

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3833953号

(P3833953)

(45) 発行日 平成18年10月18日(2006.10.18)

(24) 登録日 平成18年7月28日(2006.7.28)

(51) Int. Cl.

H01S 5/187 (2006.01)

F I

H01S 5/187

請求項の数 5 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2002-71086 (P2002-71086)	(73) 特許権者	503360115
(22) 出願日	平成14年3月14日(2002.3.14)		独立行政法人科学技術振興機構
(65) 公開番号	特開2003-273455 (P2003-273455A)		埼玉県川口市本町4丁目1番8号
(43) 公開日	平成15年9月26日(2003.9.26)	(74) 代理人	100091432
審査請求日	平成15年7月3日(2003.7.3)		弁理士 森下 武一
		(72) 発明者	野田 進
			京都府宇治市五ヶ庄京大宿舍231
		(72) 発明者	横山 光
			大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内
		(72) 発明者	関根 孝二郎
			大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内
		審査官	松崎 義邦
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 2次元フォトリック結晶面発光レーザ及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

キャリアの注入により発光する活性層をクラッド層で挟み込み、該クラッド層又は該活性層に2次的に屈折率周期を配置したフォトリック結晶周期構造体を備えた2次元フォトリック結晶面発光レーザにおいて、

前記フォトリック結晶周期構造体の結晶面に対する断面形状の幅が主たる発光方向に沿って漸減していること、

を特徴とする2次元フォトリック結晶面発光レーザ。

【請求項2】

フォトリック結晶周期構造体の前記断面形状が三角形状に近似した多段形状であることを特徴とする請求項1記載の2次元フォトリック結晶面発光レーザ。

【請求項3】

フォトリック結晶周期構造体が断面ほぼ三角形状体を重ね合わせた井桁構造であることを特徴とする請求項1記載の2次元フォトリック結晶面発光レーザ。

【請求項4】

請求項1記載の2次元フォトリック結晶面発光レーザの製造方法であって、フォトリック結晶周期構造体を結晶面に対する垂直方向の断面形状を段差を有するほぼ三角形状にフォトリソグラフィ法で加工した際、マストラנסポート効果によって段差部を消滅させて傾斜面を形成することを特徴とする2次元フォトリック結晶面発光レーザの製造方法。

【請求項5】

請求項3記載の2次元フォトリソグラフィ法で多段に加工した際、マストランスポート効果によって段差部を消滅させて傾斜面を形成することを特徴とする2次元フォトリソグラフィ法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、2次元フォトリソグラフィ法及びその製造方法、特に、キャリアの注入により発光する活性層又はその近傍に、2次元的に屈折率周期を配置したフォトリソグラフィ法で多段に加工した2次元フォトリソグラフィ法で多段に加工した際、マストランスポート効果によって段差部を消滅させて傾斜面を形成することを特徴とする2次元フォトリソグラフィ法に関する。

10

【0002】

【従来の技術】

従来、基板面から垂直方向にレーザー光を出射する面発光レーザーが種々開発、研究されている。面発光レーザーは同一基板上に多数の素子を集積（アレイ化）でき、各素子からコヒーレントな光が並列的に出射されるため、並列光ピックアップ、並列光伝送、光並列情報処理の分野での用途が期待されている。

【0003】

この種の面発光レーザーとして、フォトリソグラフィ法を利用した2次元フォトリソグラフィ法で多段に加工した2次元フォトリソグラフィ法で多段に加工した際、マストランスポート効果によって段差部を消滅させて傾斜面を形成することを特徴とする2次元フォトリソグラフィ法に関する。

20

【0004】

前記公報記載の2次元フォトリソグラフィ法で多段に加工した2次元フォトリソグラフィ法で多段に加工した際、マストランスポート効果によって段差部を消滅させて傾斜面を形成することを特徴とする2次元フォトリソグラフィ法に関する。

