

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003 - 273460

(P 2 0 0 3 - 2 7 3 4 6 0 A)

(43)公開日 平成15年 9月26日 (2003.9.26)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード [*] (参考)
H01S 5/183 5/40		H01S 5/183 5/40	5F073

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 5 頁)

(21)出願番号	特願2002 - 71083 (P 2002 - 71083)	(71)出願人	396020800 科学技術振興事業団 埼玉県川口市本町 4 丁目 1 番 8 号
(22)出願日	平成14年 3月14日 (2002.3.14)	(71)出願人	000006079 ミノルタ株式会社 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
		(72)発明者	野田 進 京都府宇治市五ヶ庄京大宿舍231
		(74)代理人	100091432 弁理士 森下 武一

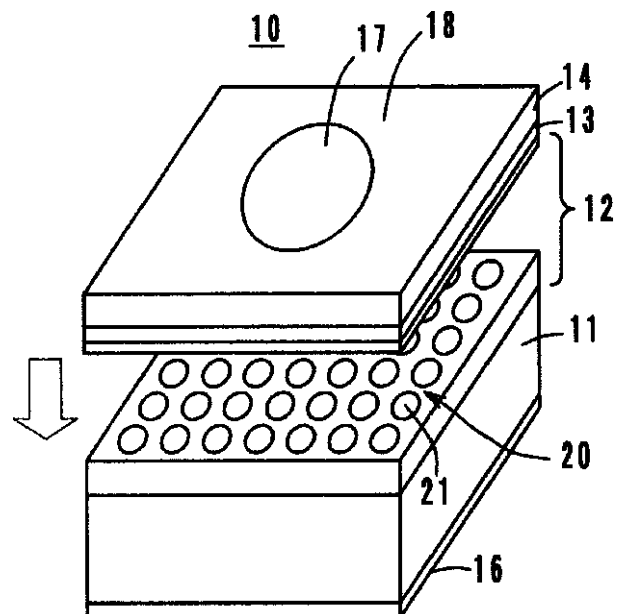
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 2次元フォトニック結晶面発光レーザアレイ及び2次元フォトニック結晶面発光レーザ

(57) 【要約】

【課題】 クロストークの発生を抑えることのできる2次元フォトニック結晶面発光レーザアレイを得る。

【解決手段】 基板 1 1 上に下部クラッド層 1 2、キャリアの注入により発光する活性層 1 3、上部クラッド層 1 4 を積層し、下部クラッド層 1 2 に2次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 2 1 を備え、該構造体 2 1 により共振して上部クラッド層 1 4 の上面から面発光する2次元フォトニック結晶面発光レーザ。このレーザをアレイ化する際、上部クラッド層 1 4 上に上部電極 1 7 をフォトニック結晶周期構造体 2 1 のポインティングベクトルと略直交する方向に配列する。



【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アレイにおいて、前記クラッド層上に上部電極が前記フォトニック結晶周期構造体のポインティングベクトルとは異なる方向に配列されていること、

を特徴とする 2 次元フォトニック結晶面発光レーザアレイ。

【請求項 2】 前記上部電極が前記ポインティングベクトルと略直交する方向に配列されていることを特徴とする請求項 1 記載の 2 次元フォトニック結晶面発光レーザアレイ。

【請求項 3】 前記フォトニック結晶周期構造体が正方格子に配列されていることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載の 2 次元フォトニック結晶面発光レーザアレイ。

【請求項 4】 前記フォトニック結晶周期構造体が楕円であることを特徴とする請求項 1、請求項 2 又は請求項 3 記載の 2 次元フォトニック結晶面発光レーザアレイ。

【請求項 5】 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アレイにおいて、レーザ出力をモニタするための光センサが、前記フォトニック結晶周期構造体のポインティングベクトルに対して略直交する位置に設けられていること、

