

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4338211号
(P4338211)

(45) 発行日 平成21年10月7日(2009.10.7)

(24) 登録日 平成21年7月10日(2009.7.10)

(51) Int.Cl.

H01S 5/125 (2006.01)

F I

H01S 5/125

請求項の数 9 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2007-206984 (P2007-206984)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成19年8月8日(2007.8.8)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2009-43918 (P2009-43918A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成21年2月26日(2009.2.26)	(74) 代理人	100105289
審査請求日	平成20年9月4日(2008.9.4)		弁理士 長尾 達也
		(72) 発明者	長友 靖浩
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
			ヤノン株式会社内
		(72) 発明者	内田 武志
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
			ヤノン株式会社内
		審査官	小林 謙仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フォトニック結晶を有する構造体、面発光レーザ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

屈折率の異なる構造が2次元の周期で配列された2次元フォトニック結晶を有し、前記2次元フォトニック結晶の面内方向に伝搬する光の共振方向と垂直な方向に出射する構造を備えた構造体であって、

前記構造体は、屈折率の異なる構造が1次元の周期で配列された1次元フォトニック結晶を備え、

該1次元フォトニック結晶が、該1次元フォトニック結晶より低屈折率の部材で挟まれており、

該1次元フォトニック結晶のフォトニックバンドエッジによって、前記2次元フォトニック結晶の面内方向に伝搬する光を反射させることを特徴とするフォトニック結晶を有する構造体。

【請求項2】

前記1次元フォトニック結晶は、前記構造体における前記2次元フォトニック結晶の領域外に、前記光の出射する方向と垂直な方向であって、かつ前記光の共振方向と垂直な方向に設けられ、

前記フォトニックバンドエッジの反射によって、前記2次元フォトニック結晶の領域外へ漏れた光を該領域内に戻すことを特徴とする請求項1に記載のフォトニック結晶を有する構造体。

【請求項3】

10

20

前記 1 次元フォトニック結晶が、前記漏れた光における複数の共振モードのうちのひとつを、選択的に反射させることを特徴とする請求項 2 に記載のフォトニック結晶を有する構造体。

【請求項 4】

前記 1 次元フォトニック結晶が、特定の波長において、直交する偏光方向のいずれか一方を選択的に反射もしくは透過させることを特徴とする請求項 1 に記載のフォトニック結晶を有する構造体。

【請求項 5】

前記 1 次元フォトニック結晶が、前記 2 次元フォトニック結晶を挟んで対向する位置に、1 組だけ配置されていることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載のフォ

10

【請求項 6】

前記 1 次元フォトニック結晶が、前記 2 次元フォトニック結晶を挟んで対向する位置の全ての位置に配置されていることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載のフォトニック結晶を有する構造体。

【請求項 7】

前記 2 次元フォトニック結晶と前記 1 次元フォトニック結晶とが、

前記 2 次元フォトニック結晶領域で共振している光と、前記 1 次元フォトニック結晶により戻された光とが、互いに強め合うまたは弱め合う位置に配置されていることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載のフォトニック結晶を有する構造体。

20

【請求項 8】

前記 2 次元フォトニック結晶が、同一面内に複数配置されたアレイ構造を有し、

前記複数配置された 2 次元フォトニック結晶同士の間、前記 1 次元フォトニック結晶が配置されていることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載のフォトニック結晶を有する構造体。

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載のフォトニック結晶を有する構造体を含み構成されていることを特徴とする面発光レーザ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、フォトニック結晶を有する構造体、フォトニック結晶を有する構造体を備えた面発光レーザに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、フォトニック結晶を半導体レーザに適用した例が多く報告されている。特許文献 1 には、発光材料を含む活性層を設け、その活性層の近傍に 2 次元フォトニック結晶を形成した面発光レーザ光源が記載されている。

この 2 次元フォトニック結晶には、半導体層に円柱状の空孔が周期的に設けられ、屈折率の分布が 2 次元的な周期性を持っている。

40

この周期性により、活性層で生成される光が共振し定在波を形成してレーザ発振する。

また、1 次回折により面垂直方向に光を取り出され、面発光レーザとして動作する。

【0003】

このようなフォトニック結晶を備えた面発光レーザにおいて、2 次元フォトニック結晶のサイズが有限である場合には、面内方向に光の漏れが生じてしまう。このような面内方向の漏れ光は損失となるため、発振しきい値の増大や光出力の低下につながる。

そのため、従来において、特許文献 2 では、面内方向に漏れる光をフォトニックバンドギャップを利用して反射する構造体を、2 次元フォトニック結晶の周りに配置した 2 次元的フォトニック結晶面発光レーザが提案されている。

