

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005年8月11日 (11.08.2005)

PCT

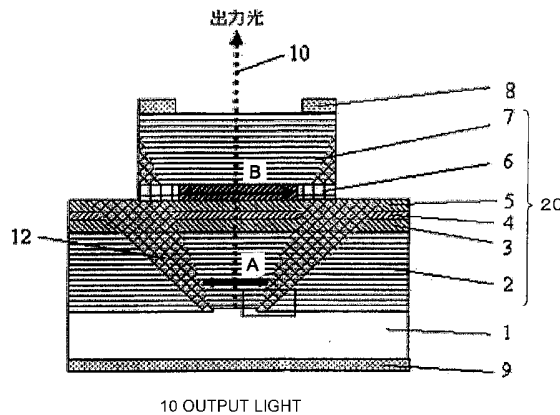
(10) 国際公開番号
WO 2005/074080 A1

- (51) 国際特許分類: H01S 5/183 (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 森 一男 (MORI, Kazuo) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 阿南 隆由 (ANAN, Takayoshi) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/001336
- (22) 国際出願日: 2005年1月31日 (31.01.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2004-023287 2004年1月30日 (30.01.2004) JP (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 日本電気株式会社 (NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: SURFACE-EMITTING LASER AND ITS MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 面発光レーザ及びその製造方法



(57) Abstract: A surface-emitting laser comprises a multilayer structure (20) where on a substrate (1), a first DBR layer (2), a first clad layer (3), an active layer (4), a second clad layer (5), an oxidizing current constricting portion forming layer (6), and a second DBR layer (7) are sequentially formed, and upper and lower electrodes (8, 9). A structure modulating region (12) extending from near a step (11) formed on the substrate (1) is present in a partial region of the multilayer structure (20) spaced a predetermined distance from the optical axis (10). At least one of the parameters of the structure modulating region (12) such as the layer thickness, the interface flatness, and the inclination of the interface to the substrate surface is different from that of the other region. The reflectance of the structure modulating region (12) is lower than that of the central part of emission including the optical axis (10). The effective width (A) of the high reflection region of the inside surrounded by the structure modulating region (12) is approximately equal to the width of the fundamental transverse mode light. The diameter (B) of the nonoxidized region of a current constricting portion is wider than this. Thus, a surface-emitting laser having a simple structure and an excellent single-mode oscillation characteristic can be produced without greatly increasing the steps.

(57) 要約: 基板(1)上に第1のDBR層(2)、第1クラッド層(3)、活性層(4)、第2クラッド層(5)、酸化電流狭窄部形成層(6)、第2のDBR層(7)が順次積層された積層構造(20)と、上部電極(8)及び下部電極(9)とを有する。また、光軸(10)から所定の距離以上離れた積層構造(20)の一部領域に、基板(1)上に形成された段差(11)付

[続葉有]

WO 2005/074080 A1



LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

— 国際調査報告書

— 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正書受領の際には再公開される。

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

近から伸びる構造変調領域(12)が存在する。この構造変調領域(12)は、層厚、界面平坦性及び界面の基板面に対する傾き等のパラメータの少なくとも1つが他の領域と異なり、光軸(10)を含む発光の中心部に比べて反射率が低い。構造変調領域(12)に囲まれた内側の高反射領域の実効的な幅(A)を、ほぼ基本横モード光の幅に等しく設定する。一方、電流狭窄部の非酸化領域の直径(B)を、これより広めに設定する。このような構成とすることにより、簡単な構造で、工程を著しく増加させることなく、単一モード発振特性の優れた面発光レーザーを得ることができる。

明 細 書

面発光レーザ及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、基本横モード光を出力する垂直共振器型面発光レーザ、及びその製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 垂直共振器型面発光レーザ (Vertical Cavity Surface Emitting Laser: VCSEL、以下、VCSELと略す) は、端面型レーザに比べて、製造コストが低い、製造の歩留りが高い、二次元アレイ化が容易であるなど、多くの利点を有しており近年活発に、開発が進められている。

[0003] 面発光レーザにおいては、高出力の単一基本横モードレーザが求められている。しかし、例えば酸化電流狭窄型の面発光レーザにおいて、単一基本横モードを得るためには、電気抵抗が低い電流狭窄領域を約 $5\mu\text{m}\phi$ 以下に小さくしなければならない。電流狭窄領域を小さくすると、素子抵抗、熱抵抗ともに大きくなってしまい、発熱の影響で十分な出力が得られないという問題がある。

[0004] 基本横モードで高出力を有する従来の面発光レーザとして、図8に示すような面発光レーザがある。この装置は、下部電極1111、基板1011、下部反射鏡構造1021、下部クラッド層1031、発光層1041、上部クラッド層1051、上部反射鏡構造1061、イオン打ち込み等により形成した低反射率ゾーン1071、損失決定素子1081及び上部電極1101からなる構造となっており、光軸1091に沿ってレーザ光が出射される。損失決定素子1081は、光軸1091と直交する方向において、光軸1091からの距離が増大するのに従って共振器の光学損失を漸進的に増大させるために、凹状の形状に加工されている。この損失決定素子1081により、光軸1091と直交する方向における光軸1091からの距離が増大するのに従って光の反射方向が発光層1041の中央部から離れ共振器損失が増大する。この面発光レーザにおける基本横モード発振は光軸1091に近接して生じ、それに対して高次横モード発振は光軸1091から離れた位置において生じるため、高次横モードの共振器損失が増大する結果、基本横

モード光出力が大幅に増加することになる(例えば、特開平10-56233号公報を参照)。

- [0005] また、従来の面発光レーザとして、図9に示すような面発光レーザがある。この装置は、電極1112、基板1012、多層膜ミラー1022、活性層1042、酸化層1062、多層膜ミラー1072、スペーサ層1082、多層膜ミラー1092及び電極1102が順次積層された構造となっている。電流狭窄構造は酸化層1062が一部酸化されることにより形成される。また、スペーサ層1082も酸化層1062と同時に酸化されている。このスペーサ層1082は高次横モードの光に共振器損失を与えるため、出射中心領域の周辺部における高次横モードを抑制できる。つまり電流狭窄構造を大きめに形成しておき、スペーサ層1082により横モード制御を実現する構造となっている(例えば、特開2002-353562号公報を参照)。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0006] しかしながら、図8に示された従来の面発光レーザでは、凹部を形成するためのプロセスが複雑になるという欠点がある。また、発光層中心と凹部中心のずれや、凹部の曲率半径のばらつきによって、レーザ特性が大きく影響を受けるために歩留りの向上には限界がある。また、凹部の中心から少しでも外れた光に対しても反射率の低下を引き起こすため、基本横モード光に対しても閾値上昇を招いてしまう。
- [0007] 一方、図9に示された構造の場合、電極間の電流経路に電流狭窄層である酸化層1062のみならず、高次横モードを抑制するために酸化されたスペーサ層1082が存在するため、素子抵抗が増大し、動作電圧の増大及び発熱の問題が生じる場合がある。また、より効率的に基本横モード光のみを選択して発振させるために図9のスペーサ層1082における非酸化領域の幅を酸化層1062の非酸化領域の幅より狭く設定すると、電流経路(図10中の実線矢印)が狭くなり、素子抵抗の増大の影響がさらに大きくなってしまう。
- [0008] 素子抵抗が増大すると、動作電圧が増大すると共に、発熱の影響で十分な出力が得られなくなってしまう。このため、図9の構造では最大光出力(約2mW～5mW程度)が得られているにもかかわらず、図10の構造にした場合には同程度の出力は得

られない。従って、高出力を目的とする場合には、図10のようにスペーサ層1082の中央領域での非酸化領域を狭めることができなかつた。即ち、高次横モード光を抑圧して基本横モードを出力する課題と高出力達成の課題はトレードオフの関係にあつた。

[0009] 上記の課題を解決するため、本発明では、高次横モードを抑制して基本横モード光を高出力で出射することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0010] 上記目的を達成するため、本発明のVCSELは、基板上に少なくとも第1導電型のブラッグ反射鏡層、活性層及び第2導電型のブラッグ反射鏡層が順次積層された積層構造と、前記積層構造を流れる電流を前記活性層の発光領域に集中させる電流狭窄構造と、前記積層構造における光軸から離間した領域に形成され、前記光軸を含む発光の中心部に比べて反射率が低い構造変調領域とを備えることを特徴とする。

[0011] また、本発明のVCSELの製造方法は、基板上に、少なくとも第1導電型のブラッグ反射鏡層、活性層、第2導電型のブラッグ反射鏡層を順次積層して積層構造を形成する工程と、前記積層構造における中心軸から離間した領域に、前記中心軸を含む中心部に比べて反射率が低い構造変調領域を形成する工程とを備えることを特徴とする。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、簡単な構造で、工程を著しく増加させることなく単一モード発振特性の優れた、面発光レーザを得ることができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1A]図1Aは、本発明の第1の実施例であるVCSELの断面図である。

[図1B]図1Bは、本発明の第1の実施例であるVCSELの段差部分の拡大断面図である。

[図2A]図2Aは、本発明の第1の実施例におけるVCSELの製造工程を示す模式図である。

[図2B]図2Bは、図2Aに引き続く製造工程を示す模式図である。

[図2C]図2Cは、図2Bに引き続く製造工程を示す模式図である。

[図2D]図2Dは、図2Cに引き続く製造工程を示す模式図である。

[図3A]図3Aは、本発明の第2の実施例であるVCSELの図である。

[図3B]図3Bは、本発明の第2の実施例であるVCSELの凹凸部分の拡大断面図である。

[図3C]図3Cは、本発明の第2の実施例であるVCSELの凹凸部分の他の例を示す平面図である。

[図4]図4は、本発明の第3の実施例であるVCSELの断面図である。

[図5]図5は、本発明の第4の実施例であるVCSELの断面図である。

[図6]図6は、本発明の第5の実施例であるVCSELの断面図である。

[図7]図7は、本発明の第6の実施例であるVCSELの断面図である。

[図8]図8は、従来のVCSELの断面図である。

[図9]図9は、従来のVCSELの断面図である。

[図10]図10は、図9における従来のVCSELの問題点を示す模式図である。

発明を実施するための最良の形態

[0014] 本発明は、積層構造の一部に反射率の低下した構造変調領域を形成することで、高次横モードの抑制効果を高めつつ高出力を得るものである。

[0015] 積層構造の場合、層厚または界面平坦性または界面の基板面に対する傾きの分布が異なることにより反射率の低下が生じる。本発明の1つの最良の形態は、光軸と直交する方向に光軸から離間して、この反射率が低下した構造変調領域を電流狭窄部の非電流狭窄領域内に設けることで高次横モードの抑制効果を高めつつ高出力を得るものである。

