

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-92898

(P2010-92898A)

(43) 公開日 平成22年4月22日(2010.4.22)

(51) Int.Cl.

H01S 5/343 (2006.01)

F1

H01S 5/343 610

テーマコード(参考)

5F173

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2008-258294 (P2008-258294)
 (22) 出願日 平成20年10月3日 (2008.10.3)

(71) 出願人 000004237
 日本電気株式会社
 東京都港区芝五丁目7番1号
 (74) 代理人 100110928
 弁理士 速水 進治
 (72) 発明者 大矢 昌輝
 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 難波江 宏一
 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 松館 みつき
 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

最終頁に続く

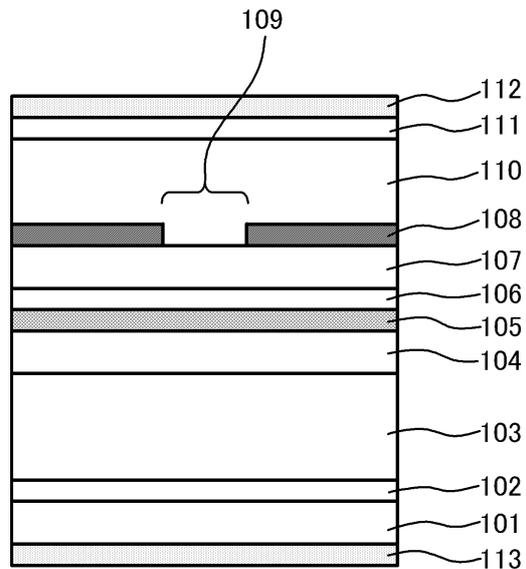
(54) 【発明の名称】 半導体発光素子

(57) 【要約】

【課題】緩和振動を抑制し得る構造を有する半導体発光素子を提供する。

【解決手段】半導体発光素子は、n型半導体層102、103と、p型半導体層110、111と、これらn型半導体層102、103とp型半導体層110、111との間に介在する活性層105を含む積層構造を有する。活性層105は、積層方向に垂直な方向のキャリア拡散長が積層方向のキャリア拡散長よりも大きい機能層を含む。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

n 型半導体層と、
p 型半導体層と、
前記 n 型半導体層と前記 p 型半導体層との間に介在する活性層と、
を含む積層構造を有し、
前記活性層は、積層方向に垂直な方向のキャリア拡散長が前記積層方向のキャリア拡散長よりも大きい機能層を含む、半導体発光素子。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の半導体発光素子であって、前記機能層では、前記垂直な方向のキャリア移動度が前記積層方向のキャリア移動度よりも大きい、半導体発光素子。

10

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の半導体発光素子であって、前記機能層は、第 1 の半導体層と前記第 1 の半導体層よりも広いバンドギャップを有する第 2 の半導体層とが交互に積層された超格子構造を有する、半導体発光素子。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の半導体発光素子であって、前記第 2 の半導体層に不純物が添加され、前記第 1 の半導体層に不純物が添加されない、半導体発光素子。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体発光素子であって、
前記活性層は、量子井戸層と、前記量子井戸層よりも広いバンドギャップを有する障壁層とが交互に積層された量子井戸構造を有し、
前記量子井戸層の数は 2 層以上であり、
前記障壁層は前記機能層を含む、半導体発光素子。

20

【請求項 6】

請求項 1 から 4 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体発光素子であって、
前記活性層は、量子井戸層と、前記量子井戸層よりも広いバンドギャップを有する障壁層とが交互に積層された量子井戸構造を有し、
前記量子井戸層は前記機能層を含む、半導体発光素子。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体発光素子であって、前記 n 型半導体層、前記 p 型半導体層および前記活性層は、それぞれ、III 族窒化物系化合物半導体で構成されている、半導体発光素子。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体レーザや半導体光増幅器などの半導体発光素子に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、光ディスク用半導体レーザダイオード (LD : Laser Diode) は、情報再生時に光ディスクからの戻り光で誘起される相対強度雑音 (RIN : Relative Intensity Noise) を低減させるために、パルス電流を用いて駆動される。すなわち、レーザダイオードからの出射光と光ディスクで反射した戻り光とが干渉することで RIN が生じるので、レーザ光の可干渉性を弱めるために、レーザダイオード駆動用の DC バイアス電流に約 50 MHz から数 GHz 程度の範囲の高周波電流を重畳する駆動法が採用されている。このような駆動法は、高周波重畳法 (high frequency superposition method) と呼ばれている。