これにより、上記面内方向に漏れる光を 2 次元フォトニック結晶の領域内に戻すようにさ

50

れている。

【特許文献1】特開2000-332351号公報

【特許文献2】特開2003-273456号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記したように、フォトニック結晶面発光レーザにおいて、2次元フォトニック結晶のサイズが有限である場合、面内方向に光の漏れが生じることになる。

この漏れを防ぐため、フォトニック結晶を大きくした場合には、デバイスのサイズが大きくなってしまいうという問題が生じる。

また、上記した特許文献2のように、面内方向に漏れる光を反射する構造体をフォトニック結晶の周りに配置するようにしたものにおいても、つぎのような課題を有している。

すなわち、特許文献2のものでは、面内方向に漏れた光をフォトニックバンドギャップを利用して反射する構造が採られている。

このような構造では、周期構造による多重反射によって光を反射することから、必要な反射率が高くなるにつれて必要な周期数も多くなり、結果としてサイズが大きくなってしまいうという問題が生じる。

【0005】

本発明は、上記課題に鑑み、面内方向に漏れる光を、小さいサイズで効率的に反射して再利用できるようにするフォトニック結晶を有する構造体、フォトニック結晶を有する構造体を備えた面発光レーザを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、つぎのように構成したフォトニック結晶を有する構造体、フォトニック結晶を有する構造体を備えた面発光レーザを提供するものである。

本発明のフォトニック結晶を有する構造体は、屈折率の異なる構造が2次元の周期で配列された2次元フォトニック結晶を有し、前記2次元フォトニック結晶の面内方向に伝搬する光の共振方向と垂直な方向に出射する構造を備えた構造体であって、

前記構造体は、屈折率の異なる構造が1次元の周期で配列された1次元フォトニック結晶を備え、

該1次元フォトニック結晶が、該1次元フォトニック結晶より低屈折率の部材で挟まれており、

該1次元フォトニック結晶のフォトニックバンドエッジによって、前記2次元フォトニック結晶の面内方向に伝搬する光を反射させることを特徴とする。

また、本発明のフォトニック結晶を有する構造体は、前記1次元フォトニック結晶は、前記構造体における前記2次元フォトニック結晶の領域外に、前記光の出射する方向と垂直な方向であって、かつ前記光の共振方向と垂直な方向に設けられ、

前記フォトニックバンドエッジの反射によって、前記2次元フォトニック結晶の領域外へ漏れた光を該領域内に戻すことを特徴とする。

また、本発明のフォトニック結晶を有する構造体は、前記1次元フォトニック結晶が、前記漏れた光における複数の共振モードのうちのひとつを、選択的に反射させることを特徴とする。

また、本発明のフォトニック結晶を有する構造体は、前記1次元フォトニック結晶が、特定の波長において、直交する偏光方向のいずれか一方を選択的に反射もしくは透過させることを特徴とする。

また、本発明のフォトニック結晶を有する構造体は、前記1次元フォトニック結晶が、前記2次元フォトニック結晶を挟んで対向する位置に、1組だけ配置されていることを特徴とする。

また、本発明のフォトニック結晶を有する構造体は、前記1次元フォトニック結晶が、前記2次元フォトニック結晶を挟んで対向する位置の全ての位置に配置されていることを特

10

20

30

40

50

徴とする。

また、本発明のフォトニック結晶を有する構造体は、前記２次元フォトニック結晶と前記１次元フォトニック結晶とが、

前記２次元フォトニック結晶領域で共振している光と、前記１次元フォトニック結晶により戻された光とが、互いに強め合うまたは弱め合う位置に配置されていることを特徴とする。

また、本発明のフォトニック結晶を有する構造体は、前記２次元フォトニック結晶が、同一面内に複数配置されたアレイ構造を有し、

前記複数配置された２次元フォトニック結晶同士の間、前記１次元フォトニック結晶が配置されていることを特徴とする。

10

また、本発明の面発光レーザは、上記したいずれかに記載のフォトニック結晶を有する構造体を含み構成されていることを特徴とする。

【発明の効果】

【０００７】

本発明によれば、面内方向に漏れる光を、小さいサイズで効率的に反射して再利用することができるフォトニック結晶を有する構造体、フォトニック結晶を有する構造体を備えた面発光レーザを実現することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【０００８】

つぎに、本の発明の実施の形態について説明する。

20

[第１の実施形態]

本発明の第１の実施形態として、本発明を適用した屈折率の異なる構造が２次元の周期で配列された２次元フォトニック結晶を有し、前記２次元フォトニック結晶の面内方向に伝搬する光の共振方向と垂直な方向に出射する構造を備えた構造体について説明する。