[0016] 本発明の他の最良の形態は、第2導電型のブラッグ反射鏡(Distributed Bragg Reflector:DBR)層の周辺部に、相互拡散あるいは高濃度の不純物拡散によって、発光の中心部に比べて反射率が低下した構造変調領域を設けることを特徴とする。

[0017] 以上の結果、反射率が低下した構造変調領域の内側にある高反射率領域の幅を、高次モードが抑制され、単一基本横モード発振に最適な幅まで自由に狭めることができるため、高次モードの抑制効果を最大限に高めることができる。

- [0018] また、電流狭窄部の幅を広めに設定できることで、電流経路の抵抗も低減でき、熱による飽和を抑えることができる。
- [0019] さらに、基本横モードレーザ光を得るために出射表面の複雑なエッチング工程なども必要としないので、比較的簡単なプロセスで製造できる。
- [0020] (第1の実施例)
- 図1A及び図1Bを用いて本発明によるVCSELの第1の実施例を説明する。このレーザは、基板1上に第1のDBR(Distributed Bragg Reflector)層2、第1クラッド層3、活性層4、第2クラッド層5、酸化電流狭窄部形成層6、第2のDBR層7が順次積層された積層構造20と、上部電極8及び下部電極9とを有している。さらに、光軸10に対して直交する方向に光軸10から所定の距離以上離れた積層構造20の一部領域に、基板1上に形成された段差11付近から伸びる構造変調領域12が存在することを特徴の一つとしている。本実施例では、構造変調領域12は、層厚、界面平坦性及び界面の基板面に対する傾き等、反射率に影響を与えるパラメータの少なくとも1つの分布が他の領域(光軸10を含む発光の中心部)と異なり、他の領域に比べて反射率が低い。
- [0021] 図1Aに示したVCSELの製法につき図2A～図2Dを用いて説明する。なお、以下の説明は、短波長レーザ装置の例であり、発振波長約 $0.85\ \mu\text{m}$ となる材質を選択している。
- [0022] まず、図2Aに示すように、n型GaAs基板1上に、フォトリソグラフィ及びエッチングの手法を用いて、 $0.1\ \mu\text{m}$ 程度の段差11で囲まれた平面形状が円形で直径約 $3\ \mu\text{m}$ のメサを形成する(工程1)。中心軸10aから所定の距離以上離れた位置に段差11がくるようにする。
- [0023] 上記メサの平面形状は単純な円形パターンとしたが、円形に限定されるものではなく、目的に応じて任意の形状を用いることができる。例えば偏波制御のため楕円形や矩形など異方性を持たせたりすることも出来る。また段差11は $0.1\ \mu\text{m}$ 程度としたが、これに限られるものではない。エピタキシャル成長中の平坦化作用が強い場合はもつと大きくても良く、逆に僅かな段差でも程度の差こそあれ効果は得られる。また必ずしも急峻な段差である必要はなく、基板面の法線方向に対して緩やかに傾斜する斜面

を有する段差や、さらに斜面の傾斜角が変化する段差でも良い。

[0024] 次に図2Bに示すように、段差11を形成したn型GaAs基板1上に、n型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 層2-2とn型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 層2-1の一对を基本単位とするDBR(n型半導体ミラー層)を複数積層した第1のDBR層2、n型 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ の第1クラッド層3、ノドープGaAs量子井戸と $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 障壁層からなる活性層4、p型 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ の第2クラッド層5、p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ (ただし $0.9 < x < 1$)の酸化電流狭窄部形成層6及びp型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 層とp型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 層の一对を基本単位とするDBR(p型半導体ミラー層)を複数積層した第2のDBR層7を、有機金属気相成長(MOCVD)法にて順次積層し、積層構造20を形成する(工程2)。もちろん、分子線エピタキシー成長(MBE)法など他の方法を用いてもよい。

[0025] 各々のDBR層2, 7では、高屈折率の $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 層2-2と低屈折率の $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 層2-1とのそれぞれの膜厚は、これら媒質内の各々の光路長が発振波長のほぼ $1/4$ となるように設定してある。または、 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 層2-2の厚みと $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 層2-1の厚みの合計の膜厚(DBR単位の膜厚)を、光路長が発振波長の $1/2$ となるように設定してもよい。なお酸化電流狭窄部形成層6のAl組成xを高い組成($0.9 < x$)に設定したのは、 0.9 以下ではほとんど酸化が生じないためである。一方、DBR層2, 7の低屈折率 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 層2-1は酸化がほとんど生じない低いAl組成に設定されており、これによって酸化電流狭窄部形成層6の選択的な酸化が可能となる。

[0026] 工程2において、段差11付近では図1Bの拡大図中に示すように、主に段の高さが低い側(ここでは積層構造20の中心軸10aから見て外側)で、 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 層2-1の層厚増加や結晶面の傾斜などが起き、これがさらに上層に順次引継がれることで、反射率の低下した構造変調領域12が積層方向の主に段の高さが低い側(ただし成長条件に依存)に形成される。

[0027] 次に、図2Cに示すように、フォトレジスト13を第2のDBR層7上へ塗布し、円形のレジストマスクを形成する(工程3)。ついで、ドライエッチングにより、第2のクラッド層5の表面が露出するまでエッチングを行い、直径約 $30\mu\text{m}$ の円柱状構造を形成し(工程4)、酸化電流狭窄部形成層6の側面を露出させる。その後、フォトレジスト13を除去する(工程5)。

- [0028] 次に、図2Dに示すように、水蒸気雰囲気中の炉内において温度約400℃で約10分間加熱を行う(工程6)。これにより、酸化電流狭窄部形成層6の外側周縁部のみが円環状に選択的に酸化され、酸化領域が形成される。同時に、酸化電流狭窄部形成層6の光軸10を含む中心部には直径が約8 μ mの非酸化領域が形成される。この工程においては、非酸化領域の幅Bが、構造変調領域12に囲まれる中心部の幅Aより狭くなる前に、加熱を停止することに注意する。
- [0029] 次に、上部電極8形成のため、所定位置にフォトリソマスクを形成(工程7)、全面に電極としてチタン(Ti)及び金(Au)を蒸着(工程8)した後、フォトリソを除去してリフトオフすることにより上部電極8が形成される(工程9)。最後に、基板裏面全面にAuGe(ゲルマニウム)合金を蒸着し、加熱してアロイすることで、下部電極9を形成する(工程10)。
- [0030] 酸化電流狭窄部形成層6に形成された、酸化領域と非酸化領域からなる構成を電流狭窄部(電流狭窄構造)という。外側周縁部の酸化領域は電気抵抗が高く、中心部の非酸化領域は電気抵抗が低い。したがって、非酸化領域の幅を活性層4で光る発光領域とほぼ同じ幅にすることにより、発光領域に電流を集中して流すことができる。なお、酸化領域を「非電流狭窄領域」、非酸化領域を「電流狭窄領域」または「開口部」ともいう。
- [0031] 以上、図2A～図2Dの製法により得られた図1AのVCSELは、電流狭窄部の非酸化領域の直径(図1A中の矢印B)が約8 μ mと広いことにより抵抗及び熱抵抗を抑えることができる。
- [0032] 一方、n型GaAs基板1上に設けた段差11で囲まれた円形メサの直径は十分に小さい約3 μ mに設定されており、従って反射率の低下した構造変調領域12が電流狭窄部の非酸化領域の内側にも形成されていることにより高次横モードを抑制できる。
- [0033] 本実施例では、さらに構造変調領域12で囲まれた内側の高反射領域の実効的な幅(図1A中の矢印A)がほぼ基本横モード光の幅(約5 μ m)に等しいことで、単一基本横モードを維持したまま高出力化を可能とする面発光レーザ装置を提供でき、約5 mW以上の高出力で、単一基本横モード発振を実現することができた。
- [0034] 基本横モード光は、その強度が光軸の中心で最大となり、外周では弱くなる。ここで

、基本横モード光の幅とは、光の強度が全体の約75%になる幅としている。素子の要求される特性により、60%～90%の間で適宜決定される。

[0035] 図2Aの工程1では、n型GaAs基板1上に直接段差11を形成したが、例えばバッファ層を成長してから段差11を形成する、あるいは第1のDBR層2の積層を途中で中断し、その後段差11を形成し、引き続き残りを積層することもできる。

[0036] 後者の場合、プロセスは増えるが活性層4により近い領域で反射率の低下した構造変調領域12を有効に生成することができるため、より大きな高次横モードの抑制効果が期待できる。

[0037] また図2Aの工程1では、n型GaAs基板1上に、単一のメサを形成したが、プロセスは増えるがメサを2重、3重に形成して多段の階段状に段差を形成しても良く、これによってより広い範囲に渡って反射率の低下した構造変調領域12を、その分布を制御して形成することが出来る。

[0038] さらに段差11は光軸10から外側に向かって低くなるように形成したが、この方が構造変調領域12の影響が活性層4の発光領域に及びにくいためである。しかし段差11と活性層4とが大きく離れている場合、段差を低めに設定すれば積層中に十分平坦化するため影響はほとんど活性層4に及ばなくなる。この場合は逆に内側で低くなるように形成したり混在させたりすることも可能である。

[0039] また図2A～図2Dでは、1つのVCSELが形成される様子が示されているが、大面積基板を用いて、多数のVCSELをマトリックス状に同時に形成することができる。従って、1つの装置ごとに切り出して使用することのみならず、所望のアレイ状(例えば1個×10個、100個×100個など)に基板から切り出して使用することができる。

[0040] (第2の実施例)

図3A～図3Cを用いて本発明によるVCSELの第2の実施例を説明する。

[0041] 第1の実施例で示した図1A及び図1Bと異なる点は、次のとおりである。即ち、本実施例は、第1の実施例とほぼ同じ製法を採用するものであるが、第1の実施例の図2Aで示された工程1では、n型GaAs基板1上に、段差11で囲まれた平面形状が円形のメサを形成したのに対して、本実施例では図3Aに示すように、n型GaAs基板1上に、平面形状が同心円状の凹凸14を形成した点が異なっている。なお凹凸であれ

