

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

第2546127号

(45)発行日 平成8年(1996)10月23日

(24)登録日 平成8年(1996)8月8日

(51)Int.Cl.⁶

H 0 1 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 S 3/18

技術表示箇所

請求項の数2(全4頁)

(21)出願番号

特願平5-78437

(22)出願日

平成5年(1993)4月6日

(65)公開番号

特開平6-291411

(43)公開日

平成6年(1994)10月18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

(74)代理人

弁理士 京本 直樹 (外2名)

審査官

原 光明

(56)参考文献

特開 平6-252490 (J P, A)

(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】 バンドギャップエネルギーが E_1 のクラッド層とバンドギャップエネルギーが E_2 の多重量子井戸又は単一量子井戸活性層を備えたダブルヘテロ構造を少なくとも含む半導体多層膜と、前記半導体多層膜に電流を注入する電流注入手段とを有し、前記バンドギャップエネルギー E_1 と E_2 の間に $E_1 > 2 \times E_2$ またはこれに近い関係が成り立ち、少なくとも一方のクラッド層の厚さがレーザ共振器の軸方向に対して一定の周期で変化していることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】 $In_z Ga_{1-z} As$ を含む多重量子井戸又は単一量子井戸活性層と、 $(Al_x Ga_{1-x})_y In_{1-y} P$ から成るクラッド層とを備えたことを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

2

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、情報処理機器の光源に用いる半導体レーザに関する。

【0002】

【従来の技術】半導体レーザは、極めて小型でかつ量産性に富むため、今日情報機器や光通信など様々な光電機器用の光源として幅広く利用されている。情報機器のなかでも、特にコンパクトディスク(CD)や光磁気ディスクは、音楽やデータなどのデジタル情報を記録再生する機器として重要である。これらの情報機器の記録容量は、光源の波長が短いほど大きくなる。このため、より波長の短い半導体レーザの開発が活発に進められてきた。近年、実用的な特性を持つ半導体レーザの最も短い波長は、630nm程度である(小林他、ジャパニーズ・ジャーナルオブ・アプライド・フィジクス誌、第29

巻、第9号、L 1 6 6 9 - L 1 6 7 1 頁、1 9 9 0 年)。

【0 0 0 3】さらに短い波長の半導体レーザ光源の開発はすでにいくつか進められているが、現在のところ、充分実用的な特性が得られていない。I I - V I 族混晶半導体を用いた半導体レーザは、零下2 0 0 程度の極低温でしか動作しない。半導体レーザと固体レーザ結晶と第二高調波 (S H G) 結晶を組み合わせた半導体レーザ光源は、緑色から青色の光を発生するが、半導体レーザ単体と比べて容積が大きくかつ量産性が悪い。

【0 0 0 4】S H G はレーザ光の半分の波長の光を発生する原理なので、たとえば、発振波長が 1 . 2 μ m 以下の半導体レーザの S H G を発生させれば、6 0 0 n m 以下の短い波長の光を得ることができる。S H G 結晶を用いることなく、半導体レーザ単体から短い波長の S H G を取り出そうとする試みがいくつか提案されている。

0 . 8 2 μ m の発振光を発生する面発光型 A l G a A s レーザ結晶表面に、Z n S S e からなる S H G 結晶層を設け、0 . 4 1 μ m の S H G 光を発生させる半導体装置が特開昭 6 3 - 2 8 0 4 8 4 号公報に記載されている。また、オプティクス・コミュニケーションズ誌、第 3 5 巻、第 3 号、4 1 3 - 4 1 6 頁、(1 9 8 0 年) に、1 . 3 μ m の発振光を発生するファブリーペロー型 I n G a A s P レーザから 0 . 1 5 n W の 0 . 6 5 μ m 赤色 S H G 光を発生した例が記載されている。

【0 0 0 5】

【発明が解決しようとする課題】特開昭 6 3 - 2 8 0 4 8 4 号公報に記載された半導体装置は、G a A s 活性層を n 型 A l G a A s クラッド層と P 型 A l G a A s クラッド層とで挟んだダブルヘテロ構造を含む埋め込み構造型面発光レーザ構造の n 型 A l G a A s コンタクト層上に S H G 発生用の Z n S S e 層を設けた構成になっている。この半導体装置は面発光レーザ構造を採用しているため、長い光路長を得ることが難しく、強い S H G 光が得られない。

