

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年8月10日(10.08.2023)



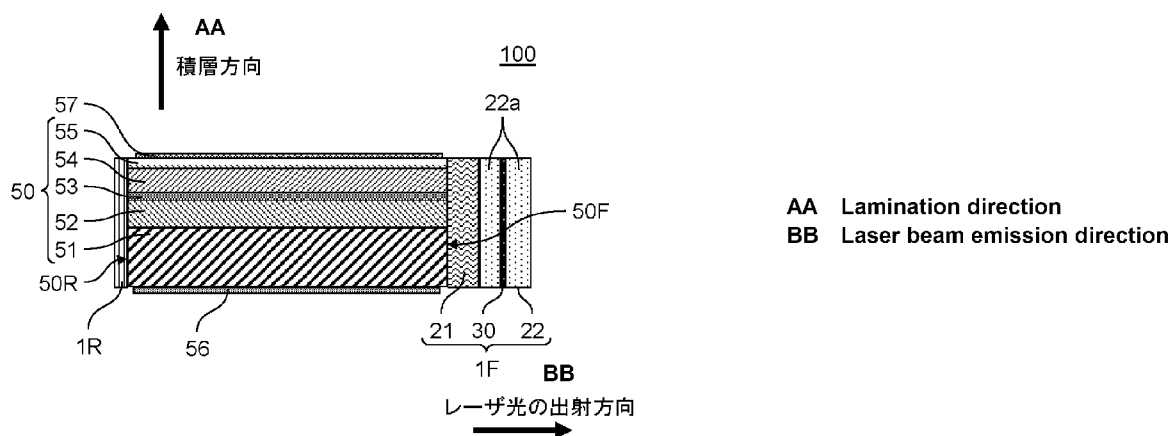
(10) 国際公開番号

WO 2023/149081 A1

- (51) 国際特許分類:
H01S 5/028 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/045514
- (22) 国際出願日: 2022年12月9日(09.12.2022)
- (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 2022-014354 2022年2月1日(01.02.2022) JP
- (71) 出願人: パナソニックホールディングス株式会社 (PANASONIC HOLDINGS CORPORATION) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 持田 篤範(MOCHIDA Atsunori).
- (74) 代理人: 徳田 佳昭, 外 (TOKUDA Yoshiaki et al.); 〒5718501 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 パナソニックホールディングス株式会社内 Osaka (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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,

(54) Title: SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT

(54) 発明の名称: 半導体レーザ素子



(57) Abstract: This semiconductor laser element comprises: a semiconductor laminate that emits a laser beam; an emitting-side protective layer disposed on a laser beam emitting-side end face of the semiconductor laminate; and a non-emitting-side protective layer that is disposed on an end face of the semiconductor laminate on the side opposite from the laser beam emitting-side end face and that reflects the laser beam, wherein the emitting-side protective layer has a control layer that suppresses emitting-side reflectance with respect to the wavelength of the laser beam to a prescribed value or lower, and the control layer has a strain relief layer inhibiting strain associated with the thermal expansion of the control layer.

(57) 要約: 半導体レーザ素子は、レーザ光を出射する半導体積層体と、前記半導体積層体のレーザ光出射側端面に配置される出射側保護層と、前記半導体積層体の前記レーザ光出射側端面とは反対側の端面に配置され、前記レーザ光を反射させる非出射側保護層と、を備え、前記出射側保護層は、前記レーザ光の波長に対する出射側の反射率を所定値以下に抑制する制御層を有しており、前記制御層は、前記制御層の熱膨張に伴う歪みを抑制する歪緩和層を有する。

WO 2023/149081 A1

PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG,
SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：半導体レーザ素子

技術分野

[0001] 本開示は、半導体レーザ素子に関する。

背景技術

[0002] 従来、レーザ装置を用いたレーザ加工技術が実用化されている。レーザ加工技術の用途を拡大するためには、レーザ光の高出力化及び高品質化が求められる。一般に、レーザ光の高品質化には、レーザ光の狭ビーム化が必要である。

[0003] レーザ装置の一例として、半導体レーザ素子から離隔して配置される回折格子等の光学部品によりレーザ光の共振状態を形成する外部共振器を備える外部共振型レーザ装置がある。外部共振型レーザ装置において、半導体レーザ素子から出射される複数のレーザ光を合成する合成光学系を外部共振器内に構築することで、高出力かつ高品質のレーザ光を出射することができる。

[0004] 複数のレーザ光の合成手法としては、空間合成法と波長合成法とがある。空間合成法は、同じ光軸上には集光せずに、複数のレーザ光を空間的に合成する手法である。一方、波長合成法は、互いに異なる波長を有する複数のレーザ光を同じ光軸上に集光する手法である。複数のレーザ光を合成して狭ビーム化を実現するためには、複数の光軸が互いに異なる空間合成法よりも波長合成法の方が好ましい。

[0005] また、波長合成法を適用する場合、例えば、半導体レーザ素子として、複数の発光点を有する半導体レーザ素子（いわゆる、レーザアレイ素子）が採用される。

[0006] ところで、外部共振型レーザ装置においては、レーザアレイ素子内での内部共振を抑制するために、レーザアレイ素子のレーザ光出射側端面の反射率を極力低減する必要がある。この出射側端面側の反射率は、例えば、1%以下であることが求められる。