40

【0003】

高周波重畳法は、CD (Compact Disc) 用光源である AlGaAs (Aluminum Gallium Arsenide) 系半導体レーザや、DVD (Digital Versatile Disc) 用光源である AlG

50

a I n P (Aluminum Gallium Indium Phosphide) 系半導体レーザといった既存の光ディスク用半導体レーザに限らず、次世代光ディスク用光源である G a N (Gallium Nitride) 系半導体レーザにおいても有効な手段として使用され得る。高周波重畳法に関する先行技術は、たとえば、特許文献 1 (特開 2 0 0 8 - 5 3 6 0 0 号公報) に開示されている。
【 0 0 0 4 】

特許文献 1 に開示されているように、パルス状の駆動電流をレーザダイオードに供給すると、レーザダイオード内の注入キャリア (電子や正孔) の密度が周期的に変動し、この変動に合わせて、レーザ光の強度が周期的に振動しながら減衰し、一定の強度に収束するという現象 (緩和振動: relaxation oscillation) が起きる。この緩和振動によりパルスの立ち上がり時に発光出力のピークレベルが過大になり、光ディスクの記録内容を誤って消去するというおそれがある。非特許文献 1 (K. Furuya et al., Appl. Opt. 17, 1949-1952 (1978)) は、半導体レーザダイオードのストライプ幅とキャリア拡散長とを同程度にすれば、緩和振動を抑制できると報告している。

【特許文献 1】特開 2 0 0 8 - 5 3 6 0 0 号公報

【非特許文献 1】K. Furuya, Y. Suematsu, and T. Hong, "Reduction of resonancelike peak in direct modulation due to carrier diffusion in injection laser," Appl. Opt. 17, 1949-1952 (1978).

【非特許文献 2】A. Kaneta, T. Mutoh, Y. Kawakami, S. Fujita, G. Marutsuki, Y. Narukawa, and T. Mukai, "Discrimination of local radiative and nonradiative recombination processes in an InGaN/GaN single-quantum-well structure by a time-resolved multimode scanning near-field optical microscopy," Appl. Phys. Lett., 83, 3462-3464 (2003).

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

R I N の低減のために D C バイアス電流に高周波電流を重畳して使用した場合、動作条件が変化すると R I N が不規則に変動するという問題がある。たとえば、半導体レーザダイオードの光出力や使用環境温度、高周波電流の周波数や振幅といった動作条件の変化に対して、R I N の強度は単調な変化をせず不安定に増減するので、これが、光ディスクからの光信号を安定して読み取ることを難しくするという問題がある。この傾向は特に、G a N 系半導体レーザにおいて顕著に見られる。

【 0 0 0 6 】

本発明者らは、この問題に着目して前述の緩和振動と R I N との関係について鋭意研究を進めた結果、緩和振動の振幅が大きいほど、半導体レーザの動作条件の変化に対する R I N の変動が大きくなることを見出した。そして、本発明者らは、緩和振動の抑制が R I N の変動低減に有効であるとの知見を得た。

【 0 0 0 7 】

上記に鑑みて本発明は、緩和振動を抑制し得る構造を有する半導体発光素子を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

本発明によれば、n 型半導体層と、p 型半導体層と、前記 n 型半導体層と前記 p 型半導体層との間に介在する活性層と、を含む積層構造を有する半導体発光素子が提供される。この半導体発光素子においては、前記活性層は、積層方向に垂直な方向のキャリア拡散長が前記積層方向のキャリア拡散長よりも大きい機能層を含むものである。