ば同心円状に限られるものではなく、環状に形成された多重の楕円形や矩形でも良い。また図3Cに示した複数の島状の凹凸14aでも良い。さらに、規則的でも非規則的でも良い。

[0042] このように構成することで、第1の実施例に比べ、より簡単なプロセスで広い範囲に構造変調領域12の分布を制御して形成することができる(例えば第1の実施例で段差を複数設けるにはフォトリソグラフィを何度も繰り返す必要がある)。

[0043] 従って、本実施例においては第1の実施例の効果を有するのみならず、より適切な反射率分布制御が容易にできるため、より効率的に高出力の単一基本横モード光を出力することができる。

[0044] また本実施例でも、第1の実施例と同様に、n型GaAs基板1上に直接凹凸14、14aを形成するのではなく、例えばバッファ層を成長してから、あるいは第1のDBR層2の積層を途中中断してから凹凸14、14aを形成し、引き続き残りを積層することもできる。後者の場合、第1の実施例と同様に、プロセスは増えるが活性層4により近い領域で反射率の低下した構造変調領域12を有効に生成することができるため、より大きな高次横モードの抑制効果が期待できる。

[0045] (第3の実施例)

図4を用いて本発明によるVCSELの第3の実施例を説明する。

[0046] 図4の構成と第1の実施例である図1A及び図1Bの構成との相違点は、図1A及び図1Bでは段差11はn型GaAs基板1上に形成されているのに対して、本実施例では酸化電流狭窄部形成層6の上部に設けたスペーサ層15に段差11が形成されている点である。従って、図1Aでは構造変調領域12は主に第1のDBR層2の内部に存在するのに対して、本実施例では構造変調領域12は第2のDBR層7の内部に存在する。本実施例においても第1の実施例と同様の効果を奏するが、構造変調領域12の影響が活性層4に及ぶことはない。

[0047] 本実施例の製造方法は、第1の実施例における製造方法を示す図2A～図2Dにおいて、段差11を形成する工程を挿入する位置を変えたものである。即ち、図2Aで段差11を形成する工程1は行わずに、n型GaAs基板1上に直接、図2Bの工程2における第1のDBR層2、第1クラッド層3、活性層4、第2クラッド層5、酸化電流狭窄部

形成層6まで積層し、次の第2のDBR層7の積層初期の適当な段階で積層を一旦中断する。その中断表面に段差11を形成する新たな工程を追加した後に、第2のDBR層7の積層を再開して残りの部分を形成する。この場合、図4におけるスペーサ層15は、この第2のDBR層7の積層初期部分に相当する。

[0048] 本実施例では、スペーサ層15を酸化電流狭窄部形成層6の上部に設けたが、酸化電流狭窄部形成層6の下部に設け、そこに段差11を形成しても良い。また第2のDBR層7をさらに厚く積層した段階で中断し、段差11を形成しても良い。

[0049] (第4の実施例)

図5を用いて本発明によるVCSELの第4の実施例を説明する。

[0050] 本実施例の構成と、第2の実施例である図3A～図3Cの構成との違いは、第3の実施例である図4の構成と、第1の実施例である図1A及び図1Bの構成との違いとほぼ同様である。即ち、図3A～図3Cでは凹凸14, 14aがn型GaAs基板1上に形成されているのに対して、本実施例では酸化電流狭窄部形成層6の下部に設けたスペーサ層15に凹凸14, 14aが形成されている。従って、図3Aでは構造変調領域12は主に第1のDBR層2の内部に存在するのに対して、本実施例では構造変調領域12は第2のDBR層7の内部に存在する。本実施例においても第3の実施例と同様に構造変調領域12の影響が活性層4に及ぶことはない。

[0051] 製造方法も、第3の実施例とほぼ同様であり、第3の実施例での段差11に対して、本実施例では凹凸14, 14aを形成する点、またスペーサ層15の位置を、第3の実施例では酸化電流狭窄部形成層6の上部としたのに対して、本実施例では酸化電流狭窄部形成層6の下部とした点のみ異なる。なおスペーサ層15は第3の実施例と同様に、酸化電流狭窄部形成層6の上部に設けても良く、また第2のDBR層7をさらに厚く積層した段階で中断し、凹凸14, 14aを形成しても良い。

[0052] (第5の実施例)

図6を用いて本発明によるVCSELの第5の実施例を説明する。図6の構成と第3の実施例である図4の構成との相違点は、図6では酸化電流狭窄部形成層6が無く、第2のDBR層7の円柱状構造の直径を約 $10\mu\text{m}$ 程度と小さくすることで電流狭窄を実現している点である。このように、電流狭窄を実現するために第2のDBR層7の直径

を小さくした構造を、電流狭窄構造30という。

[0053] 本実施例では構造変調領域12によって横モード制御を行うため、相対的に電流狭窄の幅は大きくすることができる。従って本実施例のように電気抵抗の大幅な上昇を招かない現実的な直径で第2のDBR層7による円柱状構造を形成し、直接電流狭窄を実現することもでき、選択酸化プロセスを省略することができる。

[0054] 本実施例ではスペーサ層15を第2クラッド層5の直上に設けているが、第2のDBR層7をさらに厚く積層した段階で中断して段差11を形成しても良い。また段差11の代わりに第4の実施例のように凹凸14, 14aを形成しても良い。

[0055] また段差11または凹凸14, 14aを形成する位置としては、第1または第2の実施例と同様に、n型GaAs基板1上、またはバッファ層を成長した表面、あるいは第1のDBR層2の積層を途中で中断した表面としても良い。

[0056] 以上の第1～第5の実施例では、第1のDBR層2または第2のDBR層7のいずれか一方には少なくとも構造変調領域12が形成され、この構造変調領域12で囲まれた内側の高反射領域の幅Aが、電流狭窄領域の幅Bよりも狭い部分を有している。このため、高出力で単一基本横モードを維持したVCSELが得られる。

特に、出射側の第2のDBR層7に構造変調領域12が形成されていることが好ましい。更に、第2のDBR層7に形成された構造変調領域12で囲まれた内側の高反射領域の幅Aが、電流狭窄領域の幅Bよりも狭いことがより好ましい。

また、第1または第2のDBR層2, 7に形成された構造変調領域12で囲まれた内側の高反射領域の実効的な幅Aが、基本横モードの光の幅と等しいことが好ましい。

[0057] (第6の実施例)

図7を用いて本発明によるVCSELの第6の実施例について説明する。

[0058] 本実施例では、基板101上に第1のDBR層102、第1クラッド層103、活性層104、第2クラッド層105、酸化電流狭窄部形成層106、第2のDBR層107が順次積層された積層構造120と、第1の電極109及び第2の電極111とを有している。第1のDBR層102は低屈折率層102-1と高屈折率層102-2の多層膜から構成される。第2のDBR層107についても同様である。出射側の第2のDBR層107のペア数は、第1のDBR層102より反射率を小さくするため、通常第1のDBR層102のペア数より少なく

設定される。

- [0059] 共振部は第1クラッド層103、活性層104及び第2クラッド層105から構成される。活性層104は、共振部の電界強度の腹にあたる部分に配置される。酸化電流狭窄部形成層106は、共振部と第1または第2のDBR層102、107との間に配置される。特に、電流狭窄部が酸化膜により形成される場合には、半導体と酸化膜の屈折率差が大きく光閉じこめ効果が大きくなりすぎないように、酸化電流狭窄部形成層106は電界強度が節となる位置に配置される。
- [0060] 高次横モードの発生を抑制するために、第2のDBR層107の周辺部に、相互拡散あるいは高濃度の不純物拡散によって、発光の中心部に比べて反射率が低下した構造変調領域108を形成する。この構造変調領域108の開口幅113は、電流狭窄部の開口幅112より狭くなっている。電流注入時に活性層で光る発光領域は、電流狭窄部の開口幅112から、楕円の領域114のようになる。
- [0061] 楕円の発光領域114から出た光は、上下のDBR層102、107により構成された光共振器によりフィードバックがかかりレーザ発振が生じる。しかし、本実施例では低反射率である構造変調領域108が形成されているため、発光の周辺部では十分なフィードバックがかからない。このため発光の中心部に最大の光強度がある基本横モードでは発振するが、周辺部に最大光強度がある高次横モードは発振しにくくなる。
- [0062] 反射率の低下した構造変調領域108を形成する方法として、本実施例では第2のDBR層107を構成する多層膜の相互拡散、あるいは高濃度の不純物拡散による周期構造の破壊作用を用いている。
- [0063] 多層膜の相互拡散とは、多層膜を構成している原子が、互いの層に拡散する現象をいう。例えば、24周期のGaAs/AlAsからなるDBR膜の反射率は99%以上である。このDBR膜に対し、発光中心部のDBRは相互拡散させないように、外周囲だけ電子線照射を行い、この電子線照射が行われた領域の異常拡散を用い、多層膜の相互拡散を行なう。こうしてAlGaAs(Al:0.4)/AlGaAs(Al:0.6)のDBRに変えると、反射率は77%に低下する。
- [0064] 一方、不純物拡散により構造変調領域108を形成すると、キャリア吸収も起こる。上記の例の多層膜構造で各層中の吸収係数が 100cm^{-1} とすると、DBR全体での吸収