【0005】

具体的には、図8に示すように、この2次元フォトリソグラフィ法で多段に加工した2次元フォトリソグラフィ法で多段に加工した際、マストランスポート効果によって段差部を消滅させて傾斜面を形成することを特徴とする2次元フォトリソグラフィ法に関する。

30

【0006】

基板11は、例えば、n型InPの半導体材料からなる。下部クラッド層12及び上部クラッド層14は、例えば、それぞれn型及びp型InPの半導体層であり、活性層13よりも屈折率が低い。2次元フォトリソグラフィ法で多段に加工した2次元フォトリソグラフィ法で多段に加工した際、マストランスポート効果によって段差部を消滅させて傾斜面を形成することを特徴とする2次元フォトリソグラフィ法に関する。

40

【0007】

下部クラッド層12及び上部クラッド層14により活性層13を挟んでダブルヘテロ接合を形成し、キャリアを閉じこめて発光に寄与するキャリアを活性層13に集中させるようになっている。

【0008】

基板11の底面及び上部クラッド層14の上には金等からなる下部電極16及び上部電極17が形成されている。電極16、17間に電圧を印加することにより活性層13が発光し、該活性層13から漏れた光が2次元フォトリソグラフィ法で多段に加工した2次元フォトリソグラフィ法で多段に加工した際、マストランスポート効果によって段差部を消滅させて傾斜面を形成することを特徴とする2次元フォトリソグラフィ法に関する。

50

る発光領域 18) からコヒーレントな光が面発光される。

【0009】

ここで、図9に示すような正方格子からなる2次元フォトニック結晶20について共振作用を説明する。なお、格子形状は正方格子に限らず、三角格子等であってもよい。

【0010】

2次元フォトニック結晶20は、第1媒質12内に空孔等の第2媒質21と直交する2方向に同じ周期で形成した正方格子からなっている。正方格子は Γ -X方向と Γ -M方向の代表的な方向を有している。 Γ -X方向に隣接する第2媒質21の間隔をaとすると、第2媒質21を格子点とした一辺がaの正方形からなる基本格子Eが形成されている。

【0011】

波長 λ が基本格子Eの格子間隔aに一致する光Lが Γ -X方向に進行すると、光Lは格子点で2次回折される。このうち、光Lの進行方向に対して 0° 、 $\pm 90^\circ$ 、 180° の方向に回折された光のみがブラッグ条件を満たす。さらに、 0° 、 $\pm 90^\circ$ 、 180° の方向に回折された光の進行方向にも格子点が存在するため、回折光は再度進行方向に対して 0° 、 $\pm 90^\circ$ 、 180° 方向に回折する。

【0012】

光Lが1回又は複数回の2次回折を繰り返すと、回折光が元の格子点に戻るため共振作用が生じる。また、紙面に垂直な方向に1次回折された光もブラッグ条件を満たす。このため、共振によって増幅された光が上部クラッド層14を介して出射され、面発光機能を有することになる。また、全ての格子点でこの現象が生じるため、面内全域でコヒーレントなレーザ発振が可能である。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、前記2次元フォトニック結晶面発光レーザにおいて、周期構造体21は円柱状、楕円柱状あるいは四角柱状に形成されており、図10に示すように、結晶面に対する垂直方向の断面形状は四角形状になっている。

【0014】

このように、周期構造体21の垂直断面形状が四角形であると、1次回折による光は上方への出射光L1と下方への出射光L2に同じ強度(50%及び50%)で分かれる。レーザ光として使用される光は出射光L1、L2のいずれか一方であり、光の利用効率が低いという問題点を有していた。

【0015】

そこで、本発明の目的は、面発光される光の利用効率を50%以上に高めることのできる2次元フォトニック結晶面発光レーザ及びその製造方法を提供することにある。

【0016】

【発明の構成、作用及び効果】

以上の目的を達成するため、本発明に係る2次元フォトニック結晶面発光レーザは、キャリアの注入により発光する活性層をクラッド層で挟み込み、該クラッド層又は該活性層に2次元的に屈折率周期を配置したフォトニック結晶周期構造体を備えた2次元フォトニック結晶面発光レーザにおいて、前記フォトニック結晶周期構造体の結晶面に対する断面形状の幅が主たる発光方向に沿って漸減していることを特徴とする。

