

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

第2995972号

(45)発行日 平成11年(1999)12月27日

(24)登録日 平成11年(1999)10月29日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	F I
H 0 1 S 3/18	6 9 2	H 0 1 S 3/18 6 9 2

請求項の数6 (全 5 頁)

(21)出願番号	特願平3-342134	(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
(22)出願日	平成3年(1991)11月29日	(72)発明者	藤井 宏明 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
(65)公開番号	特開平5-152687	(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
(43)公開日	平成5年(1993)6月18日	(74)代理人	弁理士 高橋 詔男 (外3名)
審査請求日	平成9年(1997)12月12日	審査官	杉山 輝和
		(56)参考文献	特開 平1-243490 (J P , A) 特開 平3-32082 (J P , A) 特開 平3-109789 (J P , A) 特開 平1-251685 (J P , A)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体光アンブ

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 (0 0 1) 半導体基板上に、[-1 1 1] または [1 -1 1] 方向に秩序状態を有するバルク活性層を備え、光導波路を [-1 1 0] または [1 -1 0] 方向に形成したことを特徴とする半導体光アンブ。

【請求項2】 (0 0 1) 半導体基板上に、[-1 1 1] または [1 -1 1] 方向に秩序状態を有する量子井戸構造活性層を備え、光導波路を [-1 1 0] または [1 -1 0] 方向に形成したことを特徴とする半導体光アンブ。

【請求項3】 (0 0 1) 半導体基板上に、[-1 1 1] または [1 -1 1] 方向に秩序状態を有する量子井戸構造活性層を備え、該量子井戸構造活性層の井戸層は面内圧縮歪を受けており、かつ光導波路を [-1 1 0] または [1 -1 0] 方向に形成したことを特徴とする半導体光アンブ。

2

【請求項4】 (0 0 1) 半導体基板上に、[-1 1 1] または [1 -1 1] 方向に秩序状態を有するバルク活性層を備え、光導波路を [1 1 0] または [-1 -1 0] 方向に形成したことを特徴とする半導体光アンブ。

【請求項5】 (0 0 1) 半導体基板上に、[-1 1 1] または [1 -1 1] 方向に秩序状態を有する量子井戸構造活性層を備え、該量子井戸構造活性層の井戸層は面内引っ張り歪を受けており、かつ光導波路を [1 1 0] または [-1 -1 0] 方向に形成したことを特徴とする半導体光アンブ。

【請求項6】 半導体基板面方位が、(0 0 1) 面から 1 5 度以内のオフ角度を有する半導体基板上に形成したことを特徴とする請求項 1 , 2 , 3 , 4 又は 5 に記載の半導体光アンブ。

【発明の詳細な説明】

10

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、TE 偏波光あるいは TM 偏波光を選択的に増幅するフィルタ機能を有する半導体光アンブに関する。

