(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3710559号
(P3710559)
(45)発行日　平成17年10月26日(2005.10.26)　(24)登録日　平成17年8月19日(2005.8.19)

(51)Int.Cl.[7]	F I	
H01S 5/227	H01S	5/227
G02B 6/42	G02B	6/42
G02B 27/09	G02B	27/00　E

請求項の数 9　(全 14 頁)

(21)出願番号　特願平8-171455
(22)出願日　平成8年7月1日(1996.7.1)
(65)公開番号　特開平10-22577
(43)公開日　平成10年1月23日(1998.1.23)
審査請求日　平成15年5月29日(2003.5.29)

(73)特許権者　000005223
富士通株式会社
神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号
(74)代理人　100070150
弁理士　伊東　忠彦
(72)発明者　山本　剛之
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
(72)発明者　小林　宏彦
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
(72)発明者　荻田　省一
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
最終頁に続く

(54)【発明の名称】発光半導体装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
出射端を構成する一端から他端まで軸方向に延在するコア層を有し、前記コア層への第１の光閉じ込め強度を有する第１の領域と、前記軸方向上、前記出射端側で前記第１の領域に隣接した、前記コア層への第２の光閉じ込め強度を有する第２の領域とが形成された発光半導体装置において、
前記第２の領域において前記コア層から外側に拡散した光が、前記第１の領域において前記コア層に戻るのを抑止する、戻り光抑止構造を形成し、
前記第２の光閉じ込め強度は、前記第１の光閉じ込め強度よりも弱いことを特徴とする発光半導体装置。
【請求項２】
出射端を構成する一端から他端まで軸方向に延在するコア層を有し、前記コア層の幅が一定である第１の領域と、前記軸方向上、前記出射端側で前記第１の領域に隣接した、前記コア層の幅が減少する第２の領域とが形成された発光半導体装置において、
前記第２の領域において前記コア層から外側に拡散した光が、前記第１の領域において前記コア層に戻るのを抑止する、戻り光抑止構造を形成したことを特徴とする発光半導体装置。
【請求項３】
出射端を構成する一端から他端まで軸方向に延在するコア層を有し、前記コア層への第１の光閉じ込め強度を有する第１の領域と、前記軸方向上、前記出射端側で前記第１の領

域に隣接した、前記コア層への第２の光閉じ込め強度を有する第２の領域とが形成された発光半導体装置において、

前記コア層の外側に、前記コア層を両側から狭持するように形成された埋め込み層を有し、

前記埋め込み層中に、前記コア層から拡散した光を反射する反射面で画成された切込みを形成し、

前記第２の光閉じ込め強度は、前記第１の光閉じ込め強度よりも弱いことを特徴とする発光半導体装置。

【請求項４】

前記反射面は、前記軸方向に対して直交する平面又は該軸方向に対して斜交する平面よりなることを特徴とする請求項３記載の発光半導体装置。

【請求項５】

前記反射面は、結晶面よりなることを特徴とする請求項４記載の発光半導体装置。

【請求項６】

前記切り込みは、前記反射面とこれに対向する対向面とより画成され、前記反射面が前記軸方向となす角度は、前記対向面が前記軸方向となす角度とは異なることを特徴とする請求項３記載の発光半導体装置。

【請求項７】

前記反射面を金属で覆ったことを特長とする請求項３記載の発光半導体装置。

【請求項８】

出射端を構成する一端から他端まで軸方向に延在するコア層を有し、前記コア層への第１の光閉じ込め強度を有する第１の領域と、前記軸方向上、前記出射端側で前記第１の領域に隣接した、前記コア層への第２の光閉じ込め強度を有する第２の領域とが形成された発光半導体装置において、

前記第１の領域には、前記発光半導体装置が形成する出力光ビームを吸収しうるバンドギャップを有する半導体層を形成し、

前記第２の光閉じ込め強度は、前記第１の光閉じ込め強度よりも弱いことを特徴とする発光半導体装置。

【請求項９】

前記発光半導体装置は、前記コア層上に、導電型を有する半導体層よりなり前記コア層に至る電流路を構成するクラッド層と、前記電流路を左右から狭搾する、前記クラッド層とは逆の導電型を有する一対の電流狭搾層とを含み、前記半導体層は、前記第１の領域において、一対の前記電流狭搾層の各々の上に形成されることを特徴とする請求項８記載の発光半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は一般に光半導体装置に関し、特に光ファイバ等の光導波路に対する光結合効率を向上させた半導体発光素子に関する。

近年、インターネットに代表される情報通信の普及に伴って、従来の幹線系の通信網だけでなく、一般家庭を含む加入者系通信網をも光ファイバにより構築した、大容量光ファイバ通信システムの導入が具体化しつつある。

【０００２】

加入者系通信網を光ファイバで構築する場合、個々の加入者がそのコストを負担することになるため、このような大容量光ファイバ通信システムが普及するには、特にこのような加入者系の光ファイバ通信網をできるだけ安価に構築する必要がある。このため、かかる加入者系の端末において用いられる光モジュールにおいても、その費用を従来の半分から１／１０くらいまで低下させることが要求されている。

【０００３】

【従来の技術】

レーザダイオード等の光源を含んだ光モジュールを有する端末において、光ファイバとの光結合を達成するためには、光源を構成するレーザダイオードから出射する光ビームを高い効率で光ファイバのコアに注入する必要がある。しかし、レーザダイオードから出射する出力光ビームのビーム径はおおよそ１μｍ程度であるためその放射各は３０°以上となり、径が１０μｍ程度の単一モード光ファイバのコアに、そのままで正しく注入することは困難である。