【0 0 0 6】また、上記オプティクスコミュニケーションズ誌に記載された従来例は、断面が平凸状の n 型 I n _{0.9} G a _{0.1} A s _{0.22} P _{0.78} 導波層を I n _{0.7} G a _{0.4} A s _{0.55} P _{0.45} 活性層と n 型 I n P 基板とで挟んだ積層構造を有し、さらに活性層上に p 型 I n P クラッド層を備えた P C W レーザで S H G 光が観測された例である。この P C W レーザは端面発光型なので面発光レーザに比べて光路長は長いものの、S H G 光がクラッド層で強く吸収されるため、やはり強い S H G 光が得られない。 *

$$k_s = 2 \cdot k_p + 2 \cdot m /$$

を充す を選んだ位相を整合させた。ここでは、m = + 1 として = 0 . 6 8 μ m とした。この方式の原理は、ニオブ酸リチウム導波路で実証された擬位相整合 (Q u a s i - P h a s e M a t c h i n g : Q P M) と呼ばれる方式に近い。凹凸形状の形成後、さらに 5 0 n m

* 【0 0 0 7】本発明は上述の欠点を除去し、S H G 光を効率良く発生する短波長の半導体レーザを提供することを目的としている。

【0 0 0 8】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体レーザは、バンドギャップエネルギーが E₁ のクラッド層とバンドギャップエネルギーが E₂ の多重量子井戸又は単一量子井戸活性層を備えたダブルヘテロ構造を少なくとも含む半導体多層膜と、前記半導体多層膜に電流を注入する電流注入手段とを有し、バンドギャップエネルギー E₁ と E₂ の間に E₁ < 2 × E₂ またはこれに近い関係が成り立ち、少くとも一方のクラッド層の厚さがレーザ共振器の軸方向に対して一定の周期で変化していることを特徴とする。

【0 0 0 9】

【作用】本発明の半導体レーザは、まず活性層に注入する電子とホールが発光再結合することによりエネルギーがおよそ E₂ (波長 λ₂) の発振光を発生する。この時、レーザ共振器内部の光密度は約 1 0 0 M W / c m² と非常に高い。このような非常に強い発振光に曝された活性層は、2 次非線形効果によりエネルギーが E_s = 2 × E₂ 、波長が λ_s = λ₂ / 2 の S H G 光を発生する。本発明の半導体レーザの S H G 光の発生は効率が高い。その理由は、レーザ共振器の体積の大部分をなすクラッド層のバンドギャップエネルギー E₁ よりも小さいエネルギー E_s を持つ S H G 光はクラッド層に殆ど吸収されないためである。

【0 0 1 0】

【実施例】次に本発明について図面を参照して説明する。

【0 0 1 1】図 1 は本発明の半導体レーザの第 1 の実施例を示す斜視図である。まず、S i ドープの n 型 G a A s 半導体基板 2 の上に 2 μ m 厚の S i ドープ n 型 (A l _{0.7} G a _{0.3}) _{0.5} I n _{0.5} P クラッド層 3、I n G a A s 活性層 4、2 μ m 厚の Z n ドープ p 型 (A l _{0.7} G a _{0.3}) _{0.5} I n _{0.5} P クラッド層 5、をエピタキシャル成長する。エピタキシャル成長の後、フォトリソグラフィ法と化学エッチングを用いて図 2 に示すように p 型 A l G a I n P クラッド層 5 の上部に周期 λ_p の凹凸形状を形成した。この凹凸形状は、発振光 (波長 λ_p) と S H G 光 (波長 λ_s) の位相を整合し、S H G 光の発生効率をさらに高める働きを持つ。すなわち、光導波路 1 0 における軸方向の発振光および S H G 光の波数をそれぞれ k_p、k_s とし、

$$(m = \pm 1, \pm 2, \dots)$$

厚の Z n ドープ型 p 型 G a I n P 層 8、0 . 3 μ m 厚の ドープ型 G a A s 層 9 を順次エピタキシャル成長した。I n G a A s 活性層 4 は、4 n m 厚アンドープ (A l _{0.7} G a _{0.3}) _{0.5} I n _{0.5} P 量子障壁層で分離された 2 層の 7 n m 厚アンドープ I n _{0.35} G a _{0.65} A s 量子

井戸層からなる。In_{0.35}Ga_{0.65}As量子井戸層のバンドギャップエネルギー(E_2)はおよそ1.07 eVである。In_{0.35}Ga_{0.65}As量子井戸層で誘導放出により発光する発振光のエネルギーは量子効果のためにバンドギャップエネルギー1.07 eVよりも少し大きくおよそ1.15 eVであり、波長に換算するとおよそ1.08 μm である。このとき、発生するSHG光のエネルギー(E_s)は2.30 eV、波長(λ_s)は540 nmである。InGaAs活性層もSHG光を少し再吸収するので、充分薄い活性層を用いた。InGaAs活性層は格子歪を受けているので、格子欠陥の発生を避けるためにも活性層厚が薄いことは重要である。InGaAs活性層4は、アンドープInGaAs量子井戸層単層でもよい。(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}Pクラッド層のバンドギャップエネルギー(E_1)は2.32 eVであり $E_1 > 2 \times E_2$ 、 $E_1 > E_s$ の関係を満たす。従って、SHG光は(AI_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}Pクラッド層に殆ど吸収されない。GaInP層8は、AlGaInPクラッド層5とGaAs層9の間の大きなバンドギャップエネルギー差を緩和しキャリア注入を促進するために挿入した。