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

上述の通り、緩和振動の抑制が R I N の変動低減に有効である。本発明による半導体発光素子の活性層は、積層方向に垂直な方向のキャリア拡散長が積層方向のキャリア拡散長よりも大きい機能層を含むので、高周波電流が重畳されたとき、発光領域におけるキャリ

10

20

30

40

50

ア密度の変動が抑えられる。これにより緩和振動が抑制されるので、R I Nの不規則な変動を低減することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下、本発明に係る実施の形態について図面を参照しつつ説明する。なお、すべての図面において、同様な構成要素には同一符号を付し、その詳細な説明は重複しないように適宜省略される。

【0011】

図1は、本発明に係る一実施形態の半導体レーザダイオード（半導体発光素子）の断面構造を概略的に示す図である。この半導体レーザダイオードは、n型化合物半導体基板101上に、n型バッファ層102、n型クラッド層103、n側光閉じ込め層104、活性層105、キャップ層106、p側光閉じ込め層107および電流狭窄層108がこの順に積層された構造を有する。電流狭窄層108は、電流流通路を構成するストライプ状の開口部109を有しており、この開口部109内および電流狭窄層108の上に、p型超格子クラッド層110が形成され、さらにp型超格子クラッド層110上にp型コンタクト層111が形成されている。p型コンタクト層111の上には、p側電極112が設けられており、n型化合物半導体基板101の裏面にはn側電極113が設けられている。

10

【0012】

この半導体レーザダイオードは、III族窒化物系化合物半導体で構成することができる。たとえば、n型化合物半導体基板101は、n型Ga₂N基板でもよいし、あるいは、サファイアやSiCなどの他の材料の下地基板上にGa₂N層などのIII族窒化物半導体層を結晶成長させてなるテンプレート基板でもよい。n型バッファ層102として厚さ1μm程度のGa₂N層を、n型クラッド層103として厚さ2μm程度のAlGa₂N層を、n側光閉じ込め層104として厚さ0.1μm程度のGa₂N層を、キャップ層106として厚さ10nm程度のAlGa₂N層を、p側光閉じ込め層107として厚さ0.1μm程度のGa₂N層を、電流狭窄層108として厚さ0.1μm程度のAlN層を、それぞれ使用することができる。この電流狭窄層108は、水平方向（積層方向に垂直な方向）に屈折率差を生じさせるので、電流狭窄機能の他に光分布制御機能も兼ね備えている。

20

【0013】

p型超格子クラッド層110は、たとえば、厚さ2.5nm程度のGa₂N層と厚さ2.5nm程度のAlGa₂N層とが交互に130周期分積層された超格子構造を有していればよい。p型コンタクト層111としては、たとえば厚さ0.1μm程度のGa₂N層を使用すればよい。このような積層構造において、n型半導体層に導入されるn型不純物は、たとえばシリコン(Si)であり、p型半導体層に導入されるp型不純物は、たとえばマグネシウム(Mg)である。

30

【0014】

活性層105は、積層方向に垂直な方向のキャリア拡散長が当該積層方向のキャリア拡散長よりも大きい機能層を含む。活性層105は、量子井戸層と障壁層とが交互に積層された量子井戸構造を有しており、障壁層は量子井戸層よりも広いバンドギャップを有している。この場合、量子井戸層と障壁層のうち的一方または双方に機能層を形成することができる。機能層は、第1の半導体層（超格子井戸層）と、この第1の半導体よりも広いバンドギャップを有する第2の半導体層（超格子障壁層）とが交互に積層された超格子構造により実現することが可能である。これら第1の半導体層と第2の半導体層は、互いに組成の異なる材料（たとえば、Al_xIn_yGa_{1-x-y}N；0<x<1、0<y<1、0<x+y<1）を用いて形成することができる。機能層が障壁層にのみ形成される場合、量子井戸層を、たとえばIn_zGa_{1-z}N（0<z<1）からなる単一層で構成し、障壁層を、第1の半導体層と第2の半導体層からなる超格子構造で構成することができる。一方、機能層が量子井戸層にのみ形成される場合は、障壁層を、たとえば単一のGa₂N層で構成し、量子井戸層を、第1の半導体層と第2の半導体層からなる超格子構造で構成