[0007] 例えば、特許文献1には、多波長半導体レーザ素子のレーザ光出射側端面に、複数の誘電体層で構成された出射側保護層を設けることで、出射側端面の反射率を低減することが開示されている。図1は、特許文献1の多波長半導体レーザ素子の平面構成を示す模式図である。

[0008] 特許文献1に開示されている多波長半導体レーザ素子は、650nm帯のレーザ光を出射する第1発光部11と、780nm帯のレーザ光を出射する第2発光部12とを有している。また、多波長半導体レーザ素子は、レーザ光出射側端面に、複数の誘電体層14A、14B、14Cで構成された出射側保護層14を有している。出射側保護層14は、650nm帯と780nm帯とを含む波長範囲のレーザ光に対する出射側端面の反射率を低減する。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特開2010-219436号公報

発明の概要

[0010] 本開示の一態様に係る半導体レーザ素子は、
レーザ光を出射する半導体積層体と、
前記半導体積層体のレーザ光出射側端面に配置される出射側保護層と、
前記半導体積層体の前記レーザ光出射側端面とは反対側の端面に配置され、
前記レーザ光を反射させる非出射側保護層と、
を備え、
前記出射側保護層は、前記レーザ光の波長に対する出射側の反射率を所定値以下に抑制する制御層を有しており、
前記制御層は、前記制御層の熱膨張に伴う歪みを抑制する歪緩和層を有する。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は、特許文献1の多波長半導体レーザ素子の平面構成を示す模式図である。

[図2]図2は、第1実施形態に係る半導体レーザ素子を示す模式的な断面図である。

[図3]図3は、第1実施形態に係る半導体レーザ素子を備える半導体レーザ装置を示す模式図である。

[図4]図4は、第2実施形態に係る半導体レーザ素子を示す模式的な断面図である。

[図5]図5は、半導体レーザ素子におけるレーザ光出射側端面側の反射率を示すグラフであり、出射端面側保護層の種類毎に反射率の波長特性を示している。

発明を実施するための形態

[0012] 半導体レーザ素子の出射側保護層の構造は、レーザ光の信頼性を確保するために、例えば、構成する層の種類や層の厚さが増加されるなど、適宜調整される。また、出射側保護層の構造は、所望のレーザ特性を実現するために、出射側保護層内部での反射を含む出射側端面側の全体の反射率が抑制されるように、適宜調整される。

[0013] しかしながら、出射側保護層に熱膨張係数が高い層が含まれる場合、出射側保護層の熱膨張に起因する内部応力により、出射側保護層の剥がれや多波長半導体レーザ素子のレーザ光出射側端面の劣化が生じ、ひいては、レーザ品質の悪化を招く虞がある。加えて、出射側保護層が厚くなるほど、内部応力によりレーザ品質が悪化しやすくなる。

[0014] 本開示は、レーザ光出射側端面側の反射率を低減できるとともに、レーザ品質を向上させることのできる半導体レーザ素子を提供することを目的としている。

[0015] 以下、本開示の各実施形態及び変形例について、図面を参照しながら説明する。なお、以下に説明する各実施形態及び変形例は、いずれも本開示の一具体例を示すものである。従って、以下の各実施形態及び変形例で示される、数値、形状、材料、構成要素、及び、構成要素の配置位置や接続形態などは、一例であって本開示を限定する主旨では記載されていない。また、各図

は模式的に示す図であり、必ずしも厳密に図示されたものではない。従って、各図において縮尺等は必ずしも一致していない。なお、各図において、実質的に同一の構成要素に対しては同一の符号を付しており、重複する説明は省略又は簡略化する。また、本明細書において、「上方」及び「下方」という用語は、絶対的な空間認識における上方向（鉛直上方）及び下方向（鉛直下方）を指すものではなく、後述する半導体積層体の積層構成における積層順を基に相対的な位置関係により規定される用語として用いる。また、「上方」及び「下方」という用語は、2つの構成要素が互いに間隔をあけて配置されて2つの構成要素の間に別の構成要素が存在する場合のみならず、2つの構成要素が互いに接する状態で配置される場合にも適用される。

[0016] (第1実施形態)

以下、図2を参照しながら、第1実施形態に係る半導体レーザ素子100について説明する。図2は、第1実施形態に係る半導体レーザ素子100を示す模式的な断面図である。図2には、半導体積層体50（後述）の各層の積層方向、及び、レーザ光の出射方向に沿う平面による半導体レーザ素子100の断面が示されている。

[0017] [1-1. 全体構成]

半導体レーザ素子100は、複数のレーザ光を出射する半導体発光素子、いわゆる、半導体レーザアレイである。本実施形態では、半導体レーザ素子100は、窒化ガリウム系半導体レーザ素子であり、390nm以上530nm以下程度の帯域の波長を有するレーザ光を出射する。

[0018] 半導体レーザ素子100は、半導体積層体50と、出射側保護層1Fと、非出射側保護層1Rと、を備える。

[0019] [1-1-1. 半導体積層体]