図１に、本実施形態におけるフォトニック結晶を有する構造体を説明するための斜視図を示す。

図１において、１０００は、第１の屈折率（ n_1 ）を有する第１の材料からなる第１の部材に、周期的に配列した複数の孔１０１０および１次元周期構造１０３０を設けて構成されるフォトニック結晶層である。

また、１０２０は、該フォトニック結晶層１０００に隣接するクラッド層である。

30

【０００９】

２次元フォトニック結晶の面内方向のサイズが有限であれば、光は該２次元フォトニック結晶構造の設けられた領域外に漏れ出す。

漏れた光は損失となるので、前記構造体の特性劣化につながる。

ここで、１次元フォトニック結晶構造１０３０を配置すると、１次元フォトニック結晶構造に入射した光のうち、フォトニックバンドエッジに相当する波長の光は共鳴し、理論上ほぼ１００％の効率で反射される。

これにより、上記１次元フォトニック結晶のフォトニックバンドエッジによって、２次元フォトニック結晶の面内方向に伝搬する光を反射させ、２次元フォトニック結晶構造が設けられている領域内に前記漏れた光を戻すことが可能となる。 つぎに、本実施形態で利用するフォトニック結晶におけるフォトニックバンドエッジでの反射について説明する。 フォトニック結晶ではフォトニックバンドギャップによる光の反射がよく知られている。 フォトニック結晶中には、特定の波長帯に対して光のモードが存在しないフォトニックバンドギャップが存在する。

40

その波長帯では、光が伝搬することができないため、フォトニック結晶中に深く入りこめずに反射される。

【００１０】

図１０に、非特許文献（Physical Review B, vol. 65, p. 235112（2002））に記載の２次元フォトニック結晶スラブのフォトニックバンド図を示す。

50

図10は格子定数 a 、ホール半径 $0.2a$ 、スラブ厚さ $0.5a$ 、スラブの誘電率 12 の2次元フォトニック結晶スラブの、

スラブ面に対して平行な電場成分を持ったモード(図10(a))と平行な磁場成分を持ったモード(図10(b))のバンド図である。

図10の構造では、あらゆる方向に光の伝搬を禁止するような厳密な意味でのフォトニックバンドギャップは存在しないが、特定の方向への伝搬を禁止する狭義のフォトニックバンドギャップが存在する。

例えば、図10(a)の規格化周波数 0.2 付近には、 $\Gamma-X$ 方向へ光が伝搬するモードが存在しない周波数帯があり、この周波数帯の光は $\Gamma-X$ 方向へは伝搬できずに反射される。

10

【0011】

一方フォトニックバンドエッジでの反射は、上記フォトニックバンドギャップによる反射とは異なる原理で起こる。

フォトニック結晶に入射した光がライトラインより上に位置するモードとカップリングすることで、フォトニック結晶中を導波するモードに変換される。

その後、放射モードにカップリングすることで再度フォトニック結晶外に放射される。

導波モードにカップリングせず直接透過する光と、一旦導波モードにカップリングして再度外部に放射される光との干渉により、特異な透過および反射現象、例えば効率 100% の反射が起こる。

上記の反射現象はフォトニックバンドエッジ以外でも起こり得るが、その場合は光の入射および放射方向がフォトニック結晶の結晶面に対して特定の角度を持つ。

20

垂直入射に相当するのが図10の Γ 点に位置するモードであり、フォトニックバンドエッジに相当する。

【0012】

本実施形態のフォトニック結晶を有する構造体では、このフォトニックバンドエッジでの反射を利用している。

本実施形態での上記構造が持つ利点の一つに、反射のための構造のサイズが他の構造に比べて小さくできるという点がある。

例えば、前述した特許文献2のフォトニックバンドギャップを利用した構造に比べて、反射のための構造を小さくすることができるという利点がある。

30

すなわち、特許文献2の構造では、前述したように、周期構造による多重反射によって光を反射することから、必要な反射率が高くなるにつれて必要な周期数も多くなり、結果としてサイズが大きくなってしまう。

【0013】

以下に、これらについて、更に詳細に説明する。

我々の検討によれば、格子定数 105 nm 、ホール半径 21 nm 、母材の屈折率 2.5 、円柱孔の屈折率 1 である2次元正方格子フォトニック結晶において、

入射光が波長 500 nm のTEライクモード(電場の振動方向が面内方向のモード)の場合に反射率 99.9% 以上を得るためには、前記漏れた光の進行方向に対して 22 周期以上の周期数が必要である。これは、長さにして $2.3\text{ }\mu\text{m}$ 以上である。

