)、ガスソース分子線成長法(GSMBE法)などを用いることも可能である。

【0029】活性層に引っ張り歪みや圧縮歪の歪QWを採用してもよく、その場合、発振閾値等のレーザ特性の改善が期待できる。あるいは、可飽和吸収層に歪QWを採用してもよい。適切な格子歪を導入することにより可飽和吸収層の微分利得を増大させることができる。可飽和吸収層微分利得が大きいとパルス発生に必要な可飽和吸収層光吸収量が低減するので、上記の変更はレーザ特性を改善する上で望ましい。

【0030】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の半導体レーザは、活性層と可飽和吸収層との距離を100nm以下と短くし、さらに、活性層の両側に可飽和吸収層を設けるようにしたものである。活性層の閉じ込め係数やスポットサイズが可飽和吸収層の設計の影響を受けにくくなり、レーザの特性分析や最適化設計が容易になる。また、レーザビーム形状の歪みを少なくすることができるので、光ディスク上に良質な形状の集光スポットを形成することが可能になる。

【0031】さらに、必要な可飽和吸収層の厚さを薄くすることができるため、歪QW活性層と同様な大きな格子歪を導入することができる。これにより、可飽和吸収層のバンドギャップエネルギー、吸収スペクトル形状、微分利得、等を自由に制御することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の作用を説明するための半導体レーザの