【0017】

この2次元フォトニック結晶面発光レーザにあつては、フォトニック結晶周期構造体の前記断面形状が三角形状に近似した多段形状であってもよい。また、フォトニック結晶周期構造体が断面ほぼ三角形状体を重ね合わせた井桁構造であってもよい。

【0018】

本発明に係る2次元フォトニック結晶面発光レーザにおいては、活性層から漏れた光がフォトニック結晶の周期構造体によって2次回折(共振)して増幅され、1次回折によってクラッド層から面発光する。周期構造体は垂直方向の断面形状の幅が主たる発光方向に沿って漸減しているため、底辺方向への1次回折が抑えられてほぼ三角形状の頂点方向へよ

10

20

30

40

50

り多く1次回折される。従って、頂点方向に1次回折される光を面発光として利用することにより、50%以上の光利用効率を得ることができる。

【0019】

一方、前記2次元フォトニック結晶面発光レーザは、フォトニック結晶周期構造体を結晶面に対する垂直方向の断面形状を段差を有するほぼ三角形形状にフォトリソグラフィ法で加工した際、マストラנסポート効果によって段差部を消滅させて傾斜面を形成することにより製造することができる。

【0020】

また、フォトニック結晶周期構造体を断面ほぼ三角形形状体を重ね合わせた井桁構造とした2次元フォトニック結晶面発光レーザは、フォトニック結晶周期構造体を構成する三角形形状体をフォトリソグラフィ法で多段に加工した際、マストラנסポート効果によって段差部を消滅させて傾斜面を形成することにより製造することができる。

10

【0021】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る2次元フォトニック結晶面発光レーザ及びその製造方法の実施形態について、添付図面を参照して説明する。

【0022】

(第1実施形態、図1参照)

本発明に係る2次元フォトニック結晶面発光レーザの第1実施形態は、図1にその要部断面を示すように、フォトニック結晶周期構造体21aの結晶面に対する垂直方向の断面形状を三角形形状としたものであり、周期構造体21aは下部クラッド層12に形成されている。その他の構成は図8に示した2次元フォトニック結晶面発光レーザ10と基本的構成を同じくし、同種の材料を用いて製作され、同様の共振作用によって面発光する。

20

【0023】

図8に示した周期構造体21は円柱形状、楕円形状、四角柱形状からなる。本第1実施形態での周期構造体21aはそれらの形状に対応した円錐形状、楕円錐形状、四角錐形状である。2次回折は従来の周期構造体21と同様に発生するが、周期構造体21(三角形形状)の底辺方向への1次回折光L2の発生が抑えられ、三角形形状の頂点方向へより多くの1次回折光L1が射出される。これにて、光の利用効率が向上することになる。

【0024】

(第2実施形態、図2参照)

本発明に係る2次元フォトニック結晶面発光レーザの第2実施形態は、図2にその要部断面を示すように、フォトニック結晶周期構造体21bの結晶面に対する垂直方向の断面形状を三角形形状に近似した3段形状としたものであり、周期構造体21bは下部クラッド層12に形成されている。その他の構成は図8に示した2次元フォトニック結晶面発光レーザ10と基本的構成を同じくし、同種の材料を用いて製作され、同様の共振作用によって面発光する。

30

【0025】

本第2実施形態での周期構造体21bも円錐形状、楕円錐形状、四角錐形状の3段ピラミッド形状である。前記第1実施形態と比較すると、1次回折光L2が若干多くなり、面発光して利用される1次回折光L1の利用効率が若干低下するが、従来の垂直断面が四角形状の周期構造体21と比べると光の利用効率は向上している。

40

【0026】

(第3実施形態、図3参照)