40

50

することができる。

【0015】

上述の通り、図1の半導体レーザダイオードにおいては、n型半導体層102, 103とp型半導体層110, 111との間に活性層105が介在する。この活性層105は、積層方向に垂直な方向のキャリア拡散長(以下「第1のキャリア拡散長」と呼ぶ。)が前記積層方向のキャリア拡散長(以下「第2のキャリア拡散長」と呼ぶ。)よりも大きい機能層を含むものである。一般に、キャリア拡散長Lは、拡散係数(diffusion coefficient) Dの平方根に比例し、キャリア移動度 μ は拡散係数Dに比例する。よって、この機能層では、積層方向に垂直な方向のキャリア移動度(以下「第1のキャリア移動度」と呼ぶ。)が、積層方向のキャリア移動度(以下「第2のキャリア移動度」と呼ぶ。)よりも大きくなる。

10

【0016】

なお、第1のキャリア拡散長をL1、第2のキャリア拡散長をL2、第1のキャリア移動度を μ 1、第2のキャリア移動度を μ 2とする。このとき、次式(1a)~(1c)、(2a)~(2c)が成立する。

【0017】

$$\begin{aligned} L1 &= (\dots D1)^{(1/2)} \dots (1a) \\ D1 &= k \cdot T / (e \cdot \mu1) \dots (1b) \\ \mu1 &= 1 / (n \cdot e \cdot \dots 1) \dots (1c) \\ L2 &= (\dots D2)^{(1/2)} \dots (2a) \\ D2 &= k \cdot T / (e \cdot \mu2) \dots (2b) \\ \mu2 &= 1 / (n \cdot e \cdot \dots 2) \dots (2c) \end{aligned}$$

20

【0018】

ここで、D1, D2: 拡散係数、k: ボルツマン定数、T: 温度、e: 電気素量、n: キャリア濃度、 $\dots 1$: 積層方向に垂直な方向の電気抵抗率、 $\dots 2$: 積層方向の電気抵抗率、である。したがって、上式(1a)~(1c)、(2a)~(2c)と、電気抵抗率 $\dots 1$, $\dots 2$ の測定値とを使用すれば、キャリア移動度 μ 1, μ 2やキャリア拡散長L1, L2を算出することができる。

【0019】

上述の通り、機能層は、活性層105を構成する量子井戸層および障壁層のうちの少なくとも一方に形成することができる。図2は、障壁層に機能層が形成された場合の活性層105の伝導帯(Conduction Band)を概略的に示す図である。この場合、量子井戸層201は、たとえば厚さ6nmのInGaInからなる。障壁層202は、たとえば厚さ14nmの機能層からなり、この機能層は、たとえば厚さ2nmのGaN層と厚さ2nmのAlGaN層とが交互に積層された超格子構造で構成される。これに対し、図3は、機能層を含まない通常の活性層の伝導帯を概略的に示す図である。図3の活性層では、量子井戸層301と障壁層302とが交互に積層されているに過ぎない。上述の通り、障壁層202は、比較的バンドギャップの狭い超格子井戸層と、この超格子井戸層よりも広いバンドギャップを持つ超格子障壁層とが交互にかつ周期的に積層された超格子構造を有する。障壁層202には、超格子構造によるミニバンドと称するエネルギーバンドが形成され得る。超格子障壁層の厚みと超格子井戸層の厚みが十分に薄ければ、異なる超格子井戸層の波動関数同士に空間的な重なりが生じ、縮退していた量子準位が分裂して小さなエネルギーバンドすなわちミニバンドが形成される。

30

40

【0020】

図4は、図2のバンド構造を有する半導体レーザダイオード(実施例)の光出力の測定結果と、図3のバンド構造を有する半導体レーザダイオード(参考例)の光出力の測定結果とを示すグラフである。グラフの縦軸は、任意単位(a.u.)の光出力を示している。実施例と参考例の光出力波形は、それぞれの光出力を時間積分した値がほぼ同じ値となるように調整されている。また、参考例は、機能層を除いて実施例と同じ構造を有する。図4に示されるように、参考例に比べて実施例の構造は、緩和振動を抑制することが示されて