40

図2に、フォトニックバンドギャップおよびフォトニックバンドエッジによる光反射スペクトルを説明する図を示す。

図2(a)は、上記構造の2次元フォトニック結晶にTEライクモード光が入射する場合の配置図を示す図である。

また、図2(b)は、反射スペクトル計算結果を示す図である。

波長 500 nm 付近で 99.9% の反射率が得られる。一方、本発明で用いたフォトニックバンドギャップを利用して反射する構造では、前記漏れた光の進行方向に対する長さが前記フォトニックバンドギャップを利用した場合の数分の1程度であっても、ほぼ 100% の反射率を得ることが可能である。

図2(c)は、1次元フォトニック結晶にTEライクモード光が入射する場合の配置図を

50

示す図である。

また、図2(d)は、反射スペクトル計算結果を示す図である。

1次元フォトリック結晶の、前記漏れた光の進行方向に対する溝も含めた長さは640nm、格子周期は333nmである。波長500nm付近ではほぼ100%の反射率が得られる。

図2(b)と図2(d)を比較すると、図2(d)の方が高反射率を示す波長帯が狭くなっている。これは、波長選択性の高い反射を可能にする。

本実施形態の構造では、TEライクモードとTMライクモードを選択的に反射することも可能である。

【0014】

図3に、3種類の構造の反射スペクトルの計算結果を示す。

図3(a)は、格子周期333nm、周期方向に垂直な方向の高屈折率部材の長さ140nm、周期方向の高屈折率部材の長さ167nmの1次元フォトリック結晶の反射スペクトル計算結果である。

図3(b)は格子周期333nm、周期方向に垂直方向の高屈折率部材の長さ150nm、周期方向の高屈折率部材の長さ217nmの1次元フォトリック結晶の反射スペクトル計算結果である。

図3(c)は前述した2次元正方格子フォトリック結晶のフォトリックバンドギャップに相当する波長の反射スペクトル計算結果である。

【0015】

図3(c)では、TEライクモードもTMライクモードも同様に高い反射率を示している。

一方、図3(a)ではTEライクモードの光だけを強く反射し、図3(b)ではTMライクモードの光だけを強く反射している。

このように、本発明の構造では、設計の変更により、TEライクモードだけもしくはTMライクモードだけを選択的に反射することが可能である。

なお、上述したシミュレーションは、FDTD法および転送行列法を用いて行なった。

2次元フォトリック結晶の光共振モードには複数のものが存在する。

なお、本明細書中ではフォトリック結晶構造中で定在波を形成するようなモードを光共振モードまたは単に共振モードと定義し、定在波を構成する進行波および反射波の進行方向を共振方向と定義する。

共振モードはその偏光方向の違いによりTEライクモードとTMライクモードに分けられ、それぞれのモードの波長は一般に異なる。

また、導波モードの次数や回折次数も最低次のものから高次のものまで複数存在し、それぞれのモードは一般に異なる波長を持ち、低次のものほど長波長側に位置することが知られている。

前述した1次元フォトリック結晶の特性を利用すれば、複数の共振モードのうち特定の偏光方向と波長を持ったモードの光だけを選択的に反射することができる。

【0016】

つぎに、本実施形態の構造体を構成する1次元フォトリック結晶の配置について説明する。

この1次元フォトリック結晶は、上記構造体における2次元フォトリック結晶の領域外に、上記した光の出射する方向と垂直な方向であって、かつ光の共振方向と垂直な方向に設けられる。

その際、1次元フォトリック結晶は2次元フォトリック結晶を全て囲むように配置してもよいし、一部だけ囲むように配置してもよい。

例えば、図5(a)に示したように、2次元フォトリック結晶を挟んで対向する位置の全ての位置に配置されている構造であってもよい。

また、図5(b)に示したように対向する1組の1次元フォトリック結晶により、x方向の光は反射しy方向の光は漏らすような構造であってもよい。

10

20

30

40

50

1次元フォトニック結晶において高反射率を実現するためには1次元フォトニック結晶中に光を閉じ込めることが必要である。

そのためには、図4(a)のように単純に周期構造4000を形成するのではなく、図4(b)のように、低屈折率の部材4010で両側を挟まれた構造が望ましい。部材は空気であってもいいし、透明な樹脂等で充填されていてもよい。

【0017】

また、本実施形態においては、前記2次元フォトニック結晶と前記1次元フォトニック結晶とが、

前記2次元フォトニック結晶領域で共振している光と、前記1次元フォトニック結晶により戻された光とが、互いに強め合いまたは弱め合う位置に配置するようにする構成を採
10