【0002】

【従来の技術】現在、半導体光アンブは、光通信用の中継器として盛んに研究されている。その長所として、1.3 μm 帯の増幅が可能なこと、低消費電力であること等があり、加入者系用の光アンブとして期待されている。また、その特性も素子のネットゲインとして 20 dB 程度が得られている。また、プラスチックファイバの低損失帯である 0.6 μm 帯での半導体光アンブに関しては、0.6 μm 帯での光通信市場が立ち上がっていないこともあって報告されていない。以上述べたように、現状は半導体光アンブの主な用途としては、光通信の分野に限られているが、今後半導体光アンブの特性が向上するにつれ、光計測、SHG 光源への応用等種々の用途が開拓されることが見込まれる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、現状実現されている半導体光アンブにおいては、偏光特性を積極的に制御し利用とする試みはなされていない。このため、実現されれば多くの需要を生み出すであろう偏光特性のフィルタ機能、すなわち TE 偏波のみ、あるいは TM 偏波のみ増幅する機能については実現されていない。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明の第 1 の構成は、(001) 半導体基板上に、 $[-1\ 1\ 1]$ または $[1\ -1\ 1]$ 方向に秩序状態を有するバルク活性層を備えた半導体光アンブにおいて、光導波路を $[-1\ 1\ 0]$ または $[1\ -1\ 0]$ 方向に形成したことを特徴とする。また本発明の第 2 の構成は、(001) 半導体基板上に、 $[-1\ 1\ 1]$ または $[1\ -1\ 1]$ 方向に秩序状態を有する量子井戸構造活性層を備えた半導体光アンブにおいて、光導波路を $[-1\ 1\ 0]$ または $[1\ -1\ 0]$ 方向に形成したことを特徴とする。また、本発明の第 3 の構成は、(001) 半導体基板上に、 $[-1\ 1\ 1]$ または $[1\ -1\ 1]$ 方向に秩序状態を有する量子井戸構造活性層を備えた半導体光アンブにおいて、該量子井戸構造活性層の井戸層は面内圧縮歪を受けており、かつ光導波路を $[-1\ 1\ 0]$ または $[1\ -1\ 0]$ 方向に形成したことを特徴とする。また、本発明の第 4 の構成は、(001) 半導体基板上に、 $[-1\ 1\ 1]$ または $[1\ -1\ 1]$ 方向に秩序状態を有するバルク活性層を備えた半導体光アンブにおいて、光導波路を $[1\ 1\ 0]$ または $[-1\ -1\ 0]$ 方向に形成したことを特徴とする。また、本発明の第 5 の構成は、(001) 半導体基板上に、 $[-1\ 1\ 1]$ または $[1\ -1\ 1]$ 方向に秩序状態を有する量子井戸構造活性層を備えた半導体光アンブにおいて、該量子井戸構造活性層の井戸層は面内引張り歪を受けており、かつ光導波路を $[1\ 1\ 0]$ または $[-1\ -1\ 0]$

0] 方向に形成したことを特徴とする。そして最後に、本発明の第 6 の構成は、上記第 1 から第 5 の構成の半導体光アンブにおいて、半導体基板面方位が、(001) 面から 15 度以内にオフしたことを特徴とする。

【0005】

【作用】本発明の半導体光アンブの模式図を図 1 および図 2 に示す。図 1 は TE 偏波のみ選択的に増幅する機能を有する請求項 1, 2 および 3 に相当する半導体光アンブを実現する構造図を、図 2 は TM 偏波のみ選択的に増幅する機能を有する請求項 4 および 5 に相当する半導体光アンブを実現する構造図を表す。以下、まず図 1 および図 2 の説明を行い、その後特定の偏波だけを選択的に増幅できるメカニズムについて説明する。図 1 の半導体光アンブの構造をまず説明する。(001) 半導体基板 150 上に、クラッド層 110 および 120 で挟み込まれた活性層 100 を有している。この活性層 100 は請求項 1, 2 および 3 に示したように、 $[-1\ 1\ 1]$ または $[1\ -1\ 1]$ 方向に秩序状態を有するバルク、あるいは無歪の量子井戸構造、あるいは面内圧縮歪を受けた量子井戸構造で構成されている。そしてクラッド層 120 は光導波路を形成するためにメサ状の形状を成し、電流ブロック層 130 でメサ外を埋め込まれている。光導波路は $[-1\ 1\ 0]$ または $[1\ -1\ 0]$ 方向に形成されている。さらに、発振を抑制し光アンブとして用いるために入射端面および出射端面に誘電体無反射膜 180 を備えている。

【0006】次に、図 2 の半導体光アンブについて説明する。図 1 と同様に、(001) 半導体基板 150 上に、クラッド層 110 および 120 で挟み込まれた活性層 100 を有している。この活性層 100 は請求項 4 および 5 に示したように、 $[-1\ 1\ 1]$ または $[1\ -1\ 1]$ 方向に秩序状態を有するバルク、あるいは面内引張り歪を受けた量子井戸構造で構成されている。そしてクラッド層 120 は光導波路を形成するためにメサ状の形状を成し、電流ブロック層 130 でメサ外を埋め込まれている。光導波路は $[1\ 1\ 0]$ または $[-1\ -1\ 0]$ 方向に形成されている。さらに、発振を抑制し光アンブとして用いるために入射端面および出射端面に誘電体無反射膜 180 を備えている。