50

いる。したがって、実施例の構造は、R I Nの変動を低減している。

【0021】

本実施形態の超格子構造は、当該超格子構造を構成する各層の厚みがミニバンドが形成され得る程度に薄い構造を有している。よって、一般的な量子井戸構造やヘテロ構造などの層構造は、本実施形態の超格子構造とは異なるものである。超格子構造を構成する各層の厚みは、構成材料や組成に依存するが、たとえば、5 nm程度以下、特に3 nm程度以下であることが好ましい。

【0022】

また、本明細書でいう「超格子構造」は、超格子構造を構成する各層の厚みが、結晶中のポテンシャルを井戸型周期ポテンシャルで近似するクローニヒ・ペニーモデル (Kronig-Penny model) を適用できる程度に厚いものを指す。原子層 (atomic layer) レベルの厚さの層が積層された構造は、これらの層の組成が平均化された擬似混晶とみなされるので、本明細書でいう超格子構造とは異なる。超格子構造を構成する各層厚は、材料や組成に依存するが、たとえば、1 nm程度以上であることが好ましい。

10

【0023】

なお、機能層において超格子の周期性が厳密に成立する必要はなく、ある程度のキャリア拡散長 L_2 とある程度のキャリア移動度 μ_2 とを確保できるのであれば、超格子の周期性が崩れてもよい。たとえば、超格子井戸層と超格子障壁層の一方または双方の厚みが、キャップ層106の方向またはn側光閉じ込め層104の方向に行くにつれて次第に変化する場合であっても、ある程度のキャリア拡散長 L_2 とある程度のキャリア移動度 μ_2 とが確保できていれば、本実施形態の超格子構造の場合と同様の効果を得ることができる。

20

【0024】

次に、図5(A)、(B)は、それぞれ、量子井戸層に機能層が形成された場合の活性層105の伝導帯を概略的に示す図である。図5(A)の構造は、量子井戸層401と障壁層402とが交互に積層され、量子井戸層401が機能層である構造であり、図5(B)の構造は、量子井戸層501と障壁層502とが交互に積層され、量子井戸層501が機能層である構造である。図5(A)、(B)の機能層としては、たとえば、InGa_nN/GaN、InGa_nN/InGa_nNまたはInGa_nN/AlGa_nNを含む超格子構造が挙げられる。

30

【0025】

次に、本実施の形態の半導体レーザダイオードの製造方法の一例を説明する。

【0026】

素子構造の作製には、300 hPaの成長圧力を可能にする減圧MOVPE装置を用いる。キャリアガスには水素と窒素の混合ガスを用い、Ga源、Al源およびIn源として、それぞれ、トリメチルガリウム、トリメチルアルミニウムおよびトリメチルインジウムを用いる。n型不純物としてシラン、p型不純物としてビスシクロペンタジエニルマグネシウムを用いる。

【0027】

n型GaN基板101を減圧MOVPE装置に投入した後、減圧MOVPE装置内にアンモニアを供給しながら基板101を昇温させ、温度が成長温度まで達した時点で成長を開始させる。1回目の成長では、n型GaNバッファ層102、n型AlGa_nNクラッド層103、n側GaN光閉じ込め層104、活性層105、AlGa_nNキャップ層106、p側GaN光閉じ込め層107およびAlN電流狭窄層108を順次成長させる。活性層105は、InGa_nN量子井戸層201とAlGa_nN/GaN超格子障壁層202とが交互に積層された多重量子井戸構造を有するものである。成長温度は、たとえば、AlN電流狭窄層108の成長時には200~800、活性層105の成長時には800、これら以外の層の成長時には1100とすればよい。AlN電流狭窄層108は、比較的低温で成長するため、1回目の成長終了時にはアモルファス状態にある。