【0012】エピタキシャル成長は有機金属結晶成長法(Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy:MOVPE)で行った。本実施例では、結晶成長温度は650 ~ 750、圧力は70 Torrとした。原料には、トリメチルアルミニウム、トリメチルガリウム、トリエチルガリウム、トリメチルインジウム、ジメチルジンク、フォスフィン、アルシン、ジシランを用いた。エピタキシャル成長は、ガスソース分子線結晶成長法(Gas-Source Molecular Beam Epitaxy:GS-MBE)、ケミカルビームエピタキシャル法(Chemical Beam Epitaxy:CBE)等を用いて行うことも可能である。

【0013】エピタキシャル成長の後、光導波路10を形成するためにフォトリソグラフィ法と化学エッチングを用いてAlGaInPクラッド層5、GaInP層8、GaAs層9の3層に同時にストライプ状のメサを形成した(図1)。メサを形成した後、Siドープn型(AI_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P層(0.7 < x < 1.0)ブロック層6をメサの外側に選択成長した。ブロック層6とAlGaInPクラッド層5の間の適切な屈折率差が基本横モード発振を安定化する。また、ブロック層6は光導波路10の中央に効率的にキャリアを注入する役割を併せ持つ。ブロック層6にn型GaAs層/n型GaInP層の多層膜を用いることも可能であ

る。この場合各GaAs層および各GaInP層の厚さをそれぞれの層における発振光の積層方向の波長のおよそ1/4程度とし、交互に多層積層した半導体ブラッグリフレクタ構造とすると、レーザ光に対して高い反射率を有するので光導波路に対して適切な実効的屈折率差が得られる。

【0014】さらに電極7および電極1を形成し、劈開を行って一对のレーザ端面11を形成し、最後に前方端面と後方端面にそれぞれ誘電体多層膜(図示省略)を形成して本発明の半導体レーザは完成した(図1)。共振器長は800 μm としたので、非線形光学効果を起こす光路長は充分長い。誘電体多層膜は、1.08 μm の発振光に対して100%に近い反射率を持つよう設計した。発振光の波長の1/2の波長(540 nm)を持つSHG光は誘電体多層膜を透過し、半導体レーザから出射する。

【0015】なお、実施例ではInGaAs、AlGaInP材料を用いたが、半導体レーザ等で用いられる他の半導体材料を用いてもよい。また導波構造は本発明においては本質的ではないので、例えばPCW等のような導波構造を採用してもよい。

【0016】

【発明の効果】本発明の半導体レーザは、波長540 nmの緑色のSHG光を効率良く発生した。SHG光は半導体レーザの1.08 μm の発振光に近い単色性を持ち、かつSHG光の位相は発振光の位相に揃っているため、光学レンズにより回折限界近くまで集光することができる。

【図面の簡単な説明】

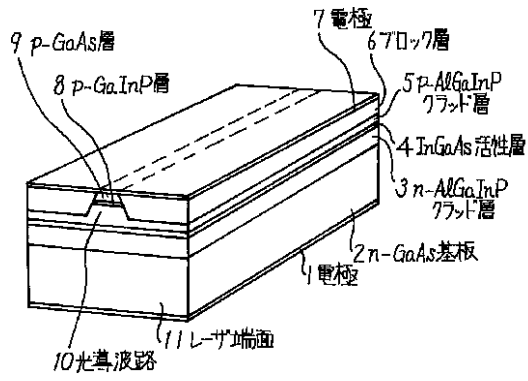
【図1】本発明の半導体レーザの実施例を示す斜視図である。

【図2】本発明の半導体レーザの実施例を示す断面図である。

【符号の説明】

- 1 電極
- 2 n型GaAs基板
- 3 n型AlGaInP層
- 4 InGaAs活性層
- 5 p型AlGaInP層
- 6 ブロック層
- 7 電極
- 8 p型GaInP層
- 9 p型GaAs層
- 10 光導波路
- 11 レーザ端面
- 12 誘電体多層膜

【図 1】



【図 2】