【０００４】

このため、従来の光モジュールでは、レンズを使って出射光ビームの径を拡げ、光ファイバへの結合を容易にしていた。しかし、かかる従来の構成では、高精度のレンズが必要になる上、レーザダイオードに対するレンズあるいは光ファイバの位置がわずかにでもずれると、光結合効率が大きく低下してしまう。このため、従来は、レーザダイオードを発振させ、その出力光を光ファイバ他端で観測しながらレーザダイオードに対するレンズおよび光ファイバの位置を熟練工が微調整していたが、このような方法では、光モジュールの費用は必然的に非常に高いものになってしまう。

【０００５】

これに対して、従来より、レーザダイオードの出射端面側に、光閉じ込めを弱め出射光ビームのサイズを拡げるスポットサイズ変換構造を、レーザダイオードに対して一体的に集積・形成した構成が公知である　(H. Kobayashi et al., IEEE Photon. Tech. Lett., vol.60, pp.1080 - 1081, 1994)。

【０００６】

図１０（Ａ），（Ｂ）は従来の、スポットサイズ変換構造を備えたレーザダイオードの例を示す（Fukano, H., et al., Electron Lett. vol.31, pp.1439 - 1440, 1995 ）。

図１０（Ａ）を参照するに、第１の導電型、例えばｎ型の基板１上には、バッファ層を兼用するｎ型の下側クラッド層２を含むメサ構造３が形成され、メサ構造３の上部には導波層およびこれに隣接した活性層を含むコア層４が形成される。前記コア層４を含むメサ構造３の左右には一対の埋め込み層５Ａ，５Ｂがｐ型半導体層により形成され、さらにかかる構造の上には、前記コア層４および埋め込み層５Ａ，５Ｂを覆うように、ｐ型の上側クラッド層６が形成される。さらに、基板１の下面には第１の電極（図示せず）が、さらに上側クラッド層６の上面には、p^+ 型のコンタクト層を介して第２の電極（図示せず）が形成される。また、前記ｐ型埋め込み層５Ａ，５Ｂ中には、ｎ型の電流狭搾層（図示せず）が周知のように形成される。

【０００７】

図１０（Ａ）のレーザダイオードでは、図１０（Ｂ）に詳細に示すように、コア層４が、幅が一定な利得領域１Ｂと、コア層４の幅が光出射端面に向かって徐々に減少するテーパ導波路領域１Ａとにより構成され、前記利得領域１Ｂでは、光強度分布１で示すように、コア層４への強い光閉じ込めが生じている。これに対し、前記テーパ導波路領域１Ａでは、コア層４の幅が減少するため、光強度分布２で示すように光の閉じ込めが弱くなり、光は隣接する電流狭搾層５Ａ，５Ｂ中に拡がる。

【０００８】

すなわち、前記テーパ導波路領域１Ａでは、コア層４を導波する光ビームのビーム径は利得領域１Ｂにおけるコア層４の幅よりも拡がって、光ファイバのコアに匹敵する径の大きい光ビームが前記レーザダイオードの出射端面より出射する。かかる径の大きな光ビームは回折による拡がりが小さく、丁度従来の、テーパ導波路領域１Ａを欠いたレーザダイオードにおいて、出射端面側にレンズを設けたのと同様な効果が得られる。その結果、例えば前記テーパ導波路領域１Ａの幅を、レーザダイオードの出射端において０．５μｍまで減少させることにより、レーザダイオードのビーム放射角を、通常のレーザダイオードの１／３以下の１０°程度まで狭めることができる。しかも、かかるテーパ導波路領域１Ａでは、かかるビーム径の拡がりが実質的に損失なく実現される。また、テーパ導波路領域１Ａは、利得領域１Ｂと一体的に共通の基板上に形成され、光集積回路を構成するものであり、レンズの場合のような微調整を必要としない。

【０００９】
図１１は、別のテーパ導波路領域を備えたレーザダイオードの構成を示す図である（Kobayashi, H., et al　前出, Tohmori, Y., et al., Electron. Lett. vol.31, pp.1838 - 1840, 1995 ）。
図１１の構成では、テーパ導波路領域において、コア層４の幅を変化させるかわりに厚さを出射端側に向かって徐々に減少させる。かかる構成においても、レーザダイオードの出射端側で光閉じ込めが弱まり、その結果、レーザダイオードは、出射端側にレンズを設けずとも、径の大きな光ビームを出力することが可能である。
【００１０】
【発明が解決しようとする課題】
しかし、図１０（Ａ），（Ｂ）のレーザダイオードでは、テーパ導波路領域１Ａにおいて埋め込み層５Ａ，５Ｂ中に侵入した光が、層５Ａ，５Ｂ中での軸方向での構造の不完全さ、より具体的には凹凸、がたつきにより散乱されることがあるのが見出された。埋め込み層５Ａ，５Ｂはメサ構造３をエッチングにより形成した後、これを埋め込むように形成されるため、多くの凹凸、がたつきなどが生じる可能性がある。このような、散乱光のうちの一部は前記コア層４に戻り、外部戻り光と同様にキャリア密度の変調等の作用を生じ、レーザダイオードの動作を不安定にする。
【００１１】
そこで、本発明は、上記の課題を解決した発光半導体装置を提供することを概括的目的とする。
本発明のより具体的な課題は、軸方向に延在するコア層中に、光閉じ込めが強い第１の領域と、前記軸方向上で前記第１の領域と隣接した、光閉じ込めの弱い第２の領域とを形成された発光半導体装置において、前記第２の領域においてコア層から外側に拡散した光が、前記コア層の前記第１の領域に戻るのを抑止した発光半導体装置を提供することにある。
【００１２】
【課題を解決するための手段】
本発明は上記の課題を、
請求項１に記載したように、
出射端を構成する一端から他端まで軸方向に延在するコア層を有し、前記コア層への第１の光閉じ込め強度を有する第１の領域と、前記軸方向上、前記出射端側で前記第１の領域に隣接した、前記コア層への第２の光閉じ込め強度を有する第２の領域とが形成された発光半導体装置において、
前記第２の領域において前記コア層から外側に拡散した光が、前記第１の領域において前記コア層に戻るのを抑止する、戻り光抑止構造を形成し、
前記第２の光閉じ込め強度は、前記第１の光閉じ込め強度よりも弱いことを特徴とする発光半導体装置により、または
請求項２に記載したように、
出射端を構成する一端から他端まで軸方向に延在するコア層を有し、前記コア層の幅が一定である第１の領域と、前記軸方向上、前記出射端側で前記第１の領域に隣接した、前記コア層の幅が減少する第２の領域とが形成された発光半導体装置において、
前記第２の領域において前記コア層から外側に拡散した光が、前記第１の領域において前記コア層に戻るのを抑止する、戻り光抑止構造を形成したことを特徴とする発光半導体装置により、または
請求項３に記載したように、
出射端を構成する一端から他端まで軸方向に延在するコア層を有し、前記コア層への第１の光閉じ込め強度を有する第１の領域と、前記軸方向上、前記出射端側で前記第１の領域に隣接した、前記コア層への第２の光閉じ込め強度を有する第２の領域とが形成された発光半導体装置において、
前記コア層の外側に、前記コア層を両側から狭持するように形成された埋め込み層を有