断面図〔(a)、(b)は本発明の半導体レーザの構造を示し、(c)、(d)は本発明の参考例と従来例の構造を示す〕。

【図2】活性層から可飽和吸収層までの距離をパラメータとした、可飽和吸収層の閉じ込め係数と可飽和吸収層の膜厚との関係を示すグラフ。

【図3】活性層から可飽和吸収層までの距離をパラメータとした、可飽和吸収層の閉じ込め係数と活性層の閉じ込め係数との関係を示すグラフ。

【図4】活性層から可飽和吸収層までの距離をパラメータとした、可飽和吸収層の閉じ込め係数とスポットサイズとの関係を示すグラフ。

【図5】図1(a)、(b)に示した半導体レーザの半導体層の屈折率プロファイルと光強度プロファイル。

【図6】図1(c)に示した半導体レーザの半導体層の屈折率プロファイルと光強度プロファイル。

【図7】図1(d)に示した半導体レーザの半導体層の屈折率プロファイルと光強度プロファイル。

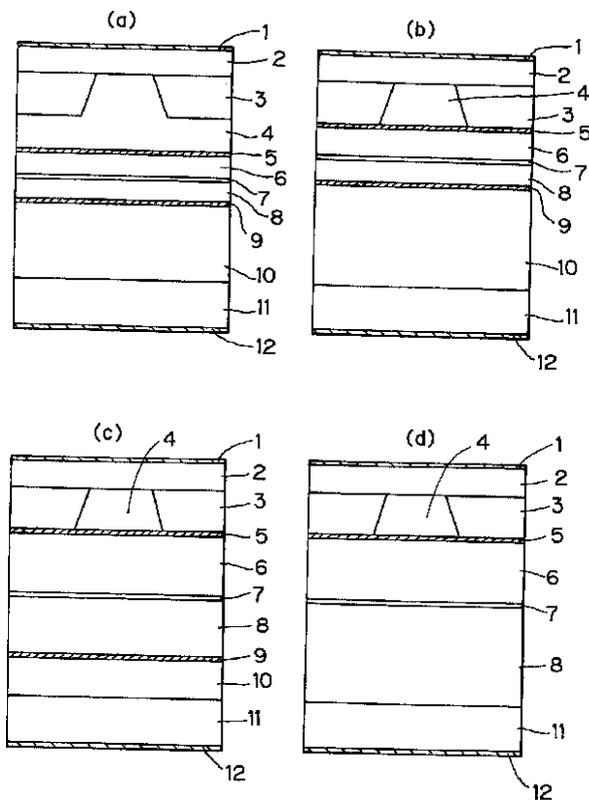
【図8】本発明の第1の実施例の半導体レーザの断面図。

【図9】本発明の第2の実施例の半導体レーザの断面図。

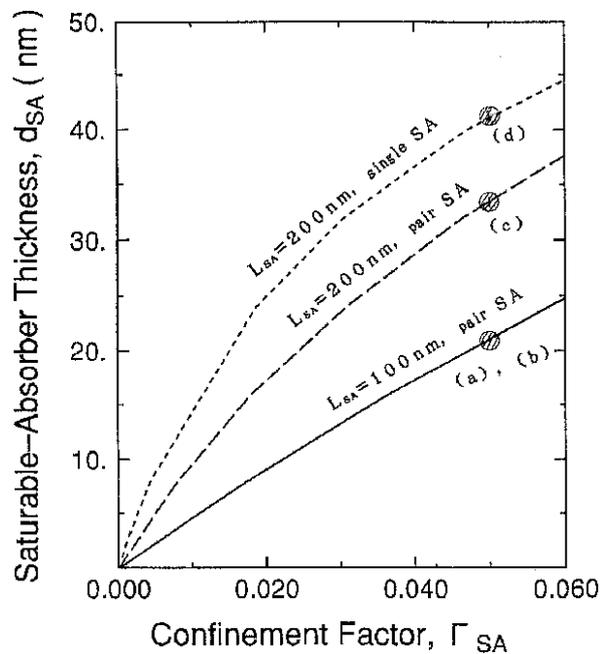
\*【符号の説明】

- 1 第1電極
- 2 コンタクト層
- 3 電流ブロック層
- 4、6、8、10 クラッド層
- 5、9 可飽和吸収層
- 7 活性層
- 11 半導体基板
- 12 第2電極
- 101、201 p側電極
- 102、202 p型GaAsコンタクト層
- 103、203 n型GaAs電流ブロック層
- 104、204、106、206 p型AlGaInPクラッド層
- 105、205 p型AlGaInP可飽和吸収層
- 107、207 AlGaInP活性層
- 108、208、110 n型AlGaInPクラッド層
- 109 n型AlGaInP可飽和吸収層
- 20111、211 n型GaAs基板
- 112、212 n側電極