半導体積層体50は、複数の半導体層の積層体である。

[0020] 半導体積層体50は、基板51と、第1半導体層52と、活性層53と、第2半導体層54と、コンタクト層55とを有する。

[0021] 基板51は、半導体積層体50の基材となる板状部材である。本実施形態

では、基板51は、Ga_{1-x}N単結晶基板である。基板51の厚さは、例えば、約100μmである。基板51を形成する材料は、Al₂O₃（サファイア）、SiC、GaAs、または、InPなどの単結晶であってもよい。また、基板51の厚さは、例えば、50μm以上120μm以下であってもよい。

[0022] 第1半導体層52は、基板51の上方に形成される半導体層である。本実施形態では、第1半導体層52は、n型の半導体層であり、n型クラッド層を含む。

[0023] n型クラッド層は、n-Al_{0.2}Ga_{0.8}Nで形成されている層である。n型クラッド層の厚さは、例えば、約1μmである。なお、n型クラッド層は、例えば、n-Al_xGa_{1-x}N（0<x<1）で形成されていればよい。また、n型クラッド層の厚さは、例えば、0.5μm以上5μm以下であってもよい。

[0024] また、n型クラッド層上にn型のAl_xIn_yGa_{1-x-y}N（0≦x+y≦1）ガイド層やアンドープのAl_xIn_yGa_{1-x-y}N（0≦x+y≦1）ガイド層が形成されていてもよい。

[0025] 活性層53は、第1半導体層52の上方に形成される層である。活性層53は、発光層として機能する。本実施形態では、活性層53は、2層の井戸層を有している。具体的には、活性層53は、In_{0.18}Ga_{0.82}Nから形成されている井戸層、及び、Ga_{1-x}Nから形成されている障壁層とが交互に積層された量子井戸活性層である。ここで、井戸層の厚さは、例えば、約5nmであり、障壁層の厚さは、例えば、約10nmである。半導体レーザ素子100は、このような活性層53を備えることにより、例えば、波長が約450nmの青色レーザ光を出射できる。

[0026] 活性層53は、In_xGa_{1-x}N（0<x<1）から形成されている井戸層と、Al_xIn_yGa_{1-x-y}N（0≦x+y≦1）から形成されている障壁層とが交互に積層された量子井戸活性層であればよい。

[0027] なお、活性層53は、量子井戸活性層の上方及び下方の少なくとも一方にガイド層を有していてもよい。本実施形態では井戸層の数は2層であるが、

1層以上4層以下であってもよい。また、波長範囲390nm以上530nm以下のうち、所望の波長の光が発光されるように井戸層のIn組成が適宜選択されてもよい。

[0028] 第2半導体層54は、活性層53の上方に形成される半導体層である。本実施形態では、第2半導体層54は、p型の半導体層であり、p型クラッド層を含む。p型クラッド層は、 $p\text{-Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ から形成された層と、Ga₂Nから形成された層とが交互に100層ずつ積層された超格子層である。p-Al_{0.2}Ga_{0.8}N層の厚さは、例えば、約3nmであり、Ga₂N層の厚さは、例えば、約3nmである。

[0029] p型クラッド層は、上述の超格子層ではなくとも、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 1$) から形成された層であってもよい。なお、この層の厚さは、例えば、0.3μm以上1μm以下であってもよい。また、p型クラッド層は、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 1$) からなるバルククラッド層であってもよい。

[0030] 本実施形態では、p型クラッド層の材料として、AlGa₂Nが用いられている。その理由は、AlGa₂Nは、活性層53にレーザ光を閉じこめるために適した屈折率を有するからである。p型クラッド層の材料として、AlGa₂N以外の材料が用いられてもよい。例えば、p型クラッド層の材料として、ITOが用いられてもよい。また、p型クラッド層の材料として、出射されるレーザ光を透過する材料、例えば、In₂O₃、Ga₂O₃、SnO、InGaO₃などの透明誘電体酸化物が用いられてもよい。

[0031] また、第2半導体層54は、p型クラッド層の下方にp型の $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x + y \leq 1$) ガイド層やアンドープの $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x + y \leq 1$) ガイド層を複数有していてもよい。

[0032] コンタクト層55は、第2半導体層54の上方に形成される半導体層であり、第2電極57とオーミック接触する。本実施形態では、コンタクト層55は、p型の半導体層であり、p-Ga₂Nから形成されている。コンタクト層55の厚さは、例えば、約10nmである。

[0033] なお、コンタクト層55の材料はp-Ga₂Nに限定されない。また、コン

タクト層55の厚さは、例えば、5nm以上200nm以下であってもよい。

[0034] 本実施形態では、第2半導体層54及びコンタクト層55に2以上のリッジ部が形成されている。各リッジ部に対応する活性層53の領域（つまり、各リッジ部の下方に位置する活性層53の領域）が発光点となり、複数の発光点からレーザ光が出射される。