ることができる。

例えば、2次元フォトニック結晶と1次元フォトニック結晶との距離は、

2次元フォトニック結晶から漏れて1次元フォトニック結晶で反射されて再び2次元フォトニック結晶まで戻ってきた光が、2次元フォトニック結晶中で共振している光と位相が合うように配置する。

具体的には、2次元フォトニック結晶の端から1次元フォトニック結晶までの往復の光路長が、反射時の位相変化も考慮に入れて波長の整数倍に一致するように配置する。

逆に整数倍から半波長分ずれるように配置した場合には、2次元フォトニック結晶中で共振している光と戻ってきた光とが打ち消しあうように働く。

これを利用して、ある特定のモードだけを共振し難くすることが可能になる。
20

例えば、1次元フォトニック結晶でTMライクモードの光だけを選択的に反射するように設計し、反射された光が2次元フォトニック結晶中で共振している光と打ち消しあうような位置に配置することで、TMライクモードの共振を抑制することができる。

【0018】

以上の本実施形態におけるフォトニック結晶を備えた構造体によれば、

1次元フォトニック結晶構造を2次元フォトニック結晶構造同士の間挟むことで、漏れ光をほぼ完全に反射させることができ、2次元フォトニック結晶レーザ素子間の干渉を小さくすることができる。

また、本実施形態の上記構造体によれば、フォトニックバンドギャップを利用して反射させる構造に比べ、小さいサイズでも高効率に反射させることができるため、狭ピッチの2次元フォトニック結晶アレイへの配置に適している。
30

また、本実施形態の上記構造体によれば、各2次元フォトニック結晶構造同士が1次元フォトニック結晶を含む溝により電氣的に絶縁されるため、電氣的な素子分離も兼ねることが可能になる。

【0019】

[第2の実施形態]

第2の実施形態として、本発明のフォトニック結晶を有する構造体を含み構成される面発光レーザについて説明する。

図6に、本実施形態における面発光レーザの模式図を示す。

図6(a)は上面図、図6(b)はa-a'面における断面図である。
40

図6において、6000は基板、1020はクラッド層、6010は活性層、1000はフォトニック結晶層である。

【0020】

本実施形態における面発光レーザにおいては、活性層6010において発生する光が2次元フォトニック結晶中で定在波を形成し、増幅することでレーザ共振が実現される。

活性層における発光波長は、活性層の材料や層構成により決まり、2次元フォトニック結晶中で定在波を形成する波長は格子周期やホール径で決まる。

レーザ共振させるためには、これらの波長が一致するように設計する必要がある。

また、1次元フォトニック結晶の反射波長をレーザ共振波長に合わせることで、漏れた光を1次元フォトニック結晶で反射し、2次元フォトニック結晶に戻すことで再度利用する
50

ことができる。

【0021】

つぎに、本実施形態の面発光レーザにおける活性層、クラッド層、基板、等について説明する。

活性層6010は、例えばGaInP／AlGaInP、GaN／InGaInPなどの材料を用いた多重量子井戸構造である。

クラッド層1020は、例えば、AlGaInP、AlGaNなどである。

基板6000は、例えば、GaAs、GaNなどで構成されている。

本実施形態に係る面発光レーザにおいては、光励起方式、あるいは電流注入方式により駆動することができる。同図においては、電極等は省略している。

10

【実施例】

【0022】

以下に、本発明の実施例について説明する。

【実施例1】

実施例1では、本発明を適用して構成した2次元フォトリック結晶面発光レーザについて説明する。

図7に、本実施例における2次元フォトリック結晶面発光レーザを説明する概略図を示す。

図7において、1000はAl_{0.5}GaAsからなる層に円柱形状の孔を正方格子状に設けて構成された2次元フォトリック結晶構造を含むフォトリック結晶層である。

20

層の厚さは250nm、孔の間隔は210nm、孔の半径は42nm、孔の深さは250nmである。また、1020はAl_{0.9}GaAsからなるクラッド層である。6010はGaInP／AlGaInP多重量子井戸活性層である。

【0023】

上記2次元フォトリック結晶構造中では、真空中での波長670nmに相当する光が光共振モードを持ち、定在波を形成する。

活性層の発光波長をそれに合わせることでレーザ発振し、2次元フォトリック結晶面つまり周期構造を有する面に垂直な出射方向でレーザ光が出射される。

2次元フォトリック結晶構造の面内方向のサイズが有限の場合、2次元フォトリック結晶構造内での光の共振方向と同じ方向に光が導波し、該2次元フォトリック結晶構造が設けられている領域外へ漏れる。