し、
前記埋め込み層中に、前記コア層から拡散した光を反射する反射面で画成された切込みを形成し、
前記第２の光閉じ込め強度は、前記第１の光閉じ込め強度よりも弱いことを特徴とする発光半導体装置により、または
請求項４に記載したように、
前記反射面は、前記軸方向に対して直交する平面又は該軸方向に対して斜交する平面よりなることを特徴とする請求項３記載の発光半導体装置により、または
請求項５に記載したように、
前記反射面は、結晶面よりなることを特徴とする請求項４記載の発光半導体装置により、または
請求項６に記載したように、
前記切り込みは、前記反射面とこれに対向する対向面とより画成され、前記反射面が前記軸方向となす角度は、前記対向面が前記軸方向となす角度とは異なることを特徴とする請求項３記載の発光半導体装置により、または
請求項７に記載したように、
前記反射面を金属で覆ったことを特長とする請求項３記載の発光半導体装置により、または
請求項８に記載したように、
出射端を構成する一端から他端まで軸方向に延在するコア層を有し、前記コア層への第１の光閉じ込め強度を有する第１の領域と、前記軸方向上、前記出射端側で前記第１の領域に隣接した、前記コア層への第２の光閉じ込め強度を有する第２の領域とが形成された発光半導体装置において、
前記第１の領域には、前記発光半導体装置が形成する出力光ビームを吸収しうるバンドギャップを有する半導体層を形成し、
前記第２の光閉じ込め強度は、前記第１の光閉じ込め強度よりも弱いことを特徴とする発光半導体装置により、または
請求項９に記載したように、
前記発光半導体装置は、前記コア層上に、導電型を有する半導体層よりなり前記コア層に至る電流路を構成するクラッド層と、前記電流路を左右から狭搾する、前記クラッド層とは逆の導電型を有する一対の電流狭搾層とを含み、前記半導体層は、前記第１の領域において、一対の前記電流狭搾層の各々の上に形成されることを特徴とする請求項８記載の発光半導体装置により、解決する。
【００１３】
図１は、本発明の原理を説明する。
図１を参照するに、本発明では、テーパ導波路領域１Ａにおいて埋め込み層５Ａ中で散乱された光のうち、利得領域１Ｂにフィードバックされる成分を、テーパ導波路領域１Ａと利得領域１Ｂの境界近傍に形成された溝７Ａ，７Ｂ等の戻り光遮断構造７Ａ，７Ｂにより遮断し、戻り光が利得領域にフィードバックされるのを阻止する。図１の構成では、戻り光は溝７Ａ，７Ｂを画成する平面で反射され、利得領域１Ｂに到達することがない。あるいは、利得領域１Ｂに、コア４から離間して、かかる戻り光を吸収するようなバンドギャップを有する半導体層を形成してもよい。
【００１４】
【発明の実施の形態】
図２（Ａ），（Ｂ）および図３（Ｃ）は本発明の第１実施例を示す。ただし、図２（Ａ）は本発明第１実施例によるレーザダイオード１０の平面図、図２（Ｂ）はその斜視図、また図３（Ｃ）は透視側面図である。
【００１５】
図２（Ａ），（Ｂ）あるいは図３（Ｃ）よりわかるように、レーザダイオード１０は、１．３μｍ帯でレーザ発振を行なう利得領域１０Ｂと、領域１０Ｂに軸方向上で隣接するテ

ーパ導波路領域１０Ａとよりなり、前記テーパ導波路領域１０Ａは、前記利得領域１０Ｂで形成された光ビームのビーム径を拡大するスポットサイズ変換構造として作用する。

【００１６】

図２（Ａ），（Ｂ）を参照するに、レーザダイオード１０は、キャリア密度が０．５～１×$10^{18}$$cm^{-3}$のｎ型ＩｎＰよりなる下側クラッド層１２を担持するｎ型ＩｎＰ基板１１上に形成され、前記クラッド層１２上には、波長に換算したバンドギャップをあらわすバンドギャップ波長λｇが１．１μｍになるような組成のＩｎＧａＡｓＰよりなる、厚さが１００ｎｍの光ガイド層と、バンドギャップ波長λｇが１．１μｍのＩｎＧａＡｓＰよりなる厚さが１０～１５ｎｍのバリア層と、バンドギャップ波長λｇが１．３５μｍのＩｎＧａＡｓＰよりなる厚さが６ｎｍの量子井戸層とよりなるコア層１３とが形成される。ただし、コア層１３中において、前記バリア層と前記量子井戸層とは前記光ガイド層上に交互に５～７回堆積され、ＭＱＷ構造の活性層を形成し、活性層の最上部にはバリア層が形成される。さらに、前記コア層１３の最上部、従って前記活性層の上部には、バンドギャップ波長が１．１μｍのＩｎＧａＡｓＰよりなる光ガイド層が、１００ｎｍの厚さに形成される。