40

【0028】

その後、素子全体の上にSiO₂膜を堆積し、フォトリソグラフィ技術を用いてSi

50

O_2 膜に開口部を形成することで SiO_2 マスクを形成する。次に、 $50 \sim 200$ の温度に保持された燐酸と硫酸の混合液をエッチング液とし、 AlN 電流狭窄層 108 に所望の開口部 109 を形成する。このとき、アモルファス状の AlN は容易にエッチングされ、単結晶の GaN はエッチングが困難であるため、選択性が高く制御性の良好なエッチングがなされる。

【0029】

次に、再び減圧 MOVPE 装置に素子を投入後、装置内にアンモニアを供給しながら基板を昇温させ、温度が成長温度まで達した時点で 2 回目の成長を開始させる。このとき、 AlN 電流狭窄層 108 は、基板の昇温過程で単結晶化が進行する。次いで、 p 型 $AlGaIn/GaN$ 超格子クラッド層 110、 p 型 GaN コンタクト層 111 を順次成長させる。その後、素子の上面に p 側電極 112、素子の裏面に n 側電極 113 を形成することで、図 1 の半導体レーザダイオードが作製される。

10

【0030】

本実施形態の半導体レーザダイオードが奏する効果は以下の通りである。

【0031】

上記の通り、活性層 105 は、積層方向に垂直な方向のキャリア拡散長が積層方向のキャリア拡散長よりも大きい機能層を含む。積層方向に垂直な方向へのキャリア拡散効果が高められる。これにより、高周波電流が重畳された駆動電流を用いて半導体レーザダイオードを駆動したとき、発光領域におけるキャリア密度の変動が抑えられる。よって、緩和振動が抑制されるので、 RIN の不規則な変動を低減することが可能となる。以下にその理由を詳細に説明する。

20

【0032】

図 6 は、非特許文献 1 から引用された図である。図 6 の上図は、ストライプ状の活性層 (active layer) を有する半導体レーザダイオードの典型的な構造を示し、図 6 の下図は、水平方向の光強度分布とキャリア密度分布との関係を示すグラフである。図 6 のグラフに示されるように、水平方向 (X 軸方向) においてキャリア密度分布は均一でなく、ストライプ中央付近が凹んでいる。この現象は、光強度が強い中央付近で多くのキャリアが消費される空間的ホールバーニングと呼ばれる現象である。よって、特にストライプ中央付近でキャリア密度が大きく変動する。非特許文献 1 によれば、ストライプ幅 W とキャリア拡散長 L が同程度である場合、ストライプの周辺領域から中央領域へキャリアが素早く供給されるので、キャリア密度分布の凹みは軽減される。一方、従来の GaN 系半導体レーザのように $W > L$ である場合、ストライプの周辺領域から中央領域へキャリアが十分に供給されないため、キャリア密度分布の凹みは軽減されない。

30

【0033】

本実施形態の活性層 105 の構造は、水平方向のキャリア拡散効果を高めるので、ストライプの周辺領域から中央部 (開口部 109 およびその近辺) へのキャリア供給量を増やすことで、キャリア密度分布の凹みを軽減することができる。したがって、キャリア密度の変動を抑制することが可能となる。

【0034】

なお、前述の通り、緩和振動を抑制するには、ストライプ幅 W とキャリア拡散長 L とを同程度にすることが効果的であるが、ストライプ幅 W は、単一横モード (single transverse mode) や放射角 (radiation angle) といった諸特性が所望の特性となるように設定される。一方、キャリア拡散長 L は、半導体材料に固有の値であるため、ストライプ幅 W とキャリア拡散長 L とは必ずしも同程度になるとは限らない。特に、 GaN 系半導体レーザにおいては、ストライプ幅 W は $1 \mu m \sim 2 \mu m$ の範囲内に設定される一方、キャリア拡散長 L は、 $1 \mu m$ 以下の値、たとえば数百 nm 程度の値が報告されている (非特許文献 2 : A. Kaneta et al., Appl. Phys. Lett., 83, 3462-3464 (2003))。すなわち、 GaN 半導体レーザにおいては、次世代光ディスク用光源として求められる諸特性と、窒化物半導体に固有の物性との関係から、 W に対して L が有意に小さいという、 GaN 系半導体レーザに特有の状況がある。