率は約4%になり、反射率もその分下がって約74%になる。

- [0065] 次に本実施例によるVCSELについて、製造工程も含めて詳細に説明する。なお、以下の説明は、短波長レーザ装置の例であり、発振波長約 $0.85\mu\text{m}$ となる材質を選択している。
- [0066] まず、図7に示すように、Siドープn型GaAs基板101上に、n型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 層からなる高屈折率層102-2とn型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 層からなる低屈折率層102-1の一对を基本単位とするn型のDBR(n型半導体ミラー層)を複数積層した第1のDBR層102、n型 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ の第1クラッド層103、ノドープGaAs量子井戸と $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 障壁層からなる活性層104、p型 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ の第2クラッド層105、p型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ (ただし $0.9 < x < 1$)の酸化電流狭窄部形成層106、p型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 層とp型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 層の一对を基本単位とするDBR(p型半導体ミラー層)を複数積層した第2のDBR層107を、有機金属気相成長(MOCVD)法にて順次積層し、積層構造120を形成する。分子線エピタキシー成長(MBE)法等の他の成長方法を用いてもよい。この工程は、図2(B)の工程に相当する。
- [0067] 各々のDBR層102, 107では、高屈折率の $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ と低屈折率の $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ とのそれぞれの膜厚は、これら媒質内の各々の光路長が発振波長約 $0.85\mu\text{m}$ のほぼ $1/4$ となるように設定してある。または、 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ の厚みと $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ の厚みの合計の膜厚(DBR単位の膜厚)を、光路長を発振波長である約 $0.85\mu\text{m}$ の $1/2$ となるように設定してもよい。
- [0068] 次に、フォトレジストをエピタキシャル成長膜上へ塗布し、円形のレジストマスクを形成する。ついで、ドライエッチングにより、第2クラッド層105の表面が露出するまでエッチングを行い、直径約 $30\mu\text{m}$ の円柱状構造を形成する。この工程により、酸化電流狭窄部形成層106の側面が露出する。その後、フォトマスクを除去する。この工程は、図2(C)の工程に相当する。
- [0069] 次に、再びメサ上面における、内径が約 $8\mu\text{m}$ ~ $10\mu\text{m}$ で、外径は直径約 12 ~ $14\mu\text{m}$ であるメサと同心円の円環部を除く面をフォトレジストで覆う。その後、メサ最上層上にZnO膜(不純物層)をスパッタで円環状に形成し、 580°C 、10分のアニールを行う。この結果、光軸の中心部を除く周縁部に、深さ約 $2\mu\text{m}$ 程度までZn(第2導電型

の不純物)が拡散し、第2のDBR層107の破壊が生じる。これにより高屈折率の $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 層と低屈折率の $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 層の界面はなだらかになり、その領域の反射率は低下する。この結果、第2のDBR層107の一部に発光の中心部に比べて低反射率である構造変調領域108が形成される。

[0070] 最上層は、GaAsの $\lambda/2$ 層を設けても良い。更に、この工程は、上述のメサを形成する工程の前に行っても良く、更に、後述の電流狭窄部形成の選択酸化の工程の後で行っても良いことは言うまでもない。

[0071] その後、水蒸気雰囲気中の炉内において温度約 400°C で約10分間加熱を行う。これにより、酸化電流狭窄部形成層106が円環状に選択的に酸化され、酸化領域が形成される。同時に、酸化電流狭窄部形成層106の中心部には直径が約 $8\mu\text{m}$ の非酸化領域が形成される。

[0072] 酸化電流狭窄部形成層106に形成された、酸化領域と非酸化領域からなる構成を電流狭窄部という。電流狭窄部は、電流を非酸化領域とほぼ同じ幅の活性層領域に集中して流すために設けている。

[0073] その後、メサ上の外周にチタン(Ti)/金(Au)のリング状の上部電極109、基板裏面全面にAuGe合金の下部電極111を形成する。この工程は、図2(D)に相当する。

構造変調領域108は、上記電流狭窄部と同一の中心軸で、構造変調領域108が囲う内径113は、前記電流狭窄部の開口幅112より小さくなっている。このため、電流狭窄部の開口幅112を約 $8\mu\text{m}$ と大きくとっても単一基本モードが維持され、約5mW以上の高出力動作が可能となる。

[0074] 本実施例におけるVCSELでは、構造変調領域108の形状が円環状となっているため、出力光の断面も円環状となるが、必要に応じて楕円型などの所望の断面形状をもつ出力光を出射するようにしてもよい。

[0075] 上述した実施例においては、活性層4, 104の材料としてノドープGaAsやノドープ $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ を用いたが、活性層4, 104の材料としてはこれらに限られず、GaAsまたはInGaAsを用いて近赤外用のVCSELを構成することもできるし、また、InGaP、AlGaInPなどの可視VCSELにも適用できる。

[0076] 更に、InP基板上的InGaAsPや、GaAs基板上的GaInNAs、GaInNAsSb、GaAsSbなどを用いて長波帯の単一モードVCSELを構成することもできる。これらのVCSELは単一モードファイバを用いた比較的長距離の通信に非常に有効である。さらには、GaN系やZnSe系等を用いて青色または紫外線用のVCSELを構成することができる。

[0077] また、これらの活性層4, 104の材料に応じて、DBR層2, 7, 102, 107を含めたその他の層の材料・組成や、DBR層2, 7, 102, 107の周期数を含めたそれぞれの層の厚みを適宜選択、設定できることはいうまでもない。

[0078] 第1〜4, 6の実施例におけるVCSELでは、電流狭窄部の酸化領域はアルミニウム(Al)が酸化する構成となっているが、Alに限るものではなく、酸化した場合に非酸化領域に比べ電気抵抗が大幅に増大(絶縁体となれば望ましい)する物質であればよい。

また、上述した実施例で第1と第2の導電性を逆に、即ち、n型をp型に、かつp型をn型に変更してもよい。この場合には、電流狭窄部は活性層4, 104と第1のDBR層2, 102との間に形成するのが望ましい。あるいは、何れの場合も、電流狭窄部は、活性層4, 104と第1のDBR層2, 102との間、及び、活性層4, 104と第2のDBR層7, 107との間の両方に形成してもよい。

[0079] また、上述した実施例と組み合わせて十分機能しさえすれば、必ずしも選択酸化による電流狭窄である必要もなく、第5の実施例で示した方法以外にも、例えばプロトン注入による方法などを適用することも出来る。

[0080] また、上述した実施例では導電性基板1, 101上にVCSELを形成していたが、p型及びn型両電極とも表面側に形成する場合などは必ずしも導電性基板1, 101に限定されず、例えばnドープ基板または半絶縁性基板を用いても良い。さらに上述した実施例では基板1, 101上に積層した全ての層にドーピングした場合について説明したが、電流経路となり動作上必要な範囲に少なくともドーピングすれば良い。

[0081] 本発明は、これら実施例に具体的に示した構成、方法に限定されるものではなく、発明の趣旨に沿うものであれば種々のバリエーションが考えられる。

請求の範囲

- [1] 基板上に少なくとも第1導電型のブラッグ反射鏡層、活性層及び第2導電型のブラッグ反射鏡層が順次積層された積層構造と、
前記積層構造を流れる電流を前記活性層の発光領域に集中させる電流狭窄構造と、
前記積層構造における光軸から離間した領域に形成され、前記光軸を含む発光の中心部に比べて反射率が低い構造変調領域と
を備えることを特徴とする面発光レーザ。
- [2] 前記電流狭窄構造は、前記第1導電型のブラッグ反射鏡層と前記活性層との間及び前記第2導電型のブラッグ反射鏡層と前記活性層との間のいずれかに形成され、前記光軸を含む中心部に形成された電流狭窄領域と、この電流狭窄領域の周囲に形成されかつ前記電流狭窄領域よりも電気抵抗が高い非電流狭窄領域とを備える電流狭窄部からなることを特徴とする請求項1に記載の面発光レーザ。
- [3] 前記構造変調領域に囲まれる中心部の幅は、前記電流狭窄領域の幅よりも狭いことを特徴とする請求項2に記載の面発光レーザ。
- [4] 前記構造変調領域は、前記第1導電型のブラッグ反射鏡層及び前記第2導電型のブラッグ反射鏡層の少なくとも一方に形成されていることを特徴とする請求項1に記載の面発光レーザ。
- [5] 前記構造変調領域は、前記積層構造の他の領域と反射率に影響を与えるパラメータが異なっていることを特徴とする請求項1に記載の面発光レーザ。
- [6] 前記パラメータは、層厚、平坦性及び前記基板の表面に対する傾きの少なくとも1つであることを特徴とする請求項5に記載の面発光レーザ。
- [7] 前記基板及び前記積層構造に含まれる層のいずれかの表面に形成された段差を更に備え、
前記構造変調領域は、前記段差を起点に形成されていることを特徴とする請求項1に記載の面発光レーザ。
- [8] 前記段差は、前記基板の表面の法線方向に対して傾斜していることを特徴とする請求項7に記載の面発光レーザ。

- [9] 前記段差は、メサ構造により規定されていることを特徴とする請求項7に記載の面発光レーザ。
- [10] 前記メサ構造の平面形状は、円形、楕円形及び矩形のいずれかであることを特徴とする請求項9に記載の面発光レーザ。
- [11] 前記段差は、前記光軸から外側に向かって低くなることを特徴とする請求項9に記載の面発光レーザ。
- [12] 前記段差は、環状に形成された多重の凹凸により規定されていることを特徴とする請求項7に記載の面発光レーザ。
- [13] 前記多重の凹凸の平面形状は、円、楕円及び矩形形状のいずれかであることを特徴とする請求項12に記載の面発光レーザ。
- [14] 前記段差は、前記光軸から離間した領域に形成された複数の島状の凹凸からなることを特徴とする請求項7に記載の面発光レーザ。
- [15] 前記構造変調領域は、前記第2導電型のブラッグ反射鏡層を構成する多層膜の相互拡散により形成されていることを特徴とする請求項1に記載の面発光レーザ。
- [16] 前記構造変調領域は、高濃度の不純物拡散により形成されていることを特徴とする請求項1に記載の面発光レーザ。
- [17] 基板上に、少なくとも第1導電型のブラッグ反射鏡層、活性層、第2導電型のブラッグ反射鏡層を順次積層して積層構造を形成する工程と、
前記積層構造における中心軸から離間した領域に、前記中心軸を含む中心部に比べて反射率が低い構造変調領域を形成する工程と
を備えることを特徴とする面発光レーザの製造方法。
- [18] 前記積層構造を形成する工程は、前記第1導電型のブラッグ反射鏡層と前記活性層との間及び前記第2導電型のブラッグ反射鏡層と前記活性層との間のいずれかに、酸化により電気抵抗が高くなる材料からなる電流狭窄部形成層を形成する工程を備え、
前記積層構造を形成する工程の後に、前記電流狭窄部形成層の周縁部を酸化する工程を更に備えることを特徴とする請求項17に記載の面発光レーザの製造方法。
- [19] 前記酸化する工程は、前記電流狭窄部形成層の酸化されない中心部の幅が、前

記構造変調領域に囲まれる中心部の幅より狭くなる前に、酸化処理を停止することを特徴とする請求項18に記載の面発光レーザの製造方法。

[20] 前記構造変調領域を形成する工程は、前記第1導電型のブラッグ反射鏡層及び前記第2導電型のブラッグ反射鏡層の少なくとも一方に前記構造変調領域を形成することを特徴とする請求項17に記載の面発光レーザの製造方法。