【００１７】

前記バッファ層１２とコア層１３を形成するにあたり、前記基板１１上には、前記利得領域１０Ａに、前記バッファ層１２が堆積される領域を両側から挟むようにSiO_2マスクを形成し、バッファ層１２あるいはコア層１３を構成する各々の層の厚さが、テーパ導波路領域１０Ａにおけるよりも厚くなるようにする。化合物半導体をＭＯＣＶＤ法あるいはＭＢＥ法により気相成長する場合、SiO_2等の非晶質マスクを堆積領域に隣接して形成した場合、かかるマスク上に供給した原料はマスク上を輸送され、堆積領域に到達して堆積層の厚さを増大させる現象が周知であり、本実施例においても、この現象を使ってバッファ層１２とコア層１３の厚さを、テーパ導波路領域１０Ａおよび利得領域１０Ｂで変化させている。

【００１８】

その結果、図３（Ｃ）の透視側面図に示すように、利得領域１０Ｂにおけるコア層１３の厚さは、テーパ導波路領域１０Ａにおけるコア層１３の厚さよりも大きくなり、またテーパ導波路領域１０Ａでは、コア層１３の厚さは光ビームの出射側端面に向かって徐々に減少する。

【００１９】

次に、前記基板１１上のSiO_2マスクを除去し、さらに前記コア層１３上に、レーザダイオードの軸方向に延在するストライプ状のSiO_2パターンを形成する。さらに、かかるSiO_2パターンをマスクに、前記SiO_2パターン直下の領域を除き、前記コア層１３およびクラッド層１２、さらに基板１１の上部に至るまでの部分をＢｒ等を使ったエッチャントによりエッチング・除去し、クラッド層１２およびコア層１３を含むメサ構造を形成する。

【００２０】

さらに、前記SiO_2ストライプを残したまま、キャリア密度が５×$10^{17}$$cm^{-3}$のｐ型ＩｎＰ層を約１μｍの厚さに堆積し、メサ領域の両側に埋め込み層１６Ａ，１６Ｂを形成する。さらにかかる構造上に、厚さ０．５μｍ、キャリア密度が２×$10^{18}$$cm^{-3}$のｎ型ＩｎＰ層を堆積し、電流狭搾構造１７Ａ，１７Ｂを形成する。

【００２１】

電流狭搾構造１７Ａ，１７Ｂが形成された後、コア層１３上のSiO_2ストライプパターンを除去し、コア層１３およびその両側の電流狭搾構造１７Ａ，１７Ｂを覆うように、厚さが４．０μｍ、キャリア密度が２×$10^{18}$$cm^{-3}$のｐ型ＩｎＰよりなる上側クラッド層１４を形成する。さらに、前記クラッド層１４上に、厚さが０．１μｍ、キャリア密度が１×$10^{19}$$cm^{-3}$、バンドギャップ波長λｇが１．３μｍのｐ型ＩｎＧａＡｓＰ層からなるキャップ層１５を形成する。

【００２２】

次に、得られた構造上に、前記キャップ層１５を覆うようにレジストを形成し、通常のフォトリソグラフィによりパターニングを行なった後、得られたレジストパターンをマスクにエタン系のエッチングガスを使ったドライエッチングを行い、前記テーパ導波路領域１０Ａと前記利得領域１０Ｂとの境界近傍に、図３（Ｃ）に示すように下側クラッド層１２にまで達する垂直な溝１８Ａ，１８Ｂを、コア層１３を両側から挟持するように形成する。図示の例では、溝１８Ａ，１８Ｂは、コア層１３に対して側方に実質的に直角に延在する。

【００２３】

さらに、前記溝１８Ａ，１８Ｂが形成された後、前記キャップ層１５からレジストパターンを除去し、さらにキャップ層１５のうち、前記利得領域１０Ｂを形成する部分にＴｉ／Ｐｔ／Ａｕ構造を有する第１の電極１９Ａを、また前記基板１１の裏面全体に、ＡｕＧｅ／Ａｕ構造の第２の電極１９Ｂを形成する。ただし、電極１９Ａ，１９Ｂは図２（Ａ）および図３（Ｃ）では省略してある。

【００２４】

典型的な例では、レーザダイオード１０は、出力光ビームの出射側端面から反対側の端面までの共振器長が５００μｍ、またコア層１３の厚さが一定である前記利得領域１０Ｂの長さが３００μｍ、コア層１３の幅が前記利得領域１０Ｂおよび前記テーパ型導波路領域１０Ａを通じて１．２μｍになるように形成され、さらにテーパ導波路領域１０Ａの長さは２００μｍに設定される。また、前記溝１８Ａ．１８Ｂは、前記レーザダイオード１０の出射側端面から軸方向上１９０μｍの位置に、前記軸方向に測った幅ｔが１０μｍになるように形成される。その際、溝１８Ａ，１８Ｂは、前記コア層１３を中心に、相互に５μｍ離間して形成され、基板１１に対して垂直方向に５μｍの深さを有する。