30

2次元フォトリック結晶構造の周囲には1次元的な屈折率周期構造を持つ1次元フォトリック結晶構造が配置されている。

この1次元フォトリック結晶構造は、前記漏れた光における複数の共振モードのうちのひとつを、選択的に反射させる。

すなわち、1次元フォトリック結晶構造の反射波長を前記2次元フォトリック結晶構造の共振モード波長に合わせることで、面内方向に漏れた光を再び2次元フォトリック結晶構造内に戻すことでレーザ発振に寄与させる。

1次元フォトリック結晶構造の大きさを、格子周期447nm、周期方向に垂直方向の高屈折率部材の長さ107nm、周期方向の高屈折率部材の長さ225nm、とすれば波長670nm付近で高い反射率を得ることができる。

40

【0024】

ここで、2次元フォトリック結晶構造中で共振する（定在波を形成する）モードは、その偏光方向の違いによりTEライクモードとTMライクモードに分けられる。

一般にTEライクモードとTMライクモードはわずかに異なる波長に位置し、そのためモードホッピング等が起こってレーザ発振波長が不安定になる要因となる。

前述したように、1次元フォトリック結晶構造では、特定の波長において、直交する偏光方向のいずれか一方を選択的に反射もしくは透過させることができる。本実施例における構造ではTEライクモードだけを高効率で反射する。

その結果、TMライクモードの光に比べてTEライクモードの損失を小さくすることがで

50

き、TEライクモードでより発振しやすくさせることでモードホッピング等を起こり難くし、単一波長で安定して発振させることができる。

【0025】

〔実施例2〕

実施例2では、本発明を適用して構成した実施例1とは異なる形態の2次元フォトリック結晶面発光レーザについて説明する。

図8に、本実施例における2次元フォトリック結晶面発光レーザを説明する概略図を示す。

本実施例における層構造や2次元フォトリック結晶の構造は、実施例1と同様である。

実施例1と異なる点は、1次元フォトリック結晶構造が2次元フォトリック結晶構造を挟んで対向する位置に、1組だけ配置されている点である。

【0026】

同じTEライクモードの光であっても、進行方向によって面内の偏光方向が異なる。

具体的には、x方向に進行するTEライクモードの光はy方向の偏光を持ち、y方向に進行するTEライクモードの光はx方向の偏光を持つ。

このうち、x方向に進行する光だけを戻すことで、y方向の偏光を持ったモードがより強く励起され、結果としてy方向に偏光したレーザ出射光を得ることができる。

【0027】

〔実施例3〕

実施例3では、本発明を適用して構成した2次元フォトリック結晶レーザアレイについて説明する。

図9に、本実施例における2次元フォトリック結晶レーザを説明する概略図を示す。

本実施例では、2次元フォトリック結晶が、同一面内に複数配置されたアレイ構造を有し、該複数配置された2次元フォトリック結晶同士の間には、1次元フォトリック結晶が配置されたアレイ構造になっている。

このように複数の2次元フォトリック結晶構造同士の間には、1次元フォトリック結晶構造が配置され、1次元フォトリック結晶構造の両側は空気の溝で挟まれている。

層構造、1次元および2次元フォトリック結晶の構造は実施例1と同様である。2次元フォトリック結晶レーザをアレイ配置する場合、各2次元フォトリック結晶レーザ素子から漏れた光が隣接する2次元フォトリック結晶レーザ素子に影響を及ぼし、各素子の特性が劣化してしまう場合がある。

【0028】

本実施例の構成によれば、1次元フォトリック結晶構造を2次元フォトリック結晶構造同士の間挟むことで漏れ光をほぼ完全に反射させることができ、2次元フォトリック結晶レーザ素子間の干渉を小さくすることができる。

また、本実施例の構成によれば、前述したように、フォトリックバンドギャップを利用して反射させる構造に比べて小さいサイズでも高効率に反射させることができるため、狭ピッチの2次元フォトリック結晶アレイ配置に適している。

さらに、本実施例の構成によれば、各2次元フォトリック結晶構造同士が1次元フォトリック結晶を含む溝により電氣的に絶縁されるため、電氣的な素子分離も兼ねることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】本発明の第1の実施形態におけるフォトリック結晶を有する構造体を説明するための斜視図。