[21] 前記構造変調領域を形成する工程は、前記積層構造の他の領域と層厚、平坦性及び前記基板の表面に対する傾きの少なくとも1つが異なる構造変調領域を形成する工程を備えることを特徴とする請求項17に記載の面発光レーザの製造方法。

[22] 前記構造変調領域を形成する工程は、
前記基板及び前記積層構造に含まれる層のいずれかの表面の前記中心軸から離間した領域に、段差を形成する工程と、
前記段差を形成した表面上に前記積層構造の残りの層を形成する工程と
を備えることを特徴とする請求項17に記載の面発光レーザの製造方法。

[23] 前記段差を形成する工程は、前記中心軸から外側に向かって低くなる段差を形成することを特徴とする請求項22に記載の面発光レーザの製造方法。

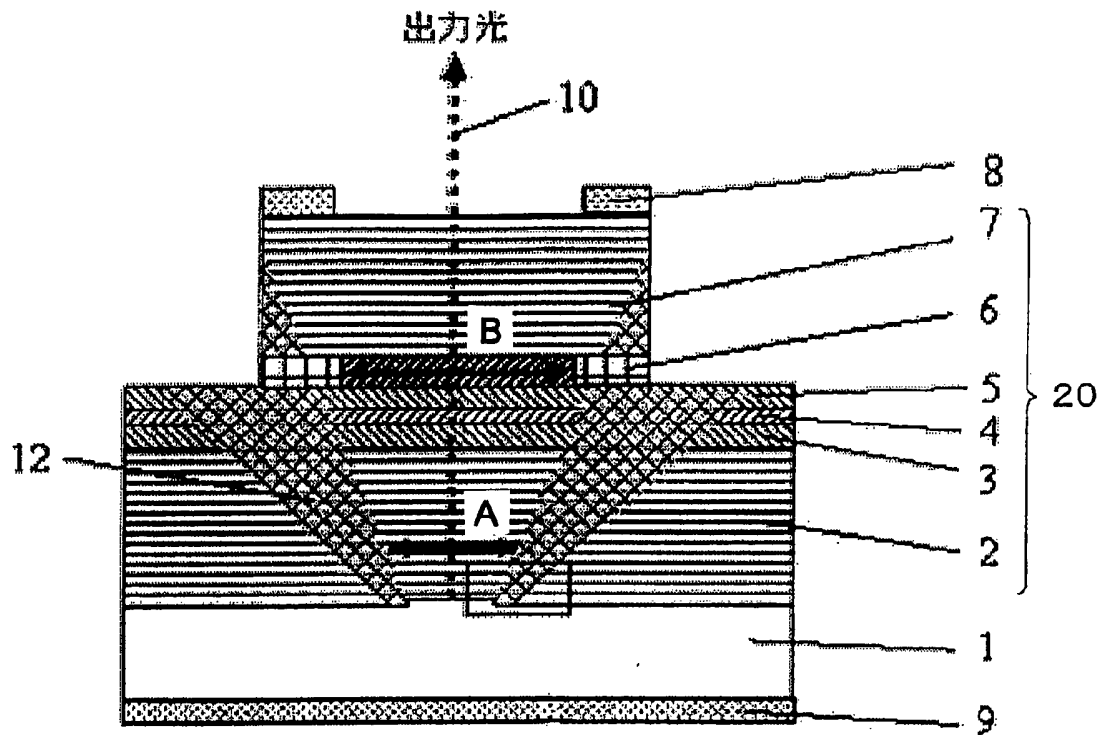
[24] 前記段差を形成する工程は、前記中心軸から外側に向かって低くなる段差と、高くなる段差とを複数形成することを特徴とする請求項22に記載の面発光レーザの製造方法。

[25] 前記構造変調領域を形成する工程は、前記積層構造における前記中心軸から離間した領域に電子線を照射することにより、前記積層構造の各層を構成する原子を他の層に拡散させる工程を備えることを特徴とする請求項17に記載の面発光レーザの製造方法。

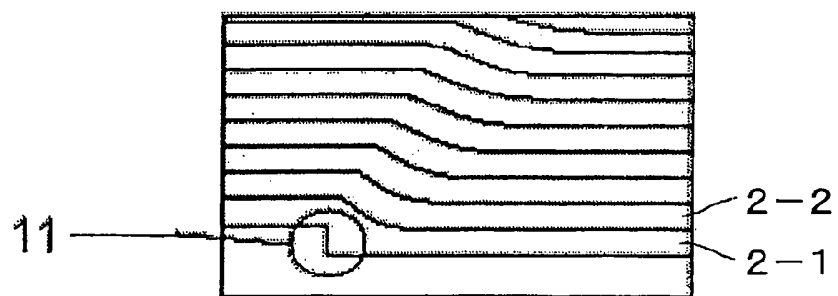
[26] 前記構造変調領域を形成する工程は、
前記第2導電型のブラッグ反射鏡層における前記中心軸から離間した領域の上に、前記中心軸を取り囲むように第2導電型の不純物を含む不純物層を形成する工程と、
前記不純物層から前記第2導電型のブラッグ反射鏡層に不純物を拡散させる工程と

を備えることを特徴とする請求項17に記載の面発光レーザの製造方法。

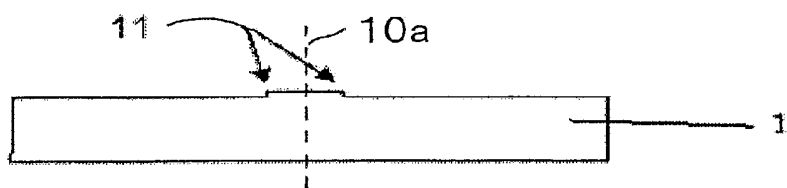
[図1A]



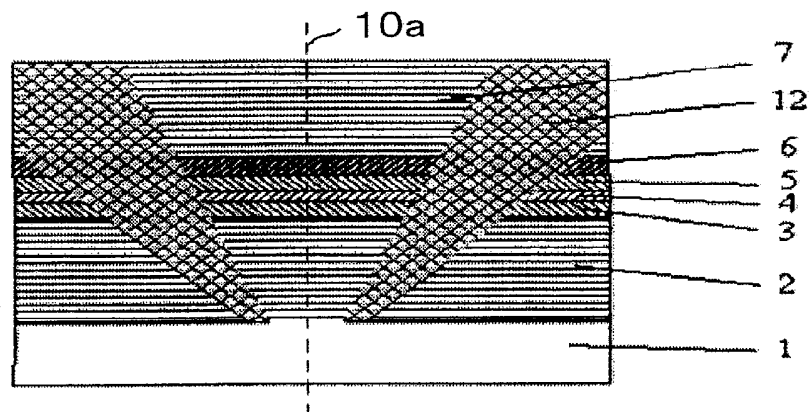
[図1B]



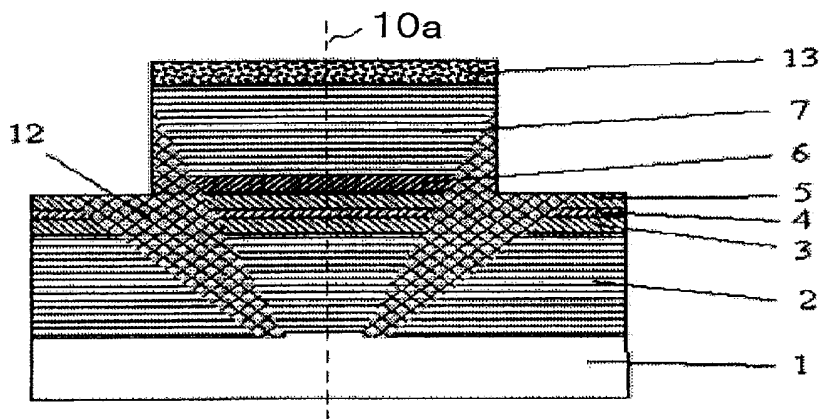
[図2A]



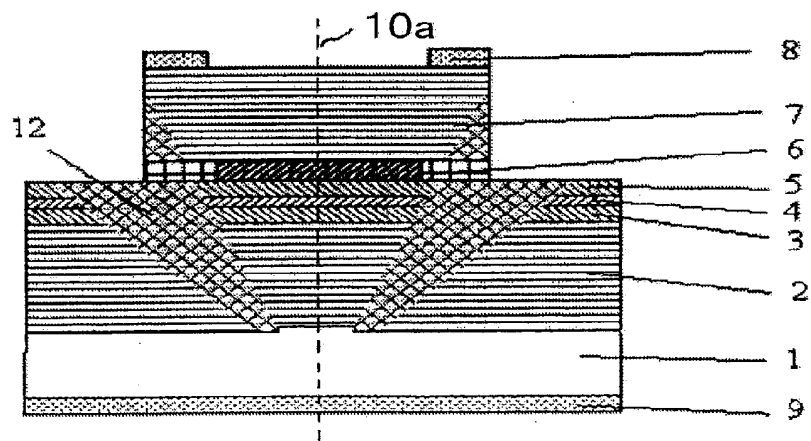
[図2B]