を特徴とする 2 次元フォトニック結晶面発光レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、2次元フォトニック結晶面発光レーザアレイ及び2次元フォトニック結晶面発光レーザに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、基板面から垂直方向にレーザ光を出射する面発光レーザが種々開発、研究されている。面発光レーザ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として、フォトニック結晶を利用した2次元フォトニック結晶面発光レーザが特開2000-332351号公報に開示されている。フォトニック結晶とは、光の波長と同程度もしくはより小さい屈折率周期を有する結晶であり、誘電体の多次元周期構造体では半導体の結晶中で電子状態にバンドギャップが生じることと同様の原理により、光の導波を

抑制する波長帯（フォトニックバンドギャップ）が生じ、光を2次元又は3次元に閉じこめることが可能である。

【0004】前記公報記載の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の近傍に、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、フォトニック結晶により共振して面発光するものである。

【0005】

10 【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をアレイ化しようとする、光の共振方向が面内方向であるため、隣接するレーザ間にクロストークが生じる。特に、光の偏光方向が定まっていないと、面内での光の進行方向（ポインティングベクトル）も四方八方に向かい、それぞれのレーザをどのように並べてもクロストークが生じる。

【0006】そこで、本発明の目的は、クロストークの発生を抑えることのできる2次元フォトニック結晶面発光レーザアレイを提供することにある。

20 【0007】また、本発明の他の目的は、レーザ出力をモニタするための光センサを容易に配置することのできる2次元フォトニック結晶面発光レーザを提供することにある。

【0008】

【発明の構成、作用及び効果】以上の目的を達成するため、第1の発明は、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アレイにおいて、前記クラッド層上に上部電極が前記フォトニック結晶周期構造体のポインティングベクトルとは異なる方向に配列されていることを特徴とする。

30 【0009】第1の発明においては、フォトニック結晶により共振して増幅された光が上部電極の周囲の発光領域からコヒーレントな光として出射する。上部電極はフォトニック結晶周期構造体における光の進行方向（ポインティングベクトル）とは異なる方向に配列されているため、隣接するレーザ素子間のクロストークが生じにくくなる。

40 【0010】特に、上部電極をポインティングベクトルと略直交する方向に配列すれば、クロストークの防止に効果的である。また、光の偏光方向を揃えることが重要であり、そのためには、フォトニック結晶周期構造体を楕円にすることが好ましい。それ以外に、媒質の屈折率を調整したり、周期構造に乱れ（格子欠陥）を導入してもよい。フォトニック結晶周期構造体の格子形状は正方格子や三角格子等任意であるが、正方格子であれば設計が容易である。

50 【0011】また、第2の発明は、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、レーザ出力をモニタするための光センサが、前記フォトニック結晶周期構造体のポインティングベクトルに対して略直交する位置に設けられていることを特徴とする。

【0012】2次元フォトニック結晶面発光レーザでは、1次回折を利用して面発光させるが、2次回折光も漏れており、第2の発明ではその漏れ光を光センサで検出するようにしたため、光センサを基板と並置することができ、光センサの配置が容易になる。

【0013】

【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アレイ及び 2 次元フォトニック結晶面発光レーザの実施形態について、添付図面を参照して説明する。

【0014】(基本構造及び共振作用、図1、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アレイは、図1に示す 2 次元フォトニック結晶面発光レーザを同一基板上に複数素子並設したものである。

【0015】この 2 次元フォトニック結晶面発光レーザ 10 は、概略、基板 11 上に下部クラッド層 12、活性層 13、上部クラッド層 14 が積層され、下部クラッド層 12 には活性層 13 の近傍に 2 次元フォトニック結晶 20 が内蔵されている。

【0016】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 次元フォトニック結晶 20 は、下部クラッド層 12 に形成した空孔(フォトニック結晶周期構造体 21)にて構成され、下部クラッド層 12 とは屈折率の異なる媒質が 2 次元の周期で配列された正方格子や三角格子からなっている。空孔内には SiN 等を充填してもよい。活性層 13 は、例えば、InGaAs / InGaAsP 系の半導体材料を用いた多重量子井戸構造からなっており、キャリアの注入により発光する。