【００２５】

かかる構成のレーザダイオードでは、前記テーパ導波路領域１０Ａにおいて光閉じ込め作用が弱くなった結果コア層１３から外部に漏れだした光は、周囲の埋め込み層１６Ａ，１６Ｂ、あるいは電流狭搾構造１７Ａ，１７Ｂ等におけるがたつき等により利得領域１０Ｂに向かって散乱されたとしても、前記溝１８Ａ，１８Ｂで反射され、利得領域１０Ｂに戻ることはない。また、利得領域１０Ｂでは、光ビームは前記コア層１３中を１μｍ程度のビーム径で伝搬するため、このような溝１８Ａ，１８Ｂを形成しても、コア層１３中の光ビームに対する影響は現れない。

【００２６】

溝１８Ａ，１８Ｂを形成する位置は前記テーパ導波路領域領域１０Ａと利得領域１０Ｂの境界近傍に限定されるものではないが、溝１８Ａ，１８Ｂによる反射光の除去効果は、溝１８Ａ，１８Ｂをこのようなコア層１３中の光ビーム径が増大しはじめる位置に形成することにより最も効果的になる。溝１８Ａ，１８Ｂを出射側端面により近い位置に形成すると、ビーム径の増大に伴って、溝１８Ａと溝１８Ｂの間隔を拡げる必要が出てくるが、このような構成では、溝１８Ａと溝１８Ｂの間の間隙を通って利得領域１０Ｂに戻る光を遮断しきれない。また、逆に溝１８Ａ，１８Ｂを前記出射側端面からより遠い、利得領域１０Ｂ内の位置に形成すると、利得領域１０Ｂのうち、前記溝１８Ａ，１８Ｂよりもテーパ導波路領域１０Ａに近い部分では、戻り光を遮断することができない。

【００２７】

図４は、本発明の第２実施例によるレーザダイオード２０の構成を示す。ただし、図４中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

図４の実施例では、ドライエッチングで形成された前記溝１８Ａ，１８Ｂのかわりに、溝２８Ａ，２８Ｂがウェットエッチングにより形成される。ウェットエッチングは、例えばＨＣｌ系のエッチング液を使って行なわれ、先の実施例と同様に、領域１０Ａと１０Ｂの境界近傍に、前記コア層１３よりも深く侵入するように敬せされる。

【００２８】

ウェットエッチング法により形成された溝２８Ａ，２８Ｂは結晶面により画成されており、理想的な反射面を形成する。さらに、溝２８Ａ，２８Ｂを形成する結晶面は、一般に基

板１１主面に対して傾斜しており、その結果領域１０Ａにおいてコア層１３から漏れだし、散乱されて戻ってきた光は溝２８Ａ，２８Ｂで反射され、下方に、すなわち基板１１の方向に進み、その結果、利得領域１０Ｂに戻る光がさらに減少する。

【００２９】

図４の構成において、その他の特徴は先に説明した第１実施例のものと同じであり、説明を省略する。

図５は、本発明の第３実施例によるレーザダイオード３０の構成を示す。ただし、図５中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【００３０】

本実施例では、図２（Ａ）に示した、コア層１３から横方向に実質的に直角に延在する溝１８Ａ，１８Ｂのかわりに、コア層１３に対して斜めに延在する溝３８Ａ，３８Ｂを形成する。ただし、溝３８Ａ，３８Ｂは、いずれも基板１１に対しては、溝１８Ａ，１８Ｂと同様に垂直に延在する。かかる構成の溝３８Ａ，３８Ｂを形成することにより、テーパ導波路領域１０Ａにおいてコア層１３から外側に漏れだし散乱された光は、溝３８Ａ，３８Ｂにより外側に反射され、利得領域１０Ｂに戻ることがない。

【００３１】

以上の各実施例において、溝１８Ａ，１８Ｂ，２８Ａ，２８Ｂ，３８Ａ，３８Ｂ、あるいは４８Ａ，４８Ｂの反射面を金属層で覆うことにより、さらに反射面の反射率が向上し、戻り光を減少させることが可能になる。

図６は、本発明の第４実施例によるレーザダイオード４０の構成を示す。ただし、図６中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【００３２】

図６を参照するに、本実施例では、先に説明した一対の平行な面で画成される溝１８Ａ，１８Ｂの代わりに、前記コア層１３に対して斜交する第１の面４８ａあるいは４８ｂと、前記コア層１３に対して直交する第２の面４８ａ’あるいは４８ｂ’とにより画成された溝４８Ａ，４８Ｂが、マスクを使ったドライエッチングにより形成される。図６の構成では、例えば溝４８Ａにおいて、面４８ａと面４８ａ’とが平行でないため、入射角の関係で面４８ａでは反射されず溝４８Ａに侵入した戻り光が、面４８ａとは異なった角度を有する面４８ａ’で確実に反射されるため、面４８ａ’を通って利得領域１０Ｂに到達する戻り光はほとんどなくなる。同様な効果は溝４８Ｂにおいても生じる。

【００３３】

図７は、本発明の第５実施例によるレーザダイオード５０の構成を示す。ただし、図７中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。また、図７中、説明の都合のため一部の構造は省略してある。

図７を参照するに、本実施例では、前記利得領域１０Ｂに、前記テーパ導波路領域１０Ａにおいてコア層１３から漏れだし、散乱されて利得領域１０Ｂに戻った光を吸収する半導体戻り光吸収パターン５１Ａ，５１Ｂを、前記コア層１３の両側に、コア層１３から離間して形成する。すなわち、半導体戻り光吸収パターン５１Ａ、５１Ｂは、前記コア層１３中を導波される光ビームの波長よりも長波長側にバンドギャップ波長を有する半導体材料により形成される。