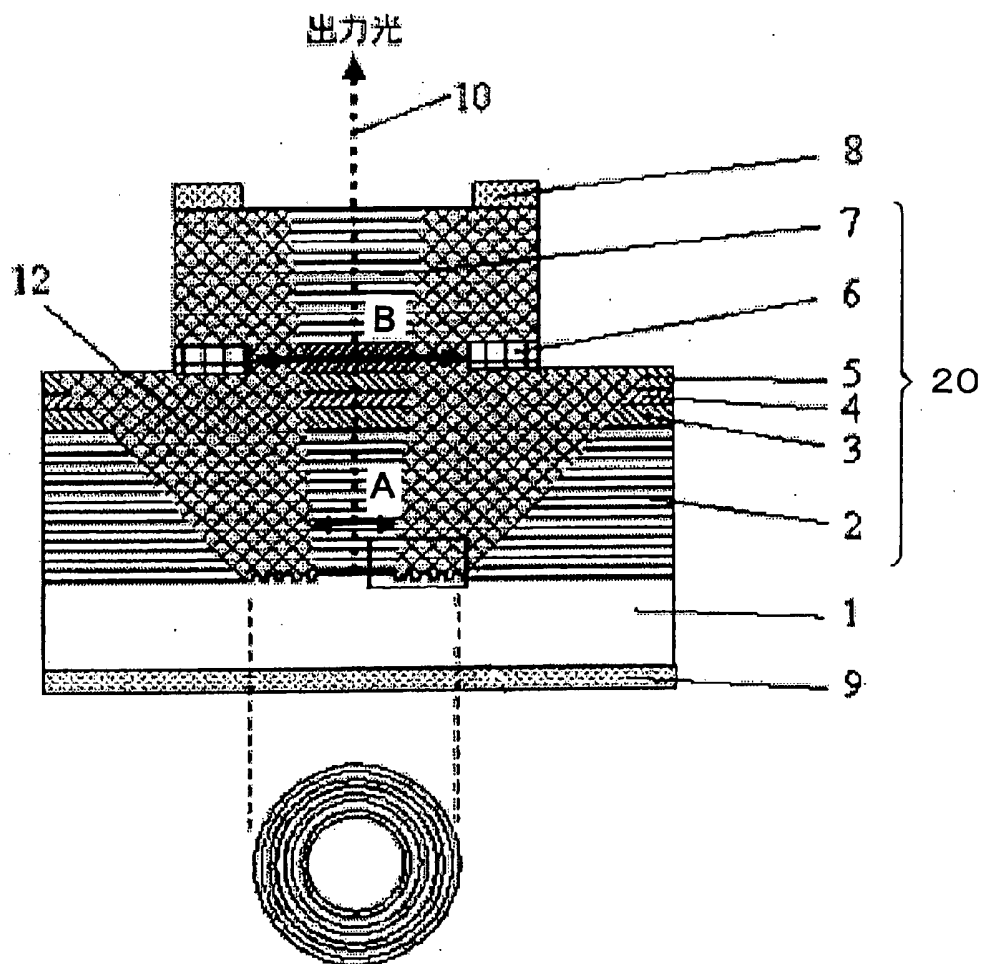
[図2C]



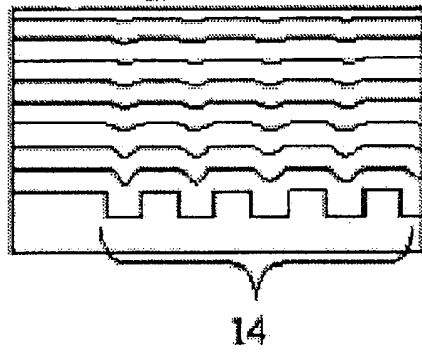
[図2D]



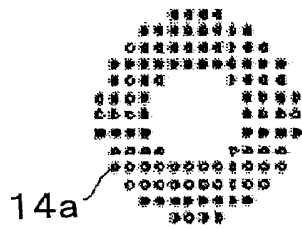
[図3A]



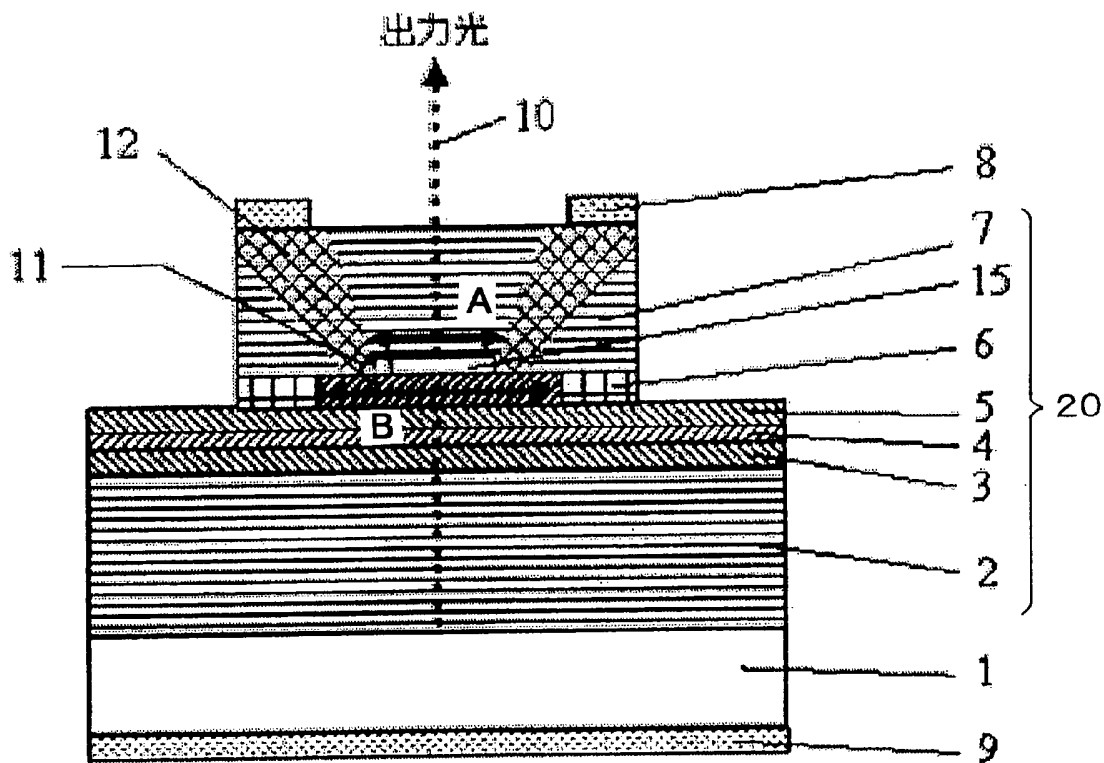
[図3B]



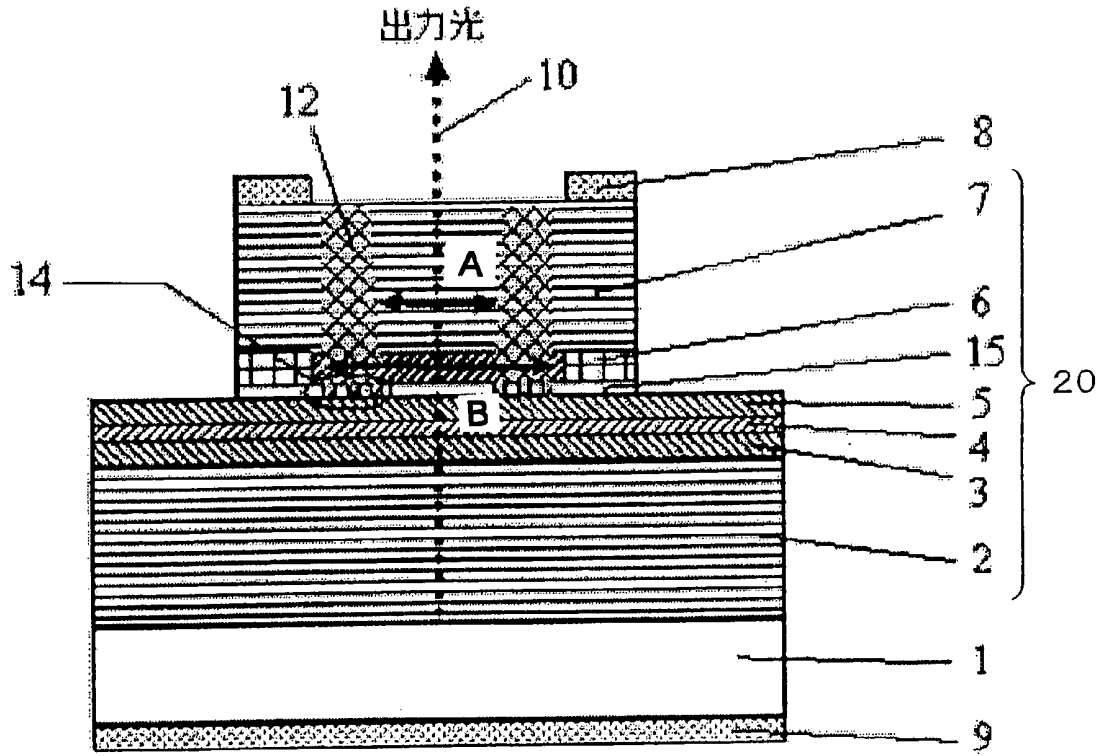
[図3C]



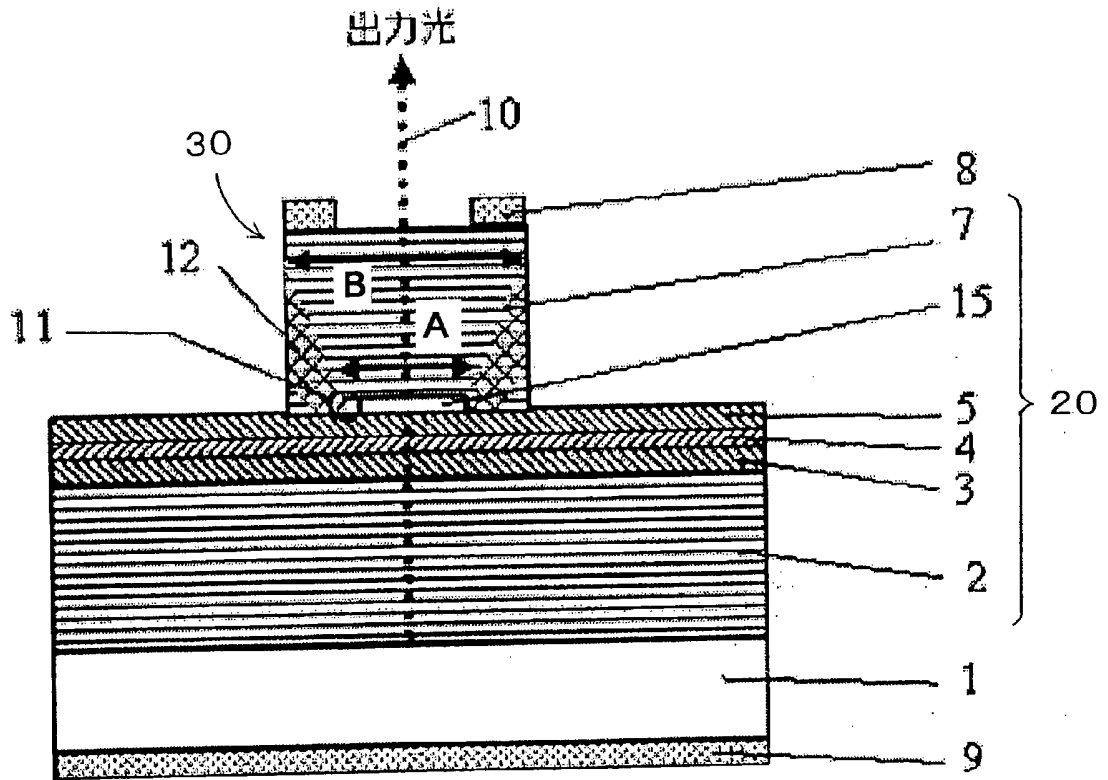
[図4]