[0035] 基板51の下方の主面（つまり、第1半導体層52などが配置されていない方の主面）には、電極として第1電極56が配置されている。

[0036] 本実施形態では、第1電極56は、n側電極であり、基板51側から順にそれぞれTi層、Pt層及びAu層が積層された積層構造を有する。なお、第1電極56は、他の積層構造を有していてもよく、例えば、Ti層及びAu層が積層された積層構造を有していてもよい。

[0037] コンタクト層55上には、電極として第2電極57が配置されている。本実施形態では、第2電極57は、コンタクト層55とオーミック接触するp側電極と、p側電極上に配置されるパッド電極とを有する。

[0038] p側電極は、コンタクト層55側から順にそれぞれPd層及びPt層が積層された積層構造を有する。また、p側電極の構成はこれに限定されない。p側電極は、例えば、Cr層、Ti層、Ni層、Pd層、Pt層及びAu層の少なくとも一つを有する単層構造又は多層構造を有していてもよい。

[0039] また、p側電極は、透明酸化物電極として用いられるITO層であってもよいし、 In_2O_3 層、 Ga_2O_3 層、SnO層、または、 InGaO_3 層であってもよい。

[0040] パッド電極は、p側電極の上方に配置されたパッド状の電極である。本実施形態では、パッド電極は、p側電極側から順にそれぞれTi層及びAu層で形成された層が積層された積層構造を有しており、リッジ部及びその周辺に配置されている。

[0041] パッド電極は、例えば、Au層のみで構成されていてもよいし、それぞれTi層、Pt層及びAu層が積層された積層構造や、それぞれNi層及びA

u層が積層された積層構造を有していてもよい。また、パッド電極は、他の金属で形成された2以上の層が積層された積層構造を有していてもよい。

[0042] なお、図2には示されないが、半導体積層体50は、リッジ部の側壁などを覆うSiO₂膜などの絶縁層などをさらに有してもよい。

[0043] [1-1-2. 非出射側保護層1R]

非出射側保護層1Rは、半導体積層体50のレーザ光非出射側端面50R（以下、「非出射側端面50R」と称す。）に配置される層である。非出射側保護層1Rは、非出射側端面50Rを保護し、レーザ光に対する半導体積層体50の非出射側の反射率を一定値（例えば、90%）以上に高める。ここで、「非出射側の反射率」とは、非出射側端面50Rと非出射側保護層1Rとを合わせて総合的に評価される反射率を意味する。

[0044] 本実施形態では、非出射側保護層1Rは、SiO₂層及びAlO_{1-x}N_x（0<x<1）層の組が複数積層された多層構造を有する。SiO₂層及びAlO_{1-x}N_x（0<x<1）層の厚さは、例えば、複数のレーザ光の平均波長をλ_aとして、SiO₂層及びAlO_{1-x}N_x（0<x<1）層の屈折率をnとしたとき、それぞれλ_a/（4n）程度である。

[0045] 非出射側保護層1Rがこのような構造を有することで、レーザ光に対する非出射側の反射率が90%以上となる。これにより、スロープ効率が高く、かつ、閾値電流が低い半導体レーザ素子100を実現することができる。

[0046] なお、非出射側保護層1Rは、非出射側の反射率が所望の値を得ることができれば、その積層構造は限定されない。例えば、非出射側保護層1Rは、SiO₂層及びZrO₂層の組、SiO₂層及びTa₂O₅層の組、SiO₂層及びAlN層の組、SiO₂層及びTiO₂層の組、SiO₂層及びHfO₂層の組、SiO₂層及びNb₂O₅層の組、または、SiO₂層及びAl₂O₃層の組などが複数積層された積層構造を有していてもよい。また、SiO₂層及びAl₂O₃層の組を除く、上述の層の組のうち、低屈折率の層として、Al₂O₃層が用いられてもよい。

[0047] また、非出射側保護層1Rは、酸窒化物層、または、窒化物層の少なくとも

も一方を含む単層構造または多層構造を有していてもよい。

[0048] [1-1-3. 出射側保護層1F]

出射側保護層1Fは、半導体積層体50のレーザ光出射側端面50F（以下、「出射側端面50F」と称す。）に配置される層である。出射側保護層1Fは、出射側端面50Fを保護するとともに、レーザ光に対する半導体積層体50の出射側の反射率を低減する。ここで、「出射側の反射率」とは、出射側端面50Fと出射側保護層1Fとを合わせて総合的に評価される反射率を意味する。

[0049] 出射側保護層1Fは、バリア層21と、制御層22とを備えている。なお、以下の説明において、出射側の反射率を、単に「反射率」と呼ぶことがある。

[0050] <バリア層>

バリア層21は、出射側端面50Fに接して配置されている。バリア層21は、半導体積層体50の出射側端面50Fの劣化を抑制する機能を有する。バリア層21は、誘電体層であり、具体的には、酸窒化物層または窒化物層である。

[0051] 本実施形態では、バリア層21は、例えば、 $AlO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$) で形成された単層である。また、バリア層21の厚さは、例えば、20nm程度である。なお、バリア層21は、例えば、 $SiO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$) 層などの酸窒化物層であってもよいし、AlN層、または、SiN層などの窒化物層であってもよい。