【0017】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。

【0018】基板 11 の底面及び上部クラッド層 14 の上面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 次元フォトニック結晶 20 に入射する。2 次元フォトニック結晶 20 の格子間隔に波長が一致する光は、2 次元フォトニック結晶 20 により共振して増幅される。これにより、上部クラッド層 14 の上面(電極 17 の周囲に位置する発光領域 18)からコヒーレントな光

が面発光される。

【0019】ここで、図2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。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 - X 方向と - M 方向の代表的な方向を有している。- 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。

【0020】波長 λ が基本格子 E の格子間隔 a に一致する光 L が - 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。

【0021】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。

【0022】(フォトニック結晶周期構造体とポインティングベクトルの向き、図3～図5参照)本発明の課題とされているクロストークを防止するには、フォトニック結晶 20 内における光の進行方向(ポインティングベクトル)を一定にすること、即ち、光の偏光方向を揃えることが重要である。偏光方向を揃えるには、媒質 21 の屈折率を調整したり、周期構造に乱れ(格子欠陥)を導入することで可能であるが、本実施形態においては、下部クラッド層 12 に内蔵されたフォトニック結晶周期構造体 21 を形成する単位格子形状を楕円形状とした。該周期構造体 21 を楕円とすることにより、フォトニックバンドから決まるモードによっては、楕円の長軸方向とポインティングベクトル P の方向が同じ場合(図3(A)参照、モード A, D)と、異なる場合(図3(B)参照、モード B, C)とが存在する。

【0023】いずれのモードにあっても、レーザ素子ができるだけ狭小ピッチでアレイ化するためには、上部クラッド層 14 の上面に形成する上部電極 17 を、ポインティングベクトル P と同じ方向に配列しなければよい。

【0024】図4、図5は、ポインティングベクトル P と電界(偏光)D の方向に関して各面発光レーザ 10 (上部電極 17)の配置関係を示す。図4に示すように、上部電極 17 をポインティングベクトル P と同じ方向に配列して面発光レーザアレイ 30 を構成すると、隣

接するレーザ 1 0 間にクロストークが発生し、各レーザ 1 0 から出射するレーザ光を独立して制御できなくなるおそれがある。クロストークを防止するには各レーザ 1 0 の間隔を大きく設定する必要があり、これではアレイが大型化してしまう。

【 0 0 2 5 】これに対して、図 5 に示すように、上部電極 1 7 をポインティングベクトル P の方向と直交する方向に配列して面発光レーザアレイ 3 0 を構成すると、隣接するレーザ 1 0 間のクロストークは小さくなり、各レーザ 1 0 の間隔を小さく設定することが可能となる。

【 0 0 2 6 】クロストークを小さくするためには、上部電極 1 7 をポインティングベクトル P と直交する方向に配列することが最も望ましいが、4 5 ° に交差する方向に配列した場合であっても、クロストークを抑えてアレイ 3 0 を小型化する効果を発揮する。

【 0 0 2 7 】(光センサの配置、図 6 参照) 図 6 は、前記 2 次元フォトニック結晶面発光レーザ 1 0 をアレイ化したレーザアレイ 3 0 に対して、レーザ出力をモニタするための光センサ 3 5 を取り付けられた状態を示す。ここで、光センサ 3 5 はポインティングベクトル P に対して直交する位置に設けられている。

【 0 0 2 8 】2 次元フォトニック結晶面発光レーザ 1 0 では 1 次回折を利用して図 6 の紙面に垂直方向にレーザ光を出射するが、2 次回折光も基板 1 1 の側面から漏れている。光センサ 3 5 をポインティングベクトル P と略直交する位置に設けて 2 次回折光を検出することで、レーザ出力をモニタすることができる。この場合、光センサ 3 5 は基板 1 1 と並置すればよく、配置が容易である。なお、光センサ 3 5 はレーザアレイ 3 0 のみならず、面発光レーザ 1 0 単体に配置してもよい。