本発明に係る2次元フォトニック結晶面発光レーザの第3実施形態は、図3にその要部断面を示すように、フォトニック結晶周期構造体21cの結晶面に対する垂直方向の断面形状を三角形形状に近似した2段形状としたものであり、周期構造体21cは下部クラッド層12に形成されている。その他の構成は図8に示した2次元フォトニック結晶面発光レーザ10と基本的構成を同じくし、同種の材料を用いて製作され、同様の共振作用によって面発光する。

50

【0027】

本第3実施形態での周期構造体21cも円錐形状、楕円錐形状、四角錐形状の2段ピラミッド形状であり、前記第2実施形態の変形例としても位置づけられる。第2実施形態と比較すると、1次回折光L2が若干多くなり、面発光して利用される1次回折光L1の利用効率が若干低下するが、従来の垂直断面が四角形の周期構造体21と比べると利用効率は向上している。

【0028】

(製造方法、図4、図5参照)

ここで、前記第2実施形態で示した2次元フォトニック結晶面発光レーザの製造方法について、その要部であるフォトニック結晶周期構造体21bの加工工程(フォトリソグラフィ法あるいは電子ビームリソグラフィ法等)を説明する。なお、下部クラッド層、活性層、上部クラッド層を形成する工程は従来と同様である。

10

【0029】

まず、下部クラッド層12b上にレジスト31を塗布し(図4(A)参照)、該レジスト31をパターニングした後(図4(B)参照)、下部クラッド層12bを所定量エッチング処理する(図4(C)参照)。

【0030】

次に、レジスト31を除去し、新たなレジスト31を塗布し(図4(D)参照)、該レジスト31をパターニングすると共にさらに所定量エッチング処理する(図4(E)参照)

20

【0031】

次に、レジスト31を除去し、新たなレジスト31を塗布し(図4(F)参照)、該レジスト31をパターニングすると共にさらに所定量エッチング処理し(図4(G)参照)、レジスト31を除去する(図4(H)参照)。これにて、下部クラッド層12bに3段ピラミッド形状のフォトニック結晶周期構造体21bが形成されたことになる。

【0032】

その後、下部クラッド層12bを表裏反転させ(図5(A)参照)、基板11上に積層されている下部クラッド層12a上に下部クラッド層12bを融着させる(図5(B)参照)。完成した状態は図5(C)に示すとおりである。なお、下部クラッド層12bには活性層13及び上部クラッド層14が予め積層されている。また、その後、図8に示したように、基板11の下面に下部電極16が設けられ、上部クラッド層14の上面に上部電極17が設けられる。

30

【0033】

また、下部クラッド層12bをフォトリソグラフィ法で加工した際、周知のマストランスポート効果によって段差部を消滅させて傾斜面を形成すると、前記第1実施形態で示した垂直断面が三角形の周期構造体21aを形成することができる。

【0034】

InP、InGaAs、InGaP、InAs、GaAs、GaP、AlGaAs等のIII-V族半導体は、水素ガス、窒素ガスあるいは希ガスの雰囲気中で、450以上30分以上の熱処理を加えることで強くマストランスポートが生じる。この条件は以下に説明する第4実施形態での傾斜面の形成工程でもほぼ同様である。

40

【0035】

(第4実施形態、図6、図7参照)

本発明に係る2次元フォトニック結晶面発光レーザの第4実施形態は、図6に示すように、下部クラッド層12a、12bの対向面に互いに直交する方向に形成した断面三角形の陸部22a、23a及び溝部22b、23bによって井桁構造の2次元フォトニック結晶20を構成したものである。その他の構成は図8に示した2次元フォトニック結晶面発光レーザ10と基本的構成を同じくし、同種の材料を用いて製作される。従って、図6において図8と同じ部材には同じ符号が付されている。