【0007】次に、なぜ上記の図 1 および図 2 の構造の半導体光アンブにより特定の偏波だけを選択的に増幅できるかについてそのメカニズムを説明する。一般にバルク結晶のように異方性を持たない半導体の場合、TM 偏波と TE 偏波の利得は等しく TM/TE 比は 1 になることが知られている。これは半導体に形成される双極子ベクトルが等方的であるため、TM 偏光の電気ベクトルとも TE 偏光の電気ベクトルとも均等に結合するからである。

【0008】しかしながら、AlGaInP 系半導体においては、 $[-1\ 1\ 1]$ あるいは $[1\ -1\ 1]$ 方向に秩序状態

を有する自然超格子が形成されることが知られている。例えば、五明らによってアプライドフィジックスレターズ誌に報告されている (A.Gomyo et al., Appl. Phys. Lett., Vol.50, pp.673 1987)。自然超格子が形成された場合、 $[-1\ 1\ 1]$ あるいは $[1\ -1\ 1]$ 方向に秩序状態を有するため、双極子ベクトルは $[1\ 1\ 0]$ 方向に異方性を持つ。この結果、 $[1\ 1\ 0]$ 成分の電気ベクトルとの結合が大きくなる。したがって、 $[-1\ 1\ 0]$ または $[1\ -1\ 0]$ 方向に光導波路を形成した場合 (請求項1に相当)、 $[1\ 1\ 0]$ 方向の電気ベクトルを持つTEモードの利得が強くなり $TM/TE < 1$ となるのに対し、 $[1\ 1\ 0]$ または $[-1\ -1\ 0]$ 方向に光導波路を形成した場合 (請求項3に相当)、 $[1\ 1\ 0]$ と直交する方向の電気ベクトルを持つTEモードの利得は弱くなり $TM/TE > 1$ となる。以上が図1および図2の構造の半導体光アンブにより特定の偏波だけを選択的に増幅できることの説明である。以上の考えは、マスカレンハスらがフィジカルレビューレターズ (A.Mascarenhas et al., Phys. Rev. Lett., Vol.63, No.19, pp.2108 1989.) に報告したフォトルミネセンスによる実験、あるいは我々の光導波路方向を換えた TM/TE 比の測定結果からも支持されている。

【0009】また、一般に量子井戸構造 (無歪) の導入により利得の偏波面依存性が現れることが知られており、 $[-1\ 1\ 1]$ あるいは $[1\ -1\ 1]$ 方向に秩序状態を有する活性層に量子井戸構造を取り入れることによりTEモードの選択性をさらに高めることが可能である。(請求項2に相当)

【0010】また、最近盛んに研究されている歪の導入に関しても、量子井戸構造に面内圧縮歪を加えることによりTEモードが、面内引っ張り歪を加えることによりTMモードが強められることが知られている。したがって、同様に $[-1\ 1\ 1]$ あるいは $[1\ -1\ 1]$ 方向に秩序状態を有する活性層に、面内圧縮歪を持った量子井戸構造を加えることにより一層TEモード選択性の高い半導体光アンブが (請求項3に相当)、 $[-1\ 1\ 1]$ あるいは $[1\ -1\ 1]$ 方向に秩序状態を有する活性層に、面内引っ張り歪を持った量子井戸構造を加えることにより、より一層TMモード選択性の高い半導体光アンブが (請求項5に相当) 実現できる。

【0011】なお、最後に以上の説明は $(0\ 0\ 1)$ 半導体基板上の場合であるが、 $[-1\ 1\ 1]$ 方向または $[1\ -1\ 1]$ 方向の秩序状態は基板が $(0\ 0\ 1)$ から $1\ 0$ 数度オフしている結晶においても形成される。従って、 $(0\ 0\ 1)$ 面から $1\ 5$ 度オフ以内のオフ角度を有する半導体基板上に形成した図1および図2の半導体光アンブに関しても同様な偏波特性の選択機能を有する半導体光アンブが実現できる。以上が本発明の作用である。