【 0 0 2 9 】ちなみに、従来一般的な面発光レーザとして知られている VCSEL では、モニタ用の光センサは出射面と反対側の基板下面に配置することが必要で、これでは光センサの配置が困難であった。

【 0 0 3 0 】(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アレイ及び 2 次元フォ

トニック結晶面発光レーザ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 3 1 】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。

10 【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】本発明に係る 2 次元フォトニック結晶面発光レーザアレイの 1 単位である面発光レーザの基本構成を示す斜視図。

【 図 2 】前記面発光レーザの共振作用を示す説明図。

【 図 3 】フォトニック結晶周期構造体の形状とポインティングベクトルの方向を示す説明図。

【 図 4 】ポインティングベクトルの方向と面発光レーザの配置関係を示す説明図、好ましくない関係を示す。

20 【 図 5 】ポインティングベクトルの方向と面発光レーザの配置関係を示す説明図、好ましい関係を示す。

【 図 6 】2 次元フォトニック結晶面発光レーザアレイに光センサを設けた状態を示す平面図。

【 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 (第 1 媒質)

1 3 ... 活性層

1 4 ... 上部クラッド層

1 6 ... 下部電極

30 1 7 ... 上部電極

2 0 ... 2 次元フォトニック結晶

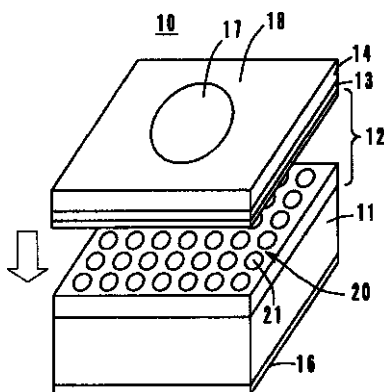
2 1 ... フォトニック結晶周期構造体 (第 2 媒質)

3 0 ... 2 次元フォトニック結晶面発光レーザアレイ

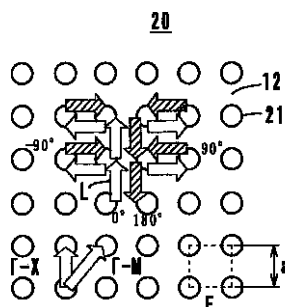
3 5 ... 光センサ

P ... ポインティングベクトル

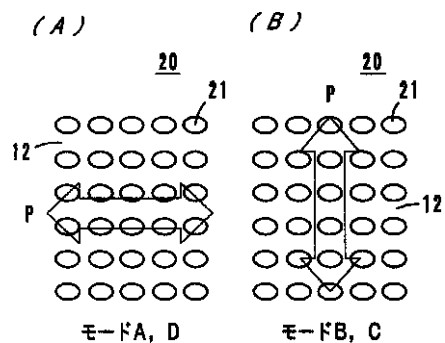
【 図 1 】



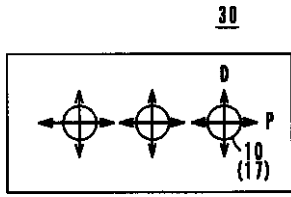
【 図 2 】



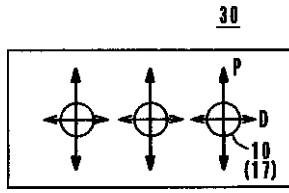
【 図 3 】



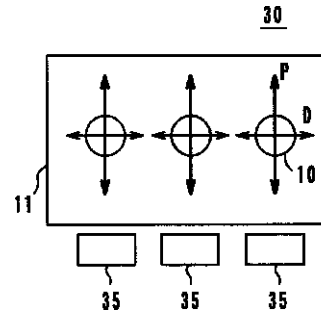
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 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
Fターム(参考) 5F073 AA62 AA89 AB05 AB17 CA12