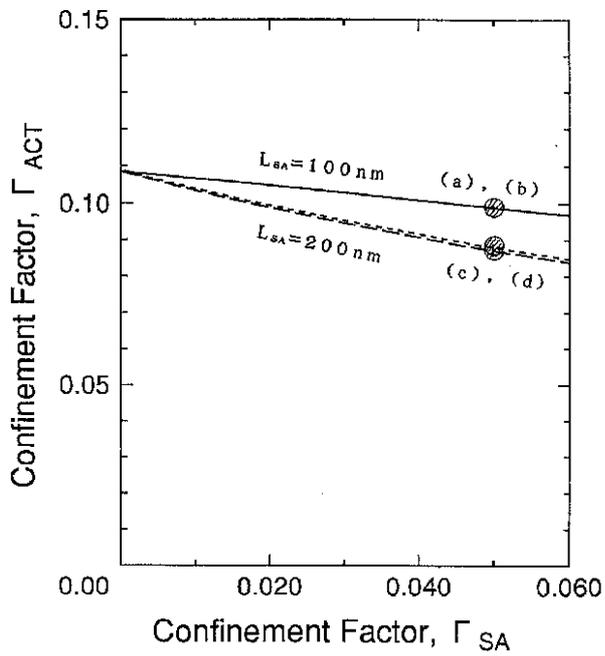
【図1】



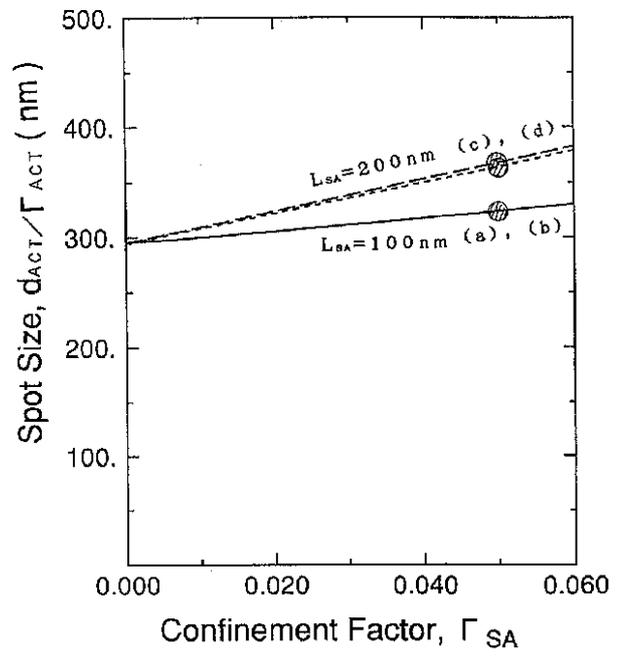
【図2】



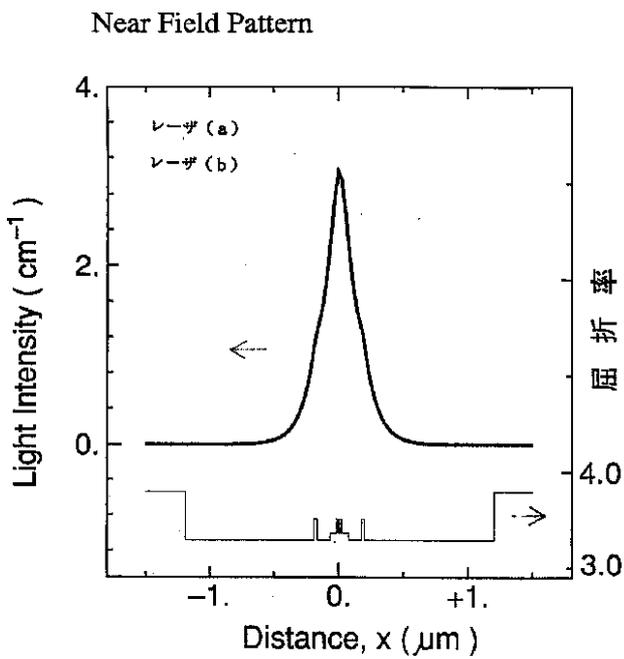
【図 3】



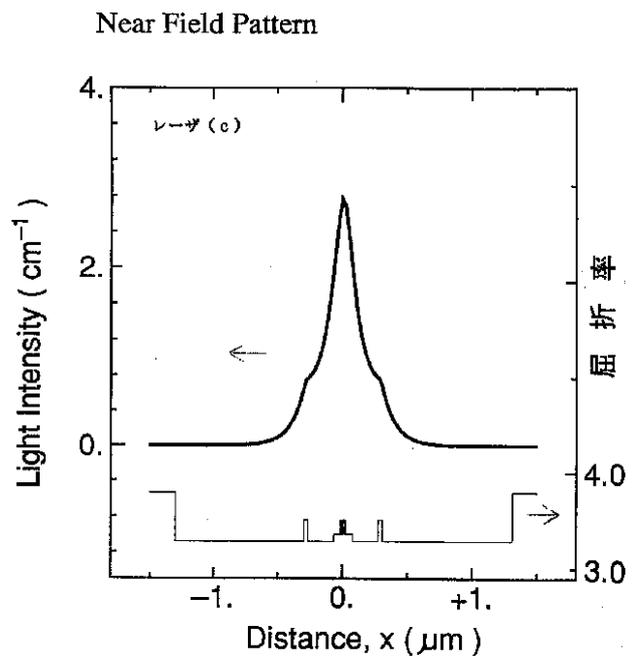
【図 4】



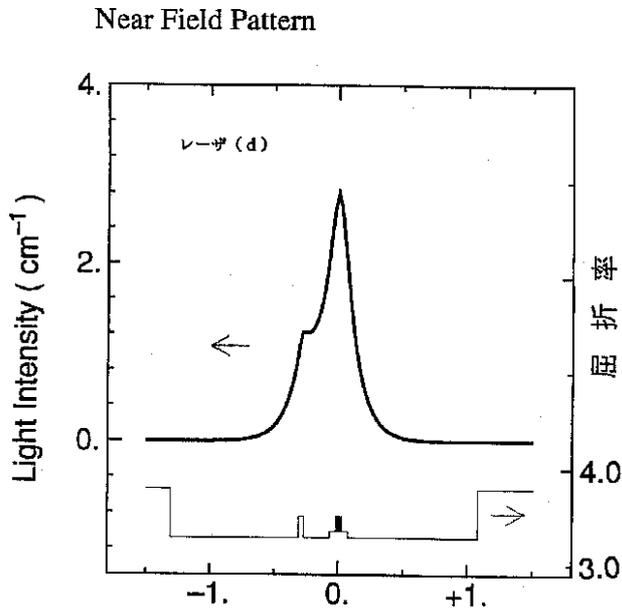
【図 5】



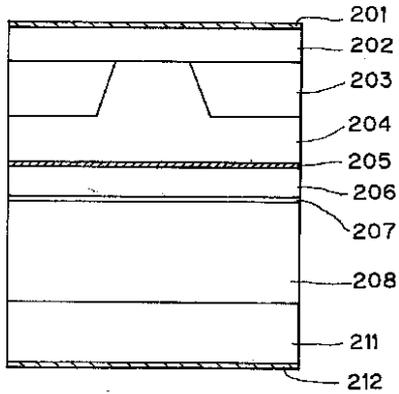
【図 6】



【図 7】

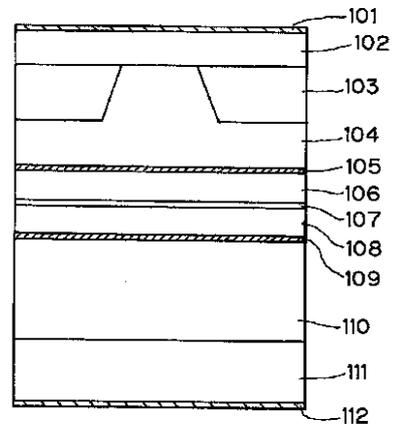


【図 9】



- 201 ... p側電極
- 202 ... p型GaAsコンタクト層
- 203 ... n型GaAs電流ブロック層
- 204 ... p型AlGaInPクラッド層
- 205 ... p型AlGaInP可飽和吸収層
- 206 ... p型AlGaInPクラッド層
- 207 ... AlGaInP活性層
- 208 ... n型AlGaInPクラッド層
- 211 ... n型GaAs基板
- 212 ... n側電極

【図 8】



- 101 ... p側電極
- 102 ... p型GaAsコンタクト層
- 103 ... n型GaAs電流ブロック層
- 104 ... p型AlGaInPクラッド層
- 105 ... p型AlGaInP可飽和吸収層
- 106 ... p型AlGaInPクラッド層
- 107 ... AlGaInP活性層
- 108 ... n型AlGaInPクラッド層
- 109 ... n型AlGaInP可飽和吸収層
- 110 ... n型AlGaInPクラッド層
- 111 ... n型GaAs基板
- 112 ... n側電極

フロントページの続き

(56)参考文献 特開 平 7 - 263794 ( J P , A )  
特開 平 7 - 321395 ( J P , A )  
特開 平 7 - 22695 ( J P , A )  
特開 平 8 - 18160 ( J P , A )  
特開 平 6 - 260716 ( J P , A )  
特開 平 6 - 196810 ( J P , A )  
特開 平 7 - 193316 ( J P , A )  
Appl . Phys . Lett . 65  
[ 10 ] ( 1994 ) p . 1211 - 1212

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>6</sup>, D B 名)  
H01S 3/18