【００３４】

図８は、図７の構造をテーパ導波路領域１０Ａで切った横断面図である。

図８を参照するに、テーパ導波路領域１０Ａは図２（Ｂ）に示したような通常のレーザダイオードの構成を有し、基板１１および下側クラッド層１２を含むメサ構造の上部にコア層１３が形成され、さらにメサ構造の左右に埋め込み層１６Ａ，１６Ｂが形成される。また、電流狭搾層１７Ａ，１７Ｂがコア層１３の上方に、それぞれ埋め込み層１６Ａ，１６Ｂの一部を覆うように形成されている。また、上側クラッド層１４が、前記コア層１３上に、前記電流狭搾層１７Ａ，１７Ｂの間隙を埋めるように堆積され、クラッド層１４上には上側電極１９Ａが、キャップ層１５を介して堆積される。コア層１３は、先にも説明したように、ＩｎＧａＡｓＰよりなる下側ガイド層と、前記下側ガイド層上に形成されたＩ

ｎＧａＡｓＰよりなるＭＱＷ構造の活性層と、前記活性層上に形成されたやはりＩｎＧａＡｓＰよりなる上側ガイド層とにより構成される。

【００３５】

先にも説明したように、コア層１３の厚さはかかるテーパ導波路領域１０Ａにおいて減少しており、コア層１３中を導波する光ビーム径は、かかる光閉じ込めの減少に伴って領域１０Ａにおいて拡大し、コア層１３の光が外部に漏れだす。

図９は、図７のレーザダイオード５０の、利得領域１０Ｂにおける横断面図を示す。

【００３６】

図９を参照するに、利得領域１０Ｂでは、前記コア層１３の厚さがテーパ導波路領域１０Ａにおけるよりも厚いこと以外に、半導体パターン５１Ａ，５１Ｂを、前記電流狭搾層１７Ａ，１７Ｂ上にそれぞれ形成することが特徴である。半導体吸収パターン５１Ａ，５１Ｂは、例えばバンドギャップ波長が、レーザダイオードの発振波長である１．３μｍ以上になるような組成で、厚さが典型的には０．３μｍの非ドープＩｎＧａＡｓＰ層より構成される。かかる半導体パターン５１Ａ，５１Ｂは、前記コア層１３がSiO_2ストライプパターンで保護された状態で、前記電流狭搾層１７Ａ，１７Ｂを構成するｎ型ＩｎＰ層を堆積した後、これに引き続いて前記非ドープＩｎＧａＡｓＰ層を堆積し、さらに前記コア層１３に対応する光導波路領域から前記ＩｎＰ層および前記非ドープＩｎＧａＡｓＰ層をエッチングにより選択的に除去することにより得られる。

【００３７】

本実施例において、前記半導体吸収パターン５１Ａ，５１Ｂは非ドープ半導体に限定されるものではなく、ｐ型あるいはｎ型にドープされた半導体であってもよい。

以上の各実施例の説明では、基板１１をｎ型の半導体としたが、本発明は、勿論各半導体層の導電型を逆にしても成立する。

【００３８】

また、以上の説明では、前記テーパ導波路領域１０Ａではコア層１３の厚さが減少するような構成を考えたが、図１に説明したような、コア層１３の幅が減少するような構成のレーザダイオードでも本発明は同様に成立する。

さらに、本発明は、原理上は、上に説明した埋め込み型のレーザダイオード以外に、ＳＡＳ型等、その他の導波構造のレーザダイオードにおいても全く同様に適用することができる。

【００３９】

また、本発明は、埋め込み型のレーザダイオードでも、埋め込み構造を高抵抗半導体層により形成した装置に対しても適用可能である。

【００４０】

【発明の効果】

請求項１、２あるいは９記載の本発明の特徴によれば、出射端を構成する一端から他端まで軸方向に延在するコア層を有し、前記コア層への第１の光閉じ込め強度を有する第１の領域と、前記軸方向上で、出射端側で前記第１の領域に隣接した、前記コア層への第２の光閉じ込め強度を有する第２の領域とが形成された発光半導体装置において、前記第２の光閉じ込め強度を、前記第１の光閉じ込め強度よりも弱く設定し、前記第２の領域において前記コア層から外側に拡散した光が、前記第１の領域において前記コア層に戻るのを抑止する、戻り光抑止構造を形成することにより、あるいは出射端を構成する一端から他端まで軸方向に延在するコア層を有し、前記コア層の幅が略一定である第１の領域と、前記軸方向上、前記出射端側で前記第１の領域に隣接した、前記コア層の幅が減少する第２の領域とが形成された発光半導体装置において、前記第２の領域において前記コア層から外側に拡散した光が、前記第１の領域において前記コア層に戻るのを抑止する、戻り光抑止構造を形成することにより、戻り光が前記第１の領域に対応する発光半導体装置の利得領域に侵入することによる、発光半導体装置の活性領域内でのキャリア密度の変調等の問題が解決され、発光半導体装置の動作が安定する。

【００４１】

請求項３記載の本発明の特徴によれば、出射端を構成する一端から他端まで軸方向に延在するコア層を有し、前記コア層への第１の光閉じ込め強度を有する第１の領域と、前記軸方向上、前記出射端側で前記第１の領域に隣接した、前記コア層への第２の光閉じ込め強度を有する第２の領域とが形成された発光半導体装置において、前記第２の光閉じ込め強度は、前記第１の光閉じ込め強度よりも弱く設定し、前記コア層の外側に、前記コア層を両側から狭持するように形成された埋め込み層を有し、前記埋め込み層中に、前記コア層から拡散した光を反射する反射面で画成された切込みを形成することにより、前記コア層から外側に拡散した光を、前記切り込み面において反射することができ、戻り光が発光半導体装置の利得領域に侵入するのを阻止することができる。