【0012】

【実施例】以下、具体的な数値例を挙げて本発明の半導

体光アンブの実施例を示す。まず、図1のTE偏波光を選択的に増幅できる半導体光アンブについて説明する。用いた半導体基板は、Siドープ $(0\ 0\ 1)$ GaAs基板 $1\ 5\ 0$ である。その上に、気相成長熱分解法 (以下MOVPE法と略す。) により順次にN型AlGaInPクラッド層 $1\ 1\ 0$ 、アンドープのGaInPとAlGaInPの多層構造でなる無歪量子井戸構造活性層 $1\ 0\ 0$ 、P型AlGaInPクラッド層 $1\ 2\ 0$ を含むダブルヘテロ構造を成長する。この時前記量子井戸構造活性層は $[-1\ 1\ 1]$ 方向または $[1\ -1\ 1]$ 方向に秩序状態を有するような結晶成長条件で成長を行う。その後、ウェットエッチングにより光導波路を形成するため、P型AlGaInPクラッド層 $1\ 2\ 0$ をメサ状に加工する。この時、光導波路を形成する方向は $[-1\ 1\ 0]$ 方向または $[1\ -1\ 0]$ 方向とする。そして、2回目のMOVPE成長によりメサ外をN型GaAs電流ブロック層 $1\ 3\ 0$ で選択的に埋め込み成長する。そして、3回目のMOVPE成長により、前面にP型GaAsコンタクト層を成長する。その後、P・N電極を形成する。そして、バー状にへきかいし、入射端面および出射端面を形成し、その上に発振抑制用の誘電体無反射膜 $1\ 8\ 0$ を形成する。誘電体無反射膜は反射率を可能な限り小さく抑えるためにSiNxを用い、反射率として 0.5% 以下に抑えた。その後、バーをチップに切り放して図1の構造の半導体光アンブは完成する。

【0013】こうして試作した図1の構造の半導体光アンブの増幅特性を測定したところ、入射光 $0.69\ \mu\text{m}$ 、 $5\ \text{mW}$ 以下のとき、TE偏波光に対しては $9\ \text{dB}$ 以上の利得を生じたのに対しTM偏波光に対しては $0.5\ \text{dB}$ 以下であった。これより、本発明の図1の構造の半導体光アンブによりTE偏波光のみを選択的に増幅できることがわかった。また、活性層の構造をバルク $60\ \text{nm}$ とした場合、あるいは 1.0% の面内圧縮歪を受けた量子井戸構造とした場合には、それぞれTE偏波光に対する利得として $12\ \text{dB}$ および $5\ \text{dB}$ の利得であるのに対し、TM偏波光に対してはいずれも $0.5\ \text{dB}$ 以下であり、こちらも、TE偏波光のみを選択的に増幅できることがわかった。

【0014】次に図2のTM偏波光を選択的に増幅できる構造の半導体光アンブについて説明する。図2の半導体光アンブの製造方法は基本的に図1の半導体光アンブと同一である。図2において図1と異なるのは、光導波路を形成する方向を $[1\ 1\ 0]$ 方向または $[-1\ -1\ 0]$ 方向にしていることである。また、図2においては活性層はバルク $60\ \text{nm}$ あるいは 1.0% 面内引っ張り歪を受けた量子井戸構造とした。この素子を測定したところ、入射光 $0.69\ \mu\text{m}$ 、 $5\ \text{mW}$ 以下のとき、TM偏波光に対してはそれぞれ $3\ \text{dB}$ および $7\ \text{dB}$ の利得が得られたのに対し、TE偏波光に対しては $0.5\ \text{dB}$ 以下に抑えられた。これより図2の半導体光アンブによりTM