[0052] <制御層>

制御層22は、バリア層21の出射側の面に接して配置される。制御層22は、半導体積層体50の出射側の反射率を調整する機能を有する。より詳しく説明すると、制御層22は、各レーザ光の発振波長に対して、出射側の反射率を所定値（例えば、1%）以下に抑制する。

[0053] 制御層22は、反射率の調整に寄与する主制御層22aと、制御層22全体の歪みを緩和する歪緩和層30を有する。主制御層22aと歪緩和層30

とは材料が異なる。

- [0054] 主制御層 22 a は、誘電体層であり、具体的には、酸窒化物層、窒化物層、または、酸化物層である。本実施形態では、主制御層 22 a は、例えば、 Al_2O_3 で形成された層である。また、歪緩和層 30 の両側の主制御層 22 a の厚さの合計は、例えば、55 nm 程度である。
- [0055] 主制御層 22 a は、 $AlO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$) 層、または、 $SiO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$) 層等の酸窒化物層、 AlN 層、または、 SiN 層等の窒化物層、あるいは、 TiO_2 層、 Nb_2O_5 層、 ZrO_2 層、 Ta_2O_5 層、または、 HfO_2 層等の酸化物層であってもよい。主制御層 22 a は、このような構造を有しているので、各レーザ光の波長に対して、出射側の反射率を 1% 以下に抑制できる。ひいては、半導体レーザ素子 100 を備えるレーザ装置において、安定した外部共振特性を実現できる。
- [0056] 歪緩和層 30 は、制御層 22 におけるレーザ光の進行方向の中間位置に挿入されるように配置されている。すなわち、歪緩和層 30 は、2つの主制御層 22 a に挟まれている。2つの主制御層 22 a は、互いに同じ材料で形成されていてもよく、異なる材料で形成されていてもよい。
- [0057] 歪緩和層 30 は、制御層 22 を含む出射側保護層 1 F 全体の熱膨張に伴う歪みを抑制する機能を有する。なお、制御層 22 の熱膨張は、レーザ光の出射による発熱に起因して生じる。
- [0058] 歪緩和層 30 は、誘電体層であり、少なくとも主制御層 22 a よりも熱膨張係数が小さい。好ましくは、歪緩和層 30 は、出射側保護層 1 F に含まれる層の中で、最も熱膨張係数が小さい材料で形成される。また、歪緩和層 30 には、レーザ光の光吸収を抑制するために、450 nm 帯近傍の波長範囲において、光吸収が小さい材料が選択されている。
- [0059] 本実施形態では、歪緩和層 30 は SiO_2 で形成されている。 SiO_2 は熱膨張係数が比較的小さく、かつ、450 nm 帯近傍において光吸収が少ない物質である。また、 SiO_2 は酸化物層であるため、周囲の層や外気の影響を受けにくい。

[0060] <歪緩和層の作用>

半導体レーザ素子100からレーザ光が出射されると、出射側端面50F付近は高温状態となり、出射側保護層1Fが熱膨張する。このとき、半導体積層体50と出射側保護層1Fとの界面に引張応力が生じる。特に、出射側保護層1Fの一部に、熱膨張係数が大きい材料で形成されている層が含まれる場合、引張応力は大きくなる。

[0061] この引張応力により、出射側端面50Fの活性層53近傍に転位が形成されるような劣化が発生する。ひいては、レーザ光の出力値及び品質の低下を招く。また、引張応力によって、出射側保護層1Fの剥離が生じる。

[0062] 制御層22は、熱膨張係数が小さい材料で形成されている歪緩和層30を有するので、制御層22を含む出射側保護層1F全体の熱膨張に伴う歪みを抑制できる。より具体的には、出射側保護層1Fの熱膨張を抑制し、出射側保護層1Fと出射側端面50Fとの界面に生じる引張応力を低減できる。

[0063] よって、出射側保護層1Fの劣化を抑制し、レーザ光の出力値及び品質を向上させることができる。下記表1に示されているように、歪緩和層30を形成するSiO₂は、主制御層22aを形成するAl₂O₃等よりも熱膨張係数が小さい。したがって、2つの主制御層22a(Al₂O₃層)の間に歪緩和層30を配置することで、出射側保護層1Fの熱膨張に伴う歪みを効果的に抑制できる。

[0064]

[表1]

	熱膨張係数(1/K)
GaN	5.6
AlN	4.5
Al ₂ O ₃	7.0
SiN	3.0
SiO ₂	0.5
ZrO ₂	7.7
TiO ₂	7.8
HfO ₂	3.8

[0065] なお、歪緩和層30の材料は、主制御層22aの材料よりも熱膨張係数が小さければよい。歪緩和層30の材料が、出射側保護層1Fに含まれる層の中で最も熱膨張係数が小さい材料であれば、より望ましい。

[0066] また、各レーザ光の発振波長に対して光吸収が小さければ（例えば、消衰係数が 2.0×10^{-3} 以下）、SiO₂以外であってもよい。

[0067] 各レーザ光の発振波長に対して、1%以下の反射率を維持しつつ、レーザ光の品質を向上させようとする場合、必ずしも、歪緩和層30はSiO₂層でなくてもよい。歪緩和層30は、例えば、その他の熱膨張係数が小さい誘電体層、例えば、AlN層、または、SiN層等の窒化物層、AlO_{1-x}N_x（ $0 < x < 1$ ）層、または、SiO_{1-x}N_x（ $0 < x < 1$ ）層等の酸窒化物層、あるいは、Al₂O₃層、Ta₂O₅層、または、HfO₂層等の酸化物層であってもよい。