40

50

【 0 0 3 5 】

上記実施形態では、上記効果を向上させるために、光強度が強く、キャリア密度の変動が大きい層の近傍に機能層を設けることが好ましい。よって、たとえば、活性層 1 0 5 内の障壁層に機能層を設ける場合、少なくとも量子井戸層に挟まれた障壁層に機能層を設けることが好ましい。

【 0 0 3 6 】

また、活性層 1 0 5 内の機能層に不純物添加をする場合であって、機能層がバンドギャップの小さい層とバンドギャップの大きい層とを交互に積層することで構成される場合、バンドギャップの大きい層にのみ不純物添加をするのが好ましい。その理由は、キャリアの水平方向の拡散は、主にバンドギャップの小さい層で生ずるので、バンドギャップの小さい層にも不純物を添加すると、不純物によるキャリア散乱が生じ、水平方向のキャリア拡散効果を弱めてしまうからである。

10

【 0 0 3 7 】

以上、図面を参照して本発明の実施形態について述べたが、これらは本発明の例示であり、上記以外の様々な構成を採用することもできる。たとえば、上記した製造方法は例示であり、様々な変形例が可能であることは当業者に理解されるところである。

【 0 0 3 8 】

図 1 の半導体レーザダイオードは、ファブリ・ペロー型の光共振器構造を有するものであるが、これに限定されるものではない。活性層 1 0 5 の構造を、光共振器構造を持たない半導体フォトダイオードや半導体光増幅器に適用してもよい。

20

【 0 0 3 9 】

また、図 1 の半導体レーザダイオードは、電流狭窄層 1 0 8 が積層構造内に埋め込まれたインナーストライプ導波路型の構造を有するが、これに限定されるものではない。活性層 1 0 5 の構造を、リッジストライプ状に加工形成された p 型クラッド層と p 型コンタクト層とを有するリッジ導波路型の半導体発光素子に適用してもよい。

【 0 0 4 0 】

また、活性層 1 0 5 の障壁層の全てが機能層でなくてもよく、障壁層の一部が機能層であってもよい。同様に、活性層 1 0 5 の井戸層の全てまたは一部に機能層を設けてもよい。

【 図面の簡単な説明 】

30

【 0 0 4 1 】

【 図 1 】本発明に係る一実施形態の半導体レーザダイオード（半導体発光素子）の断面構造を概略的に示す図である。

【 図 2 】障壁層に機能層が形成された場合の活性層の伝導帯を概略的に示す図である。

【 図 3 】機能層を有しない通常の活性層の伝導帯を概略的に示す図である。

【 図 4 】半導体レーザダイオードの光出力の測定結果を示すグラフである。

【 図 5 】（ A ） , （ B ）は、それぞれ、量子井戸層に機能層が形成された場合の活性層の伝導帯を概略的に示す図である。

【 図 6 】非特許文献 1 から引用された図である。

【 符号の説明 】

40

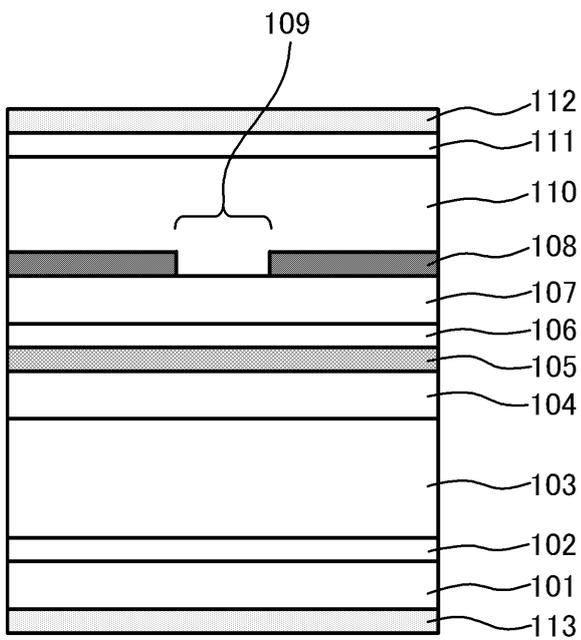
【 0 0 4 2 】

- 1 0 1 n 型化合物半導体基板
- 1 0 2 n 型バッファ層
- 1 0 3 n 型クラッド層
- 1 0 4 n 側光閉じ込め層
- 1 0 5 活性層
- 1 0 6 キャップ層
- 1 0 7 p 側光閉じ込め層
- 1 0 8 電流狭窄層
- 1 0 9 開口部