偏波光を選択的に増幅できることがわかった。なお、図1の半導体光アンプでのTE偏波光の利得に比べ、図2の半導体光アンプでのTM偏波光の利得が小さいのは、入射端面および出射端面の反射率が完全には0になっていないためであると考えられる。以上が本発明の実施例である。

【0015】

【発明の効果】以上に述べたように、本発明によれば、図1の半導体光アンプの如く、TEモードだけを選択的に増幅することもできるし、また図2の半導体光アンプの如くTMモードだけを選択的に増幅することもできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】TEモードを選択的に増幅する本発明の一実施*

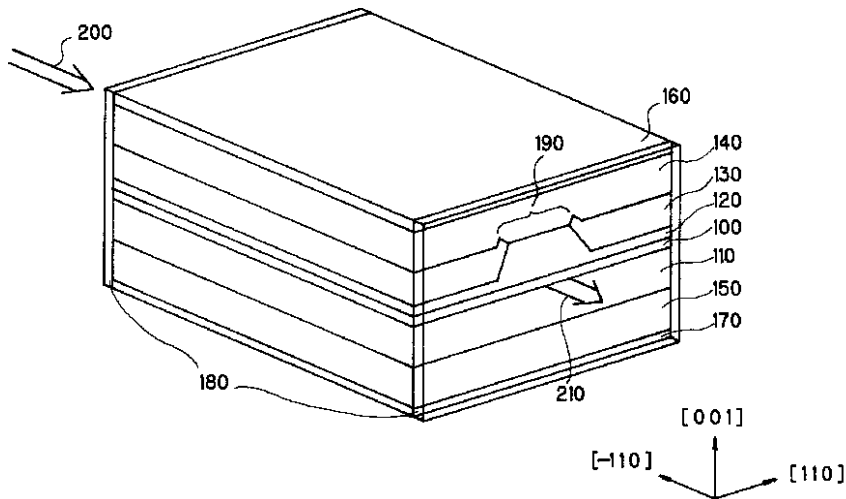
* 例の半導体光アンプの模式図。

【図2】TMモードを選択的に増幅する本発明の他の実施例の半導体光アンプの模式図。

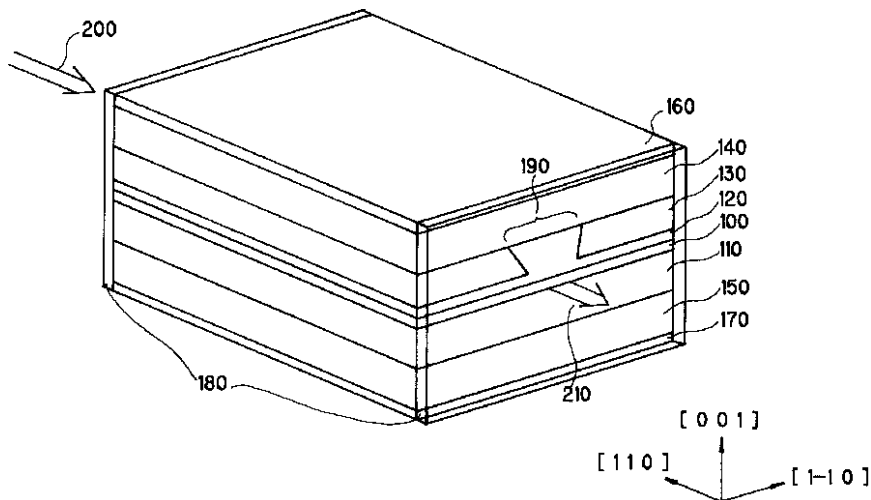
【符号の説明】

- 100 活性層
- 110, 120 クラッド層
- 130 電流ブロック層
- 140 キャップ層
- 150 半導体基板
- 160, 170 電極
- 180 誘電体無反射膜
- 190 光導波路
- 200 入射光
- 210 出射光

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.⁶, DB名)

H01S 3/18

J I C S Tファイル(J O I S)