[0068] 上述した通り、主制御層22aの厚さの合計は、例えば、55nm程度である。これに対して、歪緩和層30の厚さは、2nm以下であればよく、本実施形態では、1nmである。

[0069] 詳細は後述するが、歪緩和層30を薄くすることで、半導体レーザ素子100は、歪緩和層30を有さず、かつ、歪緩和層30を有さないこと以外の点で出射側保護層の構造が同じ半導体レーザ素子と比べて、レーザ光に対する波長特性が同等となる。

[0070] よって、反射率の波長特性を維持しつつ、出射側保護層1Fの熱膨張に伴う歪みを抑制できる。また、歪緩和層30を有さない状態の出射側保護層が出射側端面50Fに配置されたときに、各レーザ光の発振波長に対して、出射側の反射率が1.0%以下に抑制されるように、主制御層22aを構成することで、歪緩和層30が出射側保護層1Fに追加されたとしても、出射側の反射率を1.0%以下に維持できる。

[0071] 本実施形態では、歪緩和層30を有さない状態の出射側保護層が出射側端面50Fに配置された場合に、各レーザ光の発振波長に対して、出射側の反射率が1.0%以下に抑制されるように、主制御層22aが構成されている。このため、本実施形態に係る半導体レーザ素子100は、歪緩和層30を有しているものの、出射側の反射率を1.0%以下に維持できる。よって、半導体レーザ素子100を備えるレーザ装置において、安定した外部共振特性を実現できる。

[0072] <歪緩和層の位置>

歪緩和層30は、制御層22のどの位置に存在していてもよい。すなわち、歪緩和層30を有さない状態の出射側保護層を配置したときに、各レーザ光の発振波長に対して、出射側の反射率が1%以下となるように、主制御層22aが構成されているならば、歪緩和層30が制御層22のどの位置に存在しても、出射側の反射率は、各レーザ光の発振波長に対して、1%以下に抑制される。

[0073] [1-2. 製造方法]

次に、本実施形態に係る半導体レーザ素子200の製造方法について説明する。

[0074] まず、半導体積層体50のもととなる半導体ウエハを形成する。半導体ウ

エハの形成に際して、最初に基板51を準備する。そして、基板51上に、n型クラッド層である第1半導体層52、活性層53、p型クラッド層である第2半導体層54、及び、コンタクト層55を順に積層する。各層は、例えば、有機金属気相成長MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 法により形成できる。

[0075] 続いて、第2半導体層54及びコンタクト層55にリッジ部を形成する。リッジ部は、例えば、高周波誘導結合プラズマ (Inductive Coupled Plasma: ICP) 型の反応性イオンエッチングなどによって形成できる。

[0076] 以上のプロセスを経て、半導体ウエハが形成される。

[0077] 続いて、例えば、プラズマCVD法などによって、SiO₂層などの絶縁層を全面に形成する。そして、当該絶縁層のうちのリッジ部の上面の少なくとも一部を、ウエットエッチングなどによって除去し、リッジ部の側壁などに絶縁層を形成する。

[0078] 次に、真空蒸着法などによって、リッジ部上の絶縁層が除去された領域、及び、基板51の下面に、第2電極57及び第1電極56をそれぞれ形成する。

[0079] 続いて、例えば、レーザスクライブ装置とブレーキング装置を使用し、半導体ウエハの1次劈開を行う。これにより、出射側端面50F及び非出射側端面50Rを有する半導体積層体50がレーザバーとして形成される。

[0080] 次に、半導体積層体50の出射側端面50F及び非出射側端面50Rに、それぞれ出射側保護層1F及び非出射側保護層1Rを形成する。ここで、例えば、固体ソースECR (Electron Cyclotron Resonance) スパッタプラズマ成膜装置を用いて、誘電体層を形成していく。この装置を使用することで、出射側端面50Fの各層を形成する際に、出射側端面50F及びすでに形成されている層に対する損傷を抑制できる。

[0081] 出射側端面50F及び非出射側端面50Rは、蒸着装置などを用いて形成してもよいし、PLD (PULSE Laser Deposition)

、または、ALD (Atomic Layer Deposition) などを用いたアブレーション成膜装置、あるいは、MOCVDなどを用いたエピタキシャル成長装置などを用いて形成してもよい。

[0082] 以上のプロセスを経て本実施形態に係る半導体レーザ素子100が製造される。

[0083] [1-3. 適用例]

次に、本実施形態に係る半導体レーザ素子100の適用例について説明する。

[0084] <半導体レーザ装置の全体構成>

図3は、第1実施形態に係る半導体レーザ素子を備える半導体レーザ装置90を示す模式図である。半導体レーザ装置90は、波長合成を行う外部共振器型の半導体レーザ装置である。