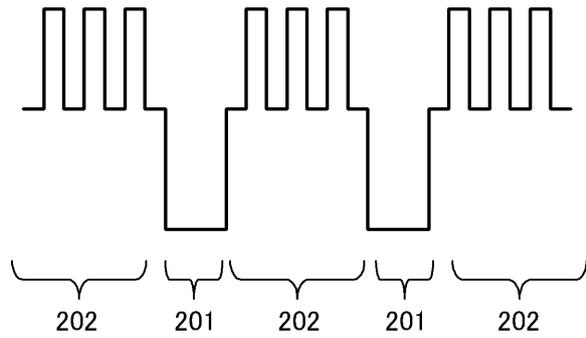
50

- 1 1 0 p 型超格子クラッド層
- 1 1 1 p 型コンタクト層
- 1 1 2 p 側電極
- 1 1 3 n 側電極
- 2 0 1 , 3 0 1 , 4 0 1 , 5 0 1 量子井戸層
- 2 0 2 , 3 0 2 , 4 0 2 , 5 0 2 障壁層

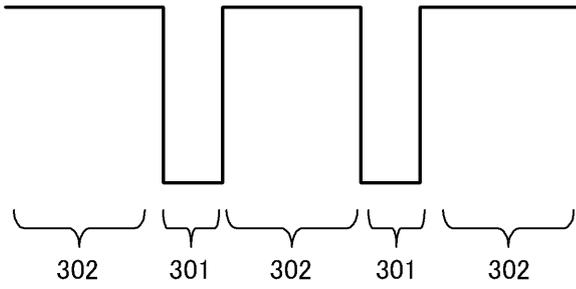
【 図 1 】



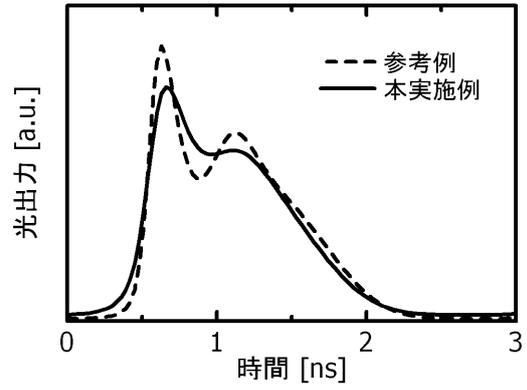
【 図 2 】



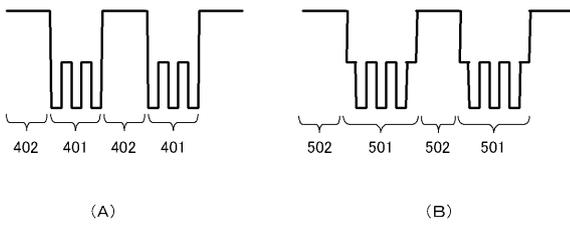
【 図 3 】



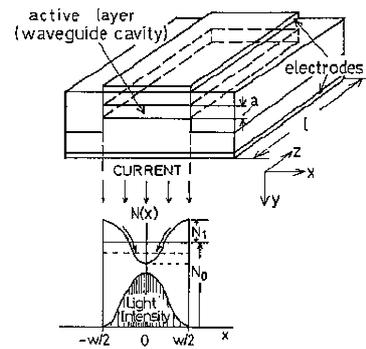
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(72)発明者 増本 一郎

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 野津 俊介

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

Fターム(参考) 5F173 AA04 AA47 AF07 AF25 AH22 AP05 AP32 AR69