【0036】

50

陸部 2 2 a , 2 3 a 及び溝部 2 2 b , 2 3 b が接合されることにより、井桁構造の 2 次元フォトニック結晶 2 0 が形成される。図 7 はこの 2 次元フォトニック結晶 2 0 を示す平面図であり、陸部 2 2 a , 2 3 a 及び溝部 2 2 b , 2 3 b の重なり状態の異なる、即ち屈折率がそれぞれ異なる 2 次元の周期構造体 2 1 d , 2 1 e , 2 1 f , 2 1 g (それぞれ斜線を付して示す) が市松模様状に密集して配列されている。

【 0 0 3 7 】

このような 2 次元の周期構造体によって光が 2 次回折して共振し、1 次回折によって面発光する。この 1 次回折において、図 6 に示すように、1 次回折光 L 2 の発生が抑えられ、より多くの 1 次回折光 L 1 が出射され、光の利用効率が向上する。

【 0 0 3 8 】

井桁を構成する断面三角形形状体は、図 4 に示したフォトリソグラフィ法で多段に加工した際、マストランスポート効果によって段差部を消滅させて傾斜面を形成すればよい。

【 0 0 3 9 】

(他の実施形態)

なお、本発明に係る 2 次元フォトニック結晶面発光レーザ及びその製造方法は前記実施形態に限定するものではなく、その要旨の範囲内で種々に変更することができる。

【 0 0 4 0 】

特に、半導体層、フォトニック結晶、電極の材料や、光の偏光を揃えるための構造、格子形状等は任意である。また、前記各実施形態では、フォトニック結晶周期構造体を下部クラッド層に設けた例を示したが、上部クラッド層内の活性層近傍もしくは活性層内に設けてもよい。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】本発明の第 1 実施形態である 2 次元フォトニック結晶面発光レーザの要部を示す断面図。

【 図 2 】本発明の第 2 実施形態である 2 次元フォトニック結晶面発光レーザの要部を示す断面図。

【 図 3 】本発明の第 3 実施形態である 2 次元フォトニック結晶面発光レーザの要部を示す断面図。

【 図 4 】前記第 2 実施形態でのフォトニック結晶周期構造体の加工工程を示す説明図。

【 図 5 】前記第 2 実施形態でのフォトニック結晶周期構造体の加工工程を示す説明図、図 4 の続き。

【 図 6 】本発明の第 4 実施形態である 2 次元フォトニック結晶面発光レーザを示す斜視図。

【 図 7 】前記第 4 実施形態での 2 次元フォトニック結晶を示す説明図。

【 図 8 】本発明に先行する 2 次元フォトニック結晶面発光レーザを示す斜視図。

【 図 9 】2 次元フォトニック結晶面発光レーザの共振作用を示す説明図。

【 図 1 0 】図 8 に示した面発光レーザでのフォトニック結晶周期構造体を示す断面図。

【 符号の説明 】

- 1 0 ... 2 次元フォトニック結晶面発光レーザ
- 1 1 ... 基板
- 1 2 ... 下部クラッド層
- 1 3 ... 活性層
- 1 4 ... 上部クラッド層
- 2 0 ... 2 次元フォトニック結晶
- 2 1 a ~ 2 1 g ... フォトニック結晶周期構造体

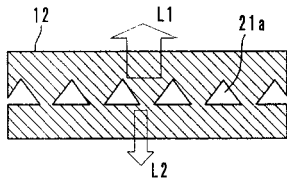
10

20

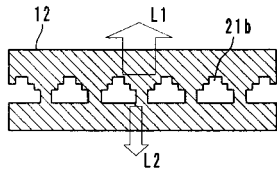
30

40

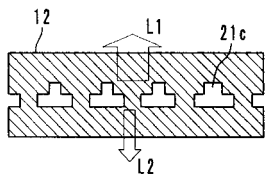
【 図 1 】



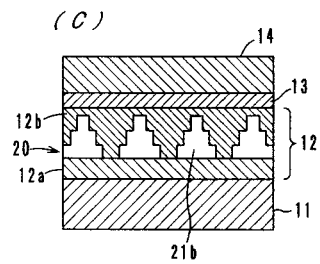
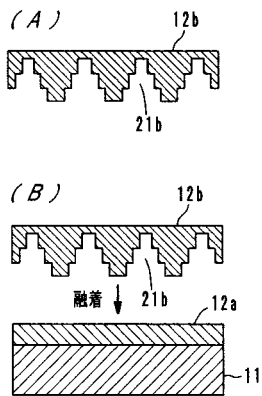
【 図 2 】