[0085] 半導体レーザ装置90は、半導体レーザ素子101、102、光学レンズ91、92、回折格子95、及び、部分反射ミラー97を備えている。

[0086] 半導体レーザ素子101、102は、第1実施形態に係る半導体レーザ素子100と同一構造及び同一機能を有する素子である。

[0087] すなわち、半導体レーザ素子101、102は、複数の発光点を有するレーザアレイ素子である。すなわち、半導体レーザ素子101、102は、複数のレーザ光を出射する小型のレーザ光源として用いられる。よって、半導体レーザ装置90は、例えば、半導体レーザ素子101、102が搭載された小型の半導体レーザ装置とすることができる。

[0088] 半導体レーザ素子101、102は、それぞれ、N個(Nは、2以上の整数)の発光点E11~E1N、及び、N個の発光点E21~E2Nを有する。発光点E11~E1Nからは、複数のレーザ光が出射される。また、発光点E21~E2Nからは、複数のレーザ光が出射される。各発光点から出射されるレーザ光の波長は、回折格子95を含む外部共振器による波長選択作用に応じて決定される。よって、発光点E11~E1Nからは、それぞれ異なる波長 λ_{11} ~ λ_{1N} の複数のレーザ光が、外部共振レーザ光として出射

されるようになり、また、発光点E 2 1～E 2 Nからは、それぞれ異なる波長 λ 2 1～ λ 2 Nの複数のレーザ光が、外部共振レーザ光として出射されるようになる。

[0089] 半導体レーザ素子1 0 1、1 0 2は、複数のレーザ光が同一平面内において伝搬するように配置される。

[0090] 光学レンズ9 1及び9 2は、それぞれ半導体レーザ素子1 0 1及び1 0 2から出射された複数のレーザ光を回折格子9 5上に集光する光学素子である。なお、光学レンズ9 1及び9 2は、レーザ光をコリメートする機能を有してもよい。また、半導体レーザ装置9 0は、光学レンズ9 1及び9 2とは別に、各レーザ光をコリメートするコリメートレンズを備えていてもよい。

[0091] 回折格子9 5は、互いに波長が異なる複数のレーザ光を合波する波長分散素子であり、具体的には、透過型の回折格子である。回折格子9 5に入射する複数のレーザ光の波長及び入射角度、並びに、回折格子9 5のスリットの間隔を適切に設定することで、複数の伝搬方向が異なるレーザ光を、ほぼ同一の光軸上に合成することができる。

[0092] なお、回折格子9 5は、透過型の回折格子以外の素子、例えば、プリズム、または、反射型の回折格子であってもよい。

[0093] 部分反射ミラー9 7は、半導体レーザ素子1 0 1及び1 0 2の非出射側端面との間で外部共振器を形成する。部分反射ミラー9 7は、一部のレーザ光を透過（すなわち、出射）させる出力カップラ（Output Coupler）として機能する。部分反射ミラー9 7の反射率及び透過率は、半導体レーザ素子1 0 1、1 0 2のゲインなどに応じて適宜設定される。

[0094] <半導体レーザ装置の動作>

以下、半導体レーザ装置9 0の動作を説明する。

[0095] 半導体レーザ素子1 0 1、1 0 2は、電流が供給されると、それぞれN個のレーザ光を出射する。

[0096] 半導体レーザ素子1 0 1から出射されたN個のレーザ光は、光学レンズ9 1によって、回折格子9 5上の集光点に集光される。また、半導体レーザ素

子102から出射されたN個のレーザ光は、光学レンズ92によって、回折格子95上の集光点に集光される。なお、半導体レーザ素子101からのレーザ光と半導体レーザ素子102からのレーザ光は、同一の集光点に集光される。

[0097] 2N個のレーザ光は、回折格子95によって回折されて、ほぼ同一の光軸上を伝搬して部分反射ミラー97に向かう。そして、部分反射ミラー97に入射するレーザ光の一部は、部分反射ミラー97で反射され、回折格子95、光学レンズ91または92を介して半導体レーザ素子101または102に戻り、それぞれの素子の非出射側端面50Rで反射される。このようにして、半導体レーザ素子101、102の非出射側端面50Rと部分反射ミラー97との間で外部共振器が形成される。

[0098] 言いかえると、半導体レーザ素子101及び102が、光学レンズ91及び92、回折格子95、部分反射ミラー97とともに、外部共振器が形成されるように配置されている。

[0099] 一方、回折格子95から部分反射ミラー97に向かうレーザ光の他の一部は、部分反射ミラー97を透過し、半導体レーザ装置90の出力光となる。出力光は、例えば、出力光の光軸上に配置された光ファイバなどを介して半導体レーザ装置90の外部に、高出力レーザ光として出力される。

[0100] なお、レーザ光の合成手法としては、図3の半導体レーザ装置90で用いられる波長合成法と、レーザ光を空間的に合成する空間合成法とがある。合成光の狭ビーム化を実現するためには、同じ光軸上に異なる波長の光を集光する波長合成法の方が、空間合成法よりも有利である。