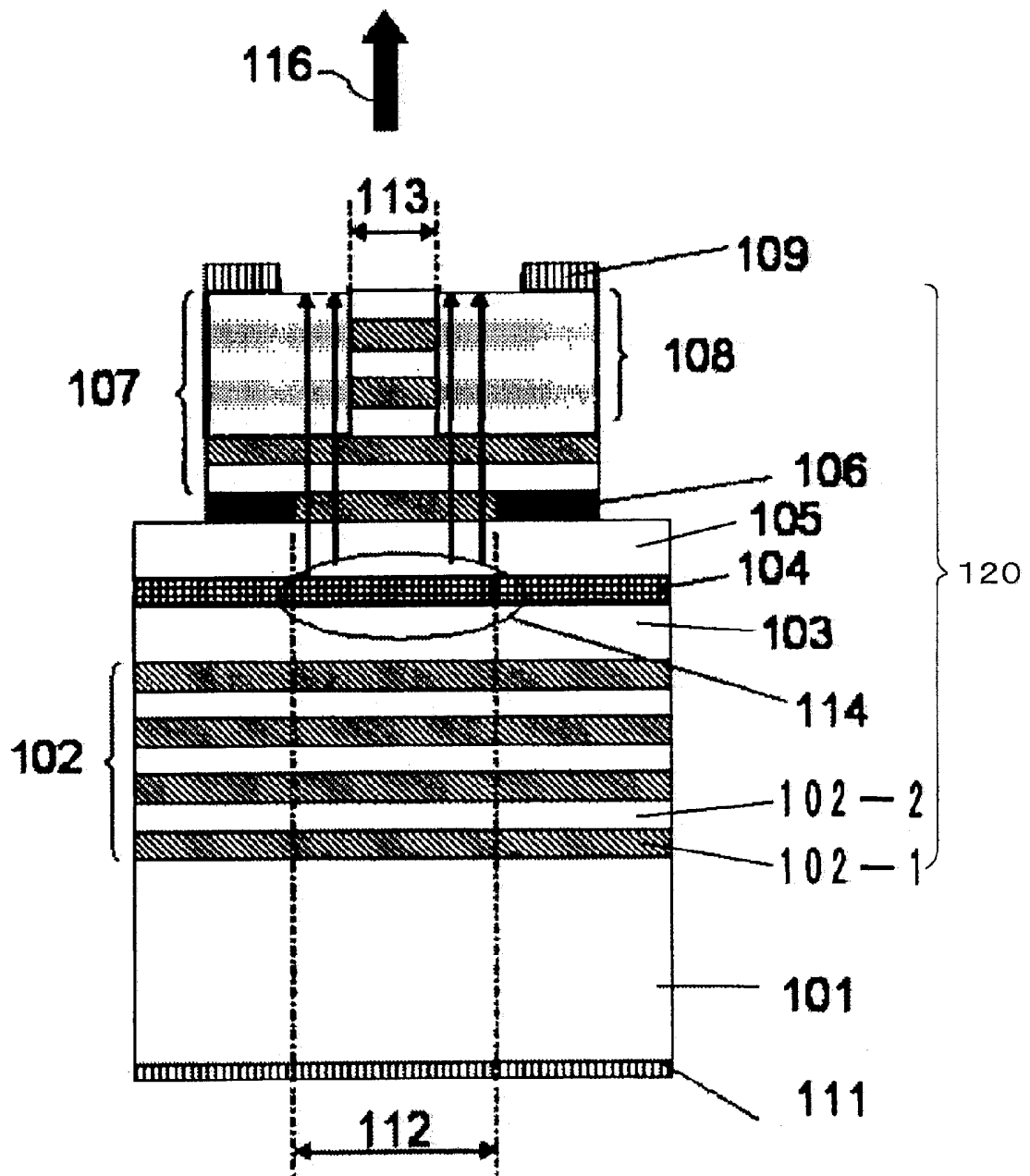
[図5]



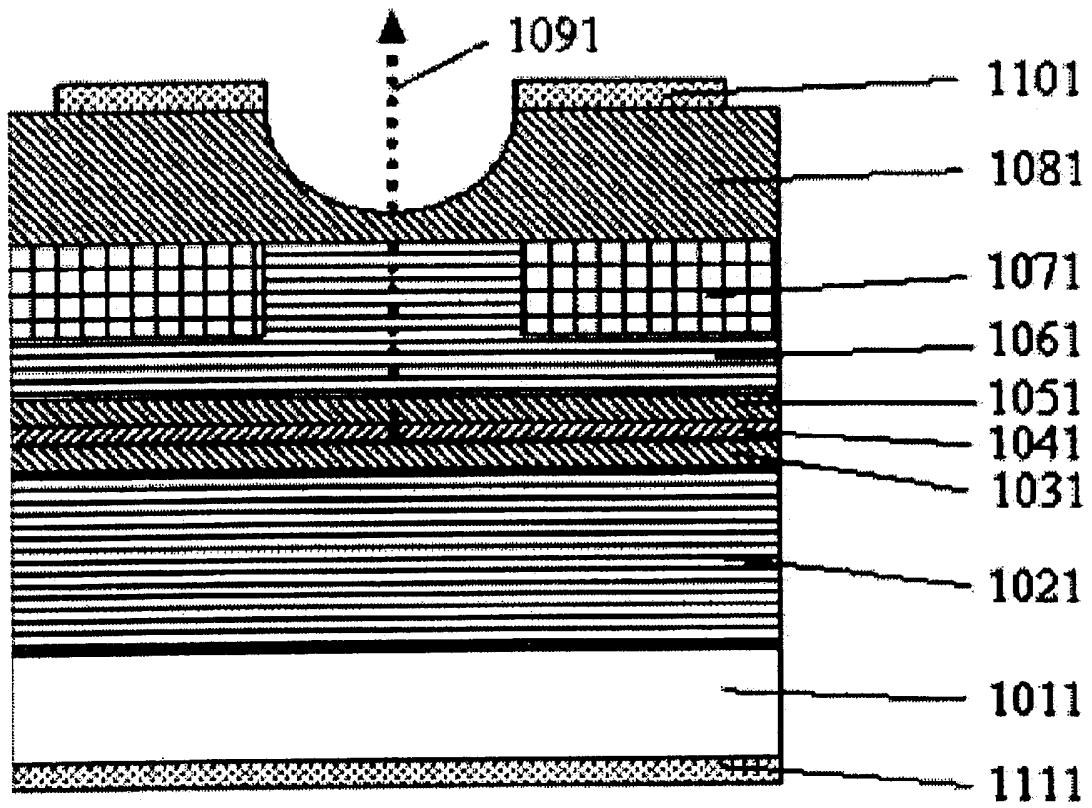
[図6]



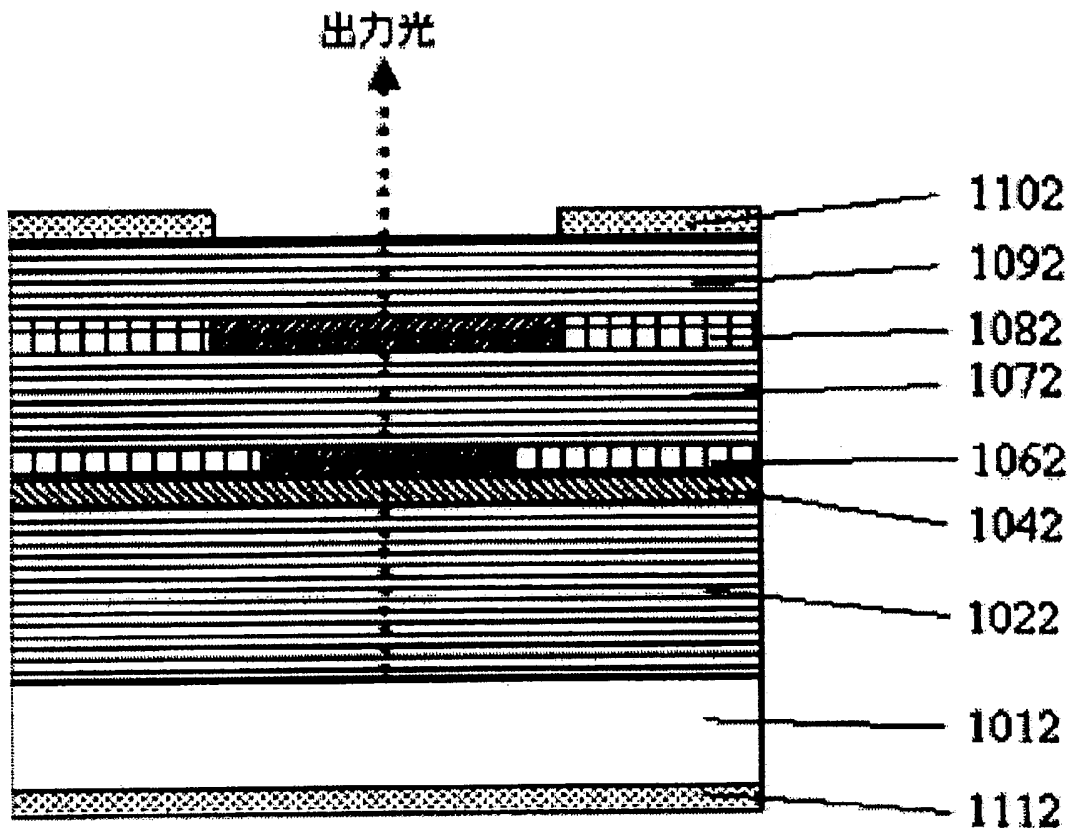
[図7]