【図2】フォトリックバンドギャップおよびフォトリックバンドエッジによる光反射スペクトルを説明する図。

【図3】本発明の第1の実施形態における1次元フォトリック結晶構造の3種類の構造の反射スペクトルの計算結果を示すグラフ。

【図4】本発明の第1の実施形態における1次元フォトリック結晶構造を説明する概略図

10

20

30

40

50

。

【図 5】本発明の第 1 の実施形態における 1 次元フォトニック結晶構造の配置を説明する概略図。

【図 6】本発明の第 2 の実施形態における本発明のフォトニック結晶を有する構造体を用いた面発光レーザについて説明する模式図。

【図 7】本発明の実施例 1 における 2 次元フォトニック結晶面発光レーザを説明する概略図。

【図 8】本発明の実施例 2 における 2 次元フォトニック結晶面発光レーザを説明する概略図。

【図 9】本発明の実施例 3 における 2 次元フォトニック結晶レーザアレイを説明する概略図。

10

【図 10】フォトニックバンドギャップおよびフォトニックバンドエッジを説明するフォトニックバンド図。

【符号の説明】

【0030】

1000：フォトニック結晶層

1010：孔

1020：クラッド層

1030：1次元フォトニック結晶構造

4000：1次元フォトニック結晶構造

4010：低屈折率の部材

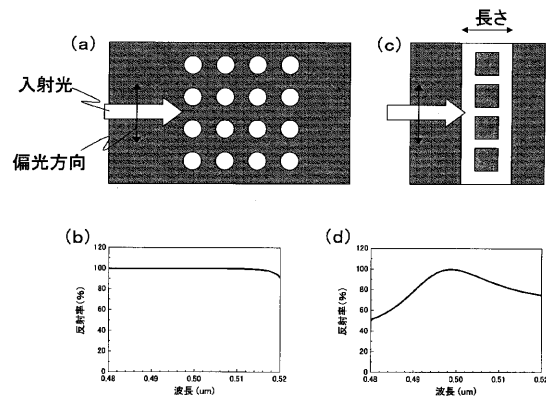
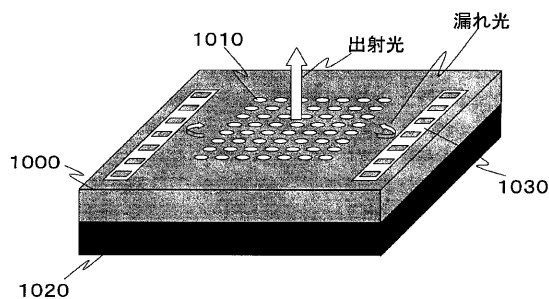
6000：基板