[0101] 半導体レーザ素子101から出射される波長 λ_{11} ～ λ_{1N} のレーザ光の出射側端面50Fから回折格子95までの光路長、及び、回折格子95に対する入射角は互いに異なる。同様に、半導体レーザ素子102から出射される波長 λ_{21} ～ λ_{2N} のレーザ光の出射側端面50Fから回折格子95までの光路長、及び、回折格子95に対する入射角は互いに異なる。よって、異なる波長 λ_{11} ～ λ_{1N} 、 λ_{21} ～ λ_{2N} のレーザ光が回折格子95によっ

て回折されることで、レーザ光の波長が変化する。

- [0102] なお、本実施形態では、半導体レーザ装置 90 は 2 つの半導体レーザ素子 101 及び 102 を備えているが、半導体レーザ装置 90 は、3 つ以上の半導体レーザ素子を備えていてもよい。半導体レーザ装置 90 が有する半導体レーザ素子の個数が多くなるほど、半導体レーザ装置 90 の光出力値を大きくすることができる。
- [0103] また、波長合成を行う半導体レーザ装置 90 を複数利用し、半導体レーザ装置 90 からの出力光を、空間合成法により合成することで光出力をより一層増大させてもよい。
- [0104] 以上説明した通り、第 1 実施形態に係る半導体レーザ素子 100 は、レーザ光を出射する半導体積層体 50 と、半導体積層体 50 の出射側端面 50F に配置される出射側保護層 1F と、半導体積層体 50 の出射側端面 50F とは反対側の端面（非出射側端面 50R）に配置され、レーザ光を反射させる非出射側保護層 1R と、を備える。
- [0105] 出射側保護層 1F は、レーザ光の波長に対する出射側の反射率を所定値以下に抑制する制御層 22 を有しており、制御層 22 は、制御層 22 の熱膨張に伴う歪みを抑制する歪緩和層 30 を有する。
- [0106] これにより、半導体積層体 50 の出射側の反射率を所定値以下に維持できる。また、出射側保護層 1F の熱膨張を抑制し、半導体積層体 50 の出射側端面 50F と出射側保護層 1F との界面に生じる引張応力を低減できるので、出射側端面 50F の劣化や出射側保護層 1F の剥がれを抑制できる。
- [0107] したがって、半導体レーザ素子 100 の出射側の反射率を低減できるとともに、レーザ品質を向上させることができる。
- [0108] また、半導体積層体 50 は、出射側端面 50F に位置し、複数のレーザ光が出射される複数の発光点を有する。また、レーザ光の波長に対して、出射側の反射率は、所定値以下である。
- [0109] すなわち、半導体レーザ素子 100 は、複数のレーザ光を出射できるとともに、高品質のレーザ光を出力できる。また、上述の半導体レーザ素子 10

0を、波長合成を行う外部共振器型の半導体レーザ装置90に搭載することで、高品質のレーザ光を出力する半導体レーザ装置を実現できる。

- [0110] さらに、半導体レーザ素子100を、波長合成を行う外部共振器型の半導体レーザ装置90に用いる場合、部分反射ミラー97と半導体レーザ素子の非出射側端面との間で外部共振器が形成される。すなわち、異なる波長を有する複数のレーザ光が、出射側保護層1Fを透過することになる。しかしながら、本実施形態によれば、発光点毎に出射側保護層1Fの層構造を変更しなくても、異なる波長を有する複数のレーザ光に対する出射側の反射率を所定値以下に抑制できる。また、複数の半導体レーザ素子100からの複数のレーザ光を波長合成する場合において、各半導体レーザ素子100に同じ出射側保護層1Fを配置するだけで、各レーザ光の波長に対する出射側の反射率を所定値以下に抑制できる。よって、半導体レーザ装置90の構成や製造工程を簡素化できる。すなわち、半導体レーザ装置の製造誤差を低減して製造プロセスを安定化するとともに、低コスト化を実現できる。
- [0111] 本実施形態では、半導体レーザ素子100から出射されるレーザ光の波長に対する出射側の反射率は、1.0%以下に抑えられている。
- [0112] また、本実施形態では、歪緩和層30は、制御層22におけるレーザ光の進行方向の中間位置に配置される。
- [0113] これにより、歪緩和層30の両面が主制御層22aに接するので、より一層制御層22の熱膨張に伴う歪みを抑制することができる。
- [0114] 出射側保護層1Fは、出射側端面50Fと制御層22との間に配置されるバリア層21をさらに有する。
- [0115] 半導体レーザ素子100が窒化ガリウム系半導体レーザ素子である場合、出射側保護層1Fの外部から半導体積層体50への酸素の拡散により、出射側保護層1F、及び出射側端面50Fが劣化しやすい。しかしながら、バリア層21が出射側保護層1Fに配置されることで、出射側保護層1Fの外部から半導体積層体50への酸素の拡散を低減できる。このため、出射側保護層1F、及び出射側端面50Fの劣化を抑制できる。よって、半導体レーザ素子

100の出力の信頼性を高めることができるとともに、動作期間を長くすることができる。

[0116] このように、半導体レーザ素子100が窒化ガリウム系半導体レーザ素子である場合、出射側保護層1Fが厚くなりやすい。その結果、出射側保護層1Fが厚くなるほど、出射側保護