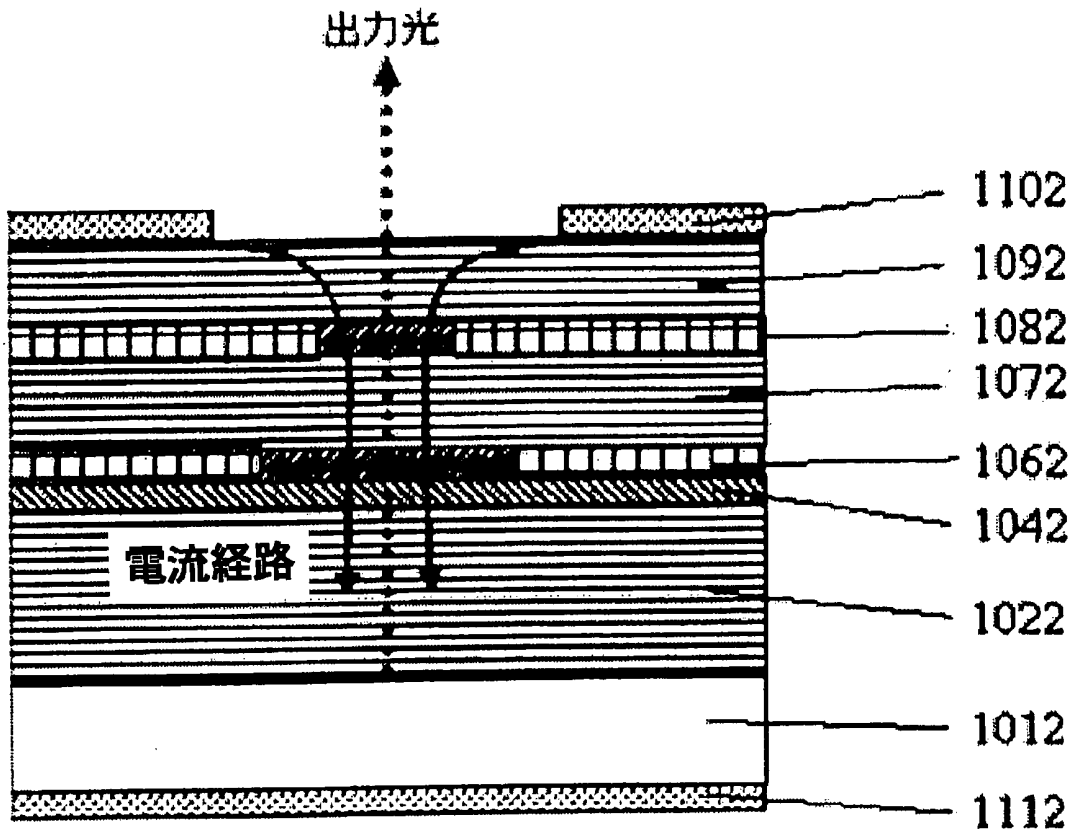
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/001336

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 Int.Cl⁷ H01S5/183

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 Int.Cl⁷ H01S5/00-5/50

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 11-68227 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 09 March, 1999 (09.03.99), Par. No. [0036]; Fig. 5 (Family: none)	1-5, 16-20, 26
X	JP 2003-124570 A (Canon Inc.), 25 April, 2003 (25.04.03), Par. No. [0038]; Fig. 5 (Family: none)	1, 2, 4, 5, 16-18, 20, 26
X	JP 2002-252428 A (Ricoh Co., Ltd.), 06 September, 2002 (06.09.02), Par. No. [0018]; Fig. 1 (Family: none)	1, 2, 4, 5, 17, 20

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 23 May, 2005 (23.05.05)	Date of mailing of the international search report 14 June, 2005 (14.06.05)
--	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/001336

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2003-332683 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 21 November, 2003 (21.11.03), Par. Nos. [0030] to [0038]; Fig. 2 (Family: none)	1-11,17-23
X	JP 2003-332684 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 21 November, 2003 (21.11.03), Par. Nos. [0030] to [0036]; Fig. 2 (Family: none)	1-11,17-23
X	US 6542527 B1 (Regents of the University of Minnesota), 01 April, 2003 (01.04.03), Column 3, line 52 to column 4, line 20; column 4, line 55 to column 5, line 15; Fig. 2 (Family: none)	1,2,4-11,17, 18,20-23
X	US 6515305 B2 (Regents of the University of Minnesota), 01 April, 2003 (01.04.03), Column 4, lines 1 to 16; Fig. 1 (Family: none)	1,2,4,7,11, 14,17,18,20, 22-24
A	US 5446752 A (MOTOROLA INC.), 29 August, 1995 (29.08.95), Full text; all drawings (Family: none)	1-14,16-24, 26
A	JP 11-312847 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 09 November, 1999 (09.11.99), Full text; all drawings & US 2003/156613 A1 & EP 0939471 A1	1-14,16-24, 26
A	JP 2002-510869 A (BANDWIDTH 9), 09 April, 2002 (09.04.02), Full text; all drawings & WO 1999/050940 A1 & US 5960024 A & EP 1066667 A1	1-14,16-24, 26
A	JP 7-263796 A (Fujitsu Ltd.), 13 October, 1995 (13.10.95), Full text; all drawings (Family: none)	1-14,16-24, 26
A	JP 9-191155 A (Ricoh Co., Ltd.), 22 July, 1997 (22.07.97), Full text; all drawings (Family: none)	1-14,16-24, 26

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/001336

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The technical feature common to claims 1-26 is to "provide a structure modulating region formed in a region spaced from the optical axis of the multilayer structure and having a reflectance lower than that of the central part of emission including the optical axis".

However, the international search has revealed that this common technical feature is not novel since it is disclosed in document JP 11-68227 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 09 March, 1999 (09.03.99), Par. No. [0036], Fig. 5, JP 2003-124570 A (Canon Inc.), 25 April, 2003 (25.04.03), Par. No. [0038], Fig. 5, and JP 2002-252428 A (Ricoh Co., Ltd.), 06 September, 2002 (06.09.02), Par. No. [0018], Fig. 1. (continued to extra sheet)

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.: 1-14, 16-24, 26

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/001336

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

Consequently, since the common technical feature of "providing a structure modulating region formed in a region spaced from the optical axis of the multilayer structure and having a reflectance lower than that of the central part of emission including the optical axis" makes no contribution over the prior art, this common technical feature cannot be a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence.

Therefore, there are no technical features common to all the inventions of claims 1-26. Since there is no other common technical feature considered as a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence, no technical relationship within the meaning of PCT Rule 13.2 among the different inventions can be seen.

Consequently, it is obvious that the inventions of claims 1-26 do not satisfy the requirement of unity of invention.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. ⁷ H01S5/183										
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. ⁷ H01S5/00-5/50										
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2005年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2005年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2005年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2005年	日本国実用新案登録公報	1996-2005年	日本国登録実用新案公報	1994-2005年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2005年									
日本国実用新案登録公報	1996-2005年									
日本国登録実用新案公報	1994-2005年									
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)										
C. 関連すると認められる文献										
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号								
X	JP 11-68227 A (松下電器産業株式会社) 1999.03.09, 段落【0036】, 図5 (ファミリーなし)	1-5, 16-20, 26								
X	JP 2003-124570 A (キヤノン株式会社) 2003.04.25, 段落【0038】, 図5 (ファミリーなし)	1, 2, 4, 5, 16-18, 20, 26								
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。										
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献										
国際調査を完了した日 23.05.2005	国際調査報告の発送日 14.6.2005									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 道祖土 新吾 電話番号 03-3581-1101 内線 3255	2K 3498								

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2002-252428 A (株式会社リコー) 2002.09.06, 段落【0018】, 図1 (ファミリーなし)	1, 2, 4, 5, 17, 20
X	JP 2003-332683 A (古河電気工業株式会社) 2003.11.21, 段落【0030】～【0038】, 図2 (ファミリーなし)	1-11, 17-23
X	JP 2003-332684 A (古河電気工業株式会社) 2003.11.21, 段落【0030】～【0036】, 図2 (ファミリーなし)	1-11, 17-23
X	US 6542527 B1 (Regents of the University of Minnesota) 2003.04.01, 第3欄52行～第4欄20行、第4欄55行～第5欄 15行, Fig 2 (ファミリーなし)	1, 2, 4-11, 17, 18, 20-23
X	US 6515305 B2 (Regents of the University of Minnesota) 2003.04.01, 第4欄1行～第4欄16行, Fig 1 (ファミリーなし)	1, 2, 4, 7, 11, 14, 17, 18, 20, 22-24
A	US 5446752 A (MOTOROLA INC) 1995.08.29, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-14, 16-24, 26
A	JP 11-312847 A (日本電信電話株式会社) 1999.11.09, 全文, 全図 & US 2003/156613 A1 & EP 0939471 A1	1-14, 16-24, 26
A	JP 2002-510869 A (バンドウイドス 9) 2002.04.09, 全文, 全図 & WO 1999/050940 A1 & US 5960024 A & EP 1066667 A1	1-14, 16-24, 26
A	JP 7-263796 A (富士通株式会社) 1995.10.13, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-14, 16-24, 26
A	JP 9-191155 A (株式会社リコー) 1997.07.22, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-14, 16-24, 26

第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるときの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-26に係る発明の共通の事項は、「前記積層構造における光軸から離間した領域に形成され、前記光軸を含む発光の中心部に比べて反射率が低い構造変調領域とを備えること」である。

しかしながら、調査の結果、この共通の事項は、文献特開平11-68227号公報 (松下電器産業株式会社)、1999.03.09、段落【0036】、図5、特開2003-124570号公報 (キヤノン株式会社)、2003.04.25、段落【0038】、図5、および特開2002-252428号公報 (株式会社リコー)、2002.09.06、段落【0018】、図1に開示されているから、新規でないことが明らかとなった。

結果として、共通の事項「前記積層構造における光軸から離間した領域に形成され、前記光軸を含む発光の中心部に比べて反射率が低い構造変調領域とを備えること」は、先行技術の域を出ないから、PCT規則13.2の第2文の意味において、この共通事項は特別な技術的特徴ではない。

それ故、請求の範囲1-26に係る発明全てに共通の事項はない。PCT規則13.2の第2文の意味において特別な技術的特徴と考えられる他の共通の事項は存在しないので、それらの相違する発明の間にPCT規則13の意味における技術的な関連を見いだすことはできない。

よって、請求の範囲1-26に係る発明は、発明の単一性の要件を満たしていないことが明らかである。

1. 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
請求の範囲1-14, 16-24, 26
4. 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。