【００４２】

請求項４，５記載の本発明の特徴によれば、前記反射面を前記軸方向に対して略直交または斜交する平面より形成することにより、前記戻り光を、発光半導体装置のコア層から外れた方向に逃がすことが可能になる。

請求項６記載の本発明の特徴によれば、前記切り込みを、前記切り込みを画成画成する第１の面が発光半導体装置の軸方向に対してなす角度が、前記第１の面に対向する第２の面が前記軸方向に対してなす角度と異なるように形成することにより、仮りに戻り光の一部が前記第１の面で反射されずに前記切り込み内に侵入しても、かかる戻り光を前記第２の面により、確実に反射することができ、発光半導体装置の利得領域への戻り光の侵入を殆ど完全に阻止することが可能になる。

【００４３】

請求項７記載の本発明の特長によれば、前記反射面を金属層で覆うことにより、戻り光を効率的に反射させることができる。

請求項８，９記載の本発明の特徴によれば、

出射端を構成する一端から他端まで軸方向に延在するコア層を有し、前記コア層への第１の光閉じ込め強度を有する第１の領域と、前記軸方向上、前記出射端側で前記第１の領域に隣接した、前記コア層への第２の光閉じ込め強度を有する第２の領域とが形成された発光半導体装置において、前記第２の光閉じ込め強度は、前記第１の光閉じ込め強度よりも弱く設定し、前記第１の領域に、前記発光半導体装置が形成する出力光ビームを吸収しうるバンドギャップを有する半導体層を形成することにより、発光半導体装置を構成する積層半導体構造の形成工程の一部として、戻り光抑止構造を形成することができ、戻り光抑止構造を備えた発光半導体装置を簡単に製造することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の原理を説明する図である。

【図２】（Ａ），（Ｂ）は本発明の第１実施例によるレーザダイオードの構成を示す図（その一）である。

【図３】本発明の第１実施例によるレーザダイオードの構成を示す図（その二）である。

【図４】本発明の第２実施例によるレーザダイオードの構成を示す図である。

【図５】本発明の第３実施例によるレーザダイオードの構成を示す図である。

【図６】本発明の第４実施例によるレーザダイオードの構成を示す図である。

【図７】本発明の第５実施例によるレーザダイオードの構成を示す図である。

【図８】図７のレーザダイオードのテーパ導波路領域における横断面図である。

【図９】図７のレーザダイオードの利得領域における横断面図である。

【図１０】（Ａ），（Ｂ）は、従来のスポットサイズ変換構造を備えた埋め込み型レーザダイオードの構成、およびその問題点を説明する図である。

【図１１】従来の、別のスポットサイズ変換構造を備えた埋め込み型レーザダイオードの構成を示す図である。

【符号の説明】

１，１０　基板

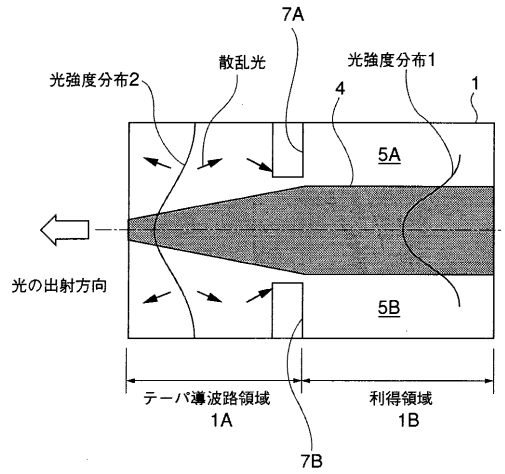
１Ａ，１０Ａ　テーパ導波路領域

１Ｂ，１０Ｂ　利得領域

２，１２，１４　クラッド層
３　メサ構造
４，１３　コア層
１５　キャップ層
５Ａ，５Ｂ，１６Ａ，１６Ｂ　埋め込み領域
７Ａ，７Ｂ，１８Ａ，１８Ｂ，２８Ａ，２８Ｂ，３８Ａ，３８Ｂ，４８Ａ，４８Ｂ　戻り光抑止構造
４８ａ，４８ａ’，４８ｂ，４８ｂ’　反射面
１７Ａ，１７Ｂ　電流狭搾構造
１９Ａ，１９Ｂ　電極
５１Ａ，５１Ｂ　戻り光吸収パターン

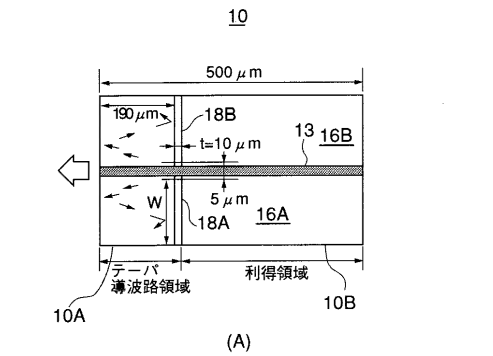
【図１】

本発明の原理を説明する図

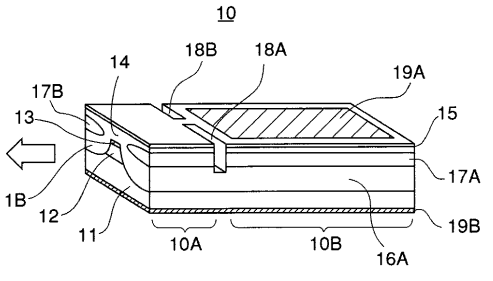


【図２】

(A),(B)は本発明の第1実施例によるレーザダイオードの構成を示す図（その一）



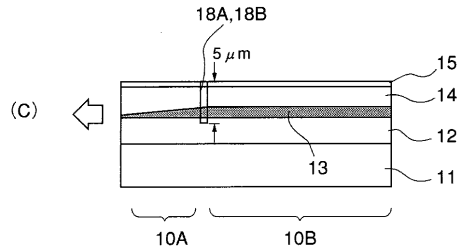
(A)