6010：活性層

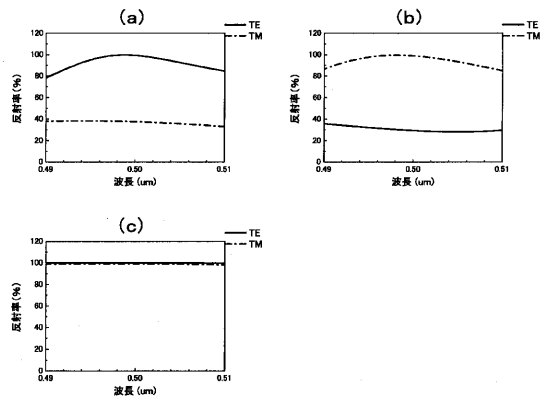
20

【図 1】

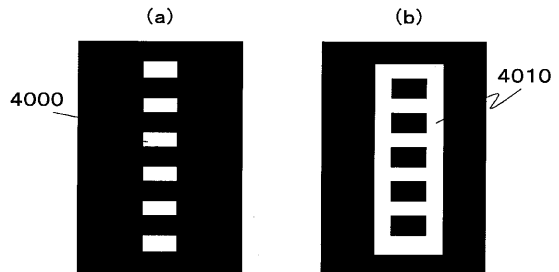
【図 2】



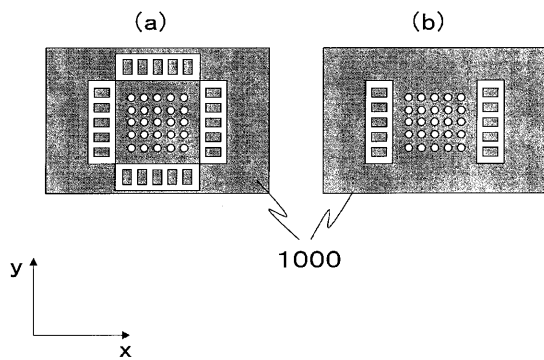
【図 3】



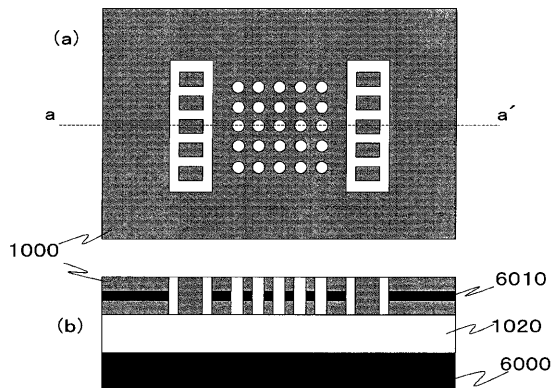
【図 4】



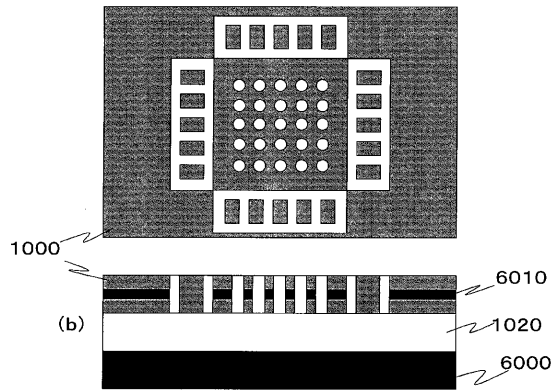
【図 5】



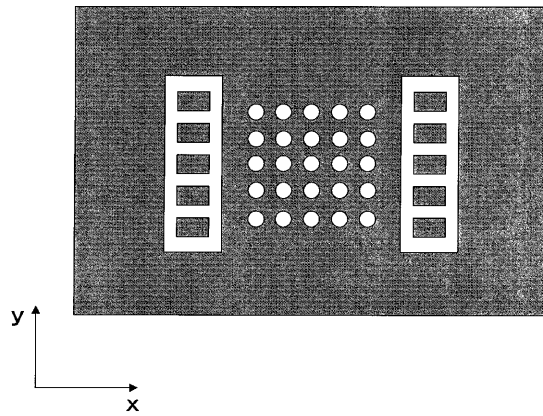
【図 6】



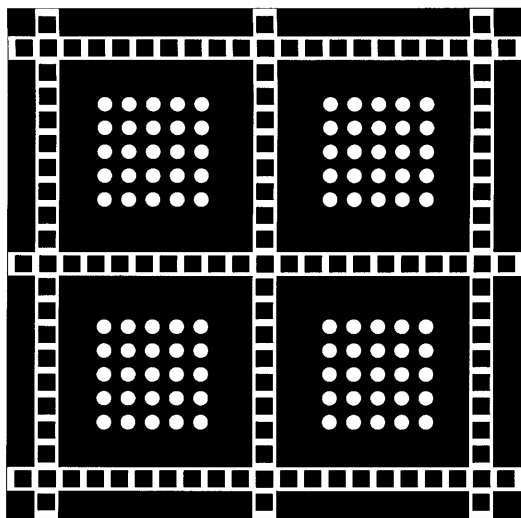
【図 7】



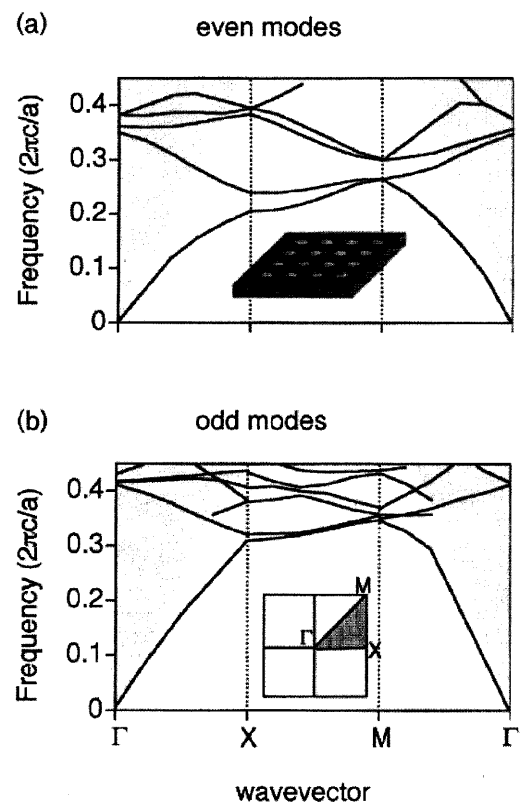
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-273456 (JP, A)

特開2007-258262 (JP, A)

特開2003-273460 (JP, A)

特開2001-308457 (JP, A)

S.Boutami et al., "Compact 1.55um room-temperature optically pumped VCSEL using photonic crystal mirror", ELECTRONICS LETTERS, 2007年 3月 1日, Vol.43, No.5, pp.282-283

X. Letartre et al., "Switching Devices With Spatial and Spectral Resolution Combining Photonic Crystal and MOEMS structures", Journal of lightwave technology, 2003年, Vol.21, No.7, pp.1691-1699

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01S 5/00-5/50

JSTPlus (JDreamII)