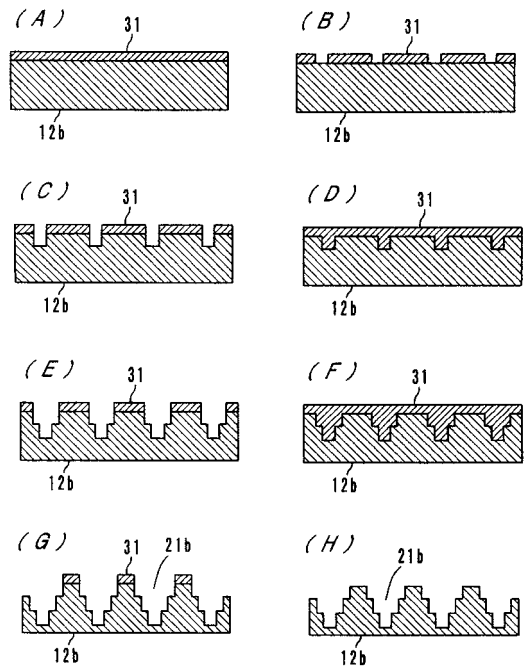
【 図 3 】



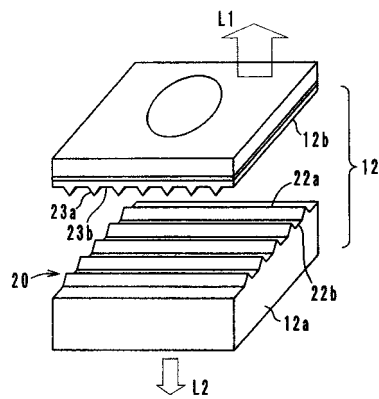
【 図 5 】



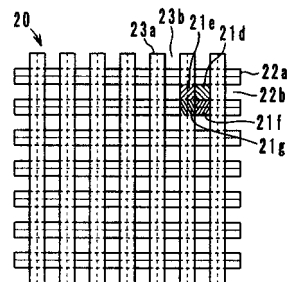
【 図 4 】



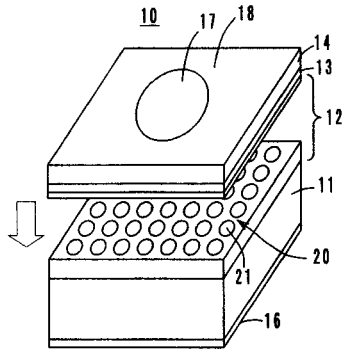
【 図 6 】



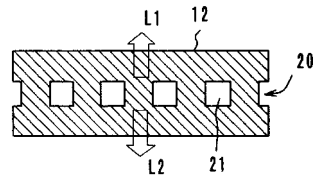
【 図 7 】



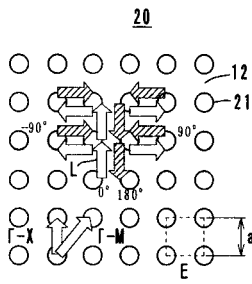
【 図 8 】



【 図 10 】



【 図 9 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平10-335758(JP,A)
特開2000-332351(JP,A)
特開平10-022523(JP,A)
特開2003-273454(JP,A)
特開2003-273456(JP,A)
特開2001-249235(JP,A)
特開2002-084037(JP,A)
特開2001-296442(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01S5/00-5/50
JST7580(JDream2)
JSTPlus(JDream2)