(B)

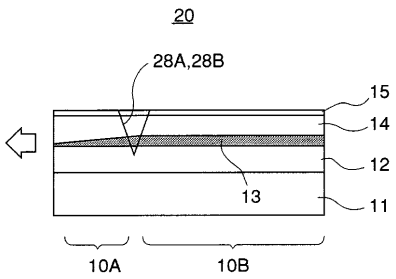
【図３】

本発明の第1実施例によるレーザダイオードの構成を示す図（その二）



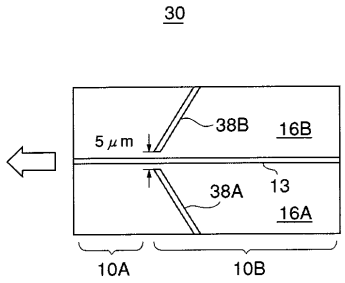
【図４】

本発明の第2実施例によるレーザダイオードの構成を示す図



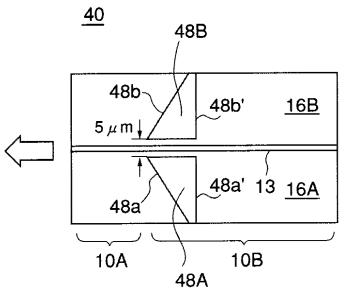
【図５】

本発明の第3実施例によるレーザダイオードの構成を示す図



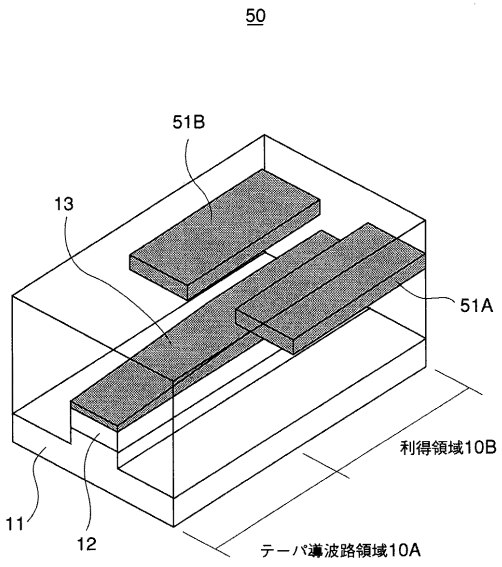
【図６】

本発明の第4実施例によるレーザダイオードの構成を示す図



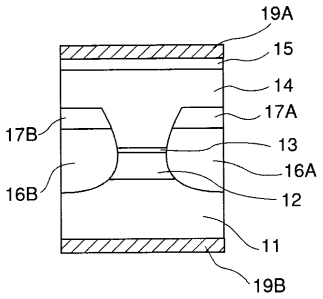
【図７】

本発明の第5実施例によるレーザダイオードの構成を示す図



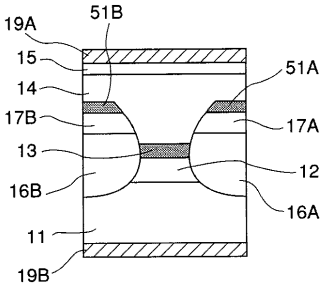
【図８】

図7のレーザダイオードのテーパ導波路領域における横断面図



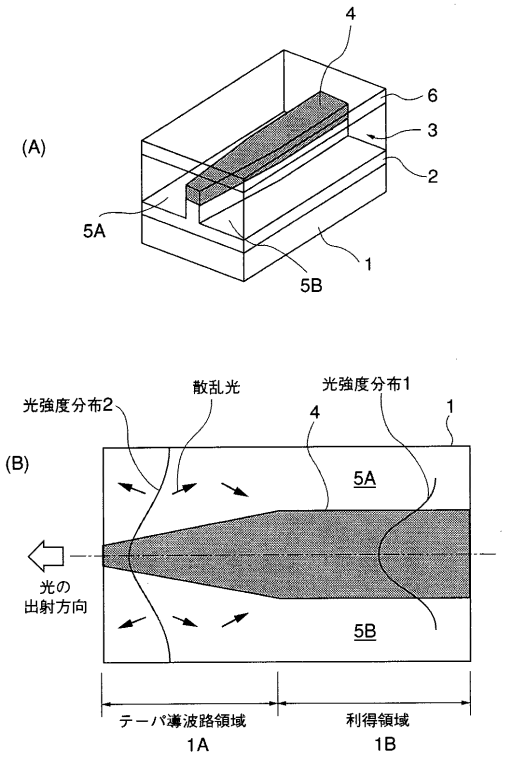
【図９】

図7のレーザダイオードの利得領域における横断面図



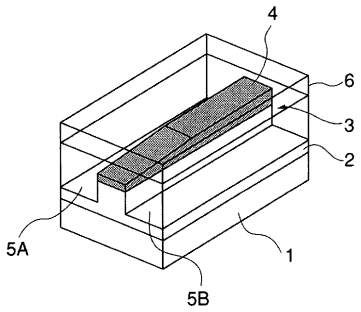
【図１０】

(A),(B)は、従来のスポットサイズ変換構造を備えた埋め込み型レーザダイオードの構成、およびその問題点を説明する図



【図１１】

従来の、別のスポットサイズ変換構造を備えた埋め込み型レーザダイオードの構成を示す図



フロントページの続き

審査官　土屋　知久

(56)参考文献　特開平７－１７４９３１（ＪＰ，Ａ）
特開平７－２０３５９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
H01S 5/00- 5/50
G02B 6/26
G02B 6/30- 6/34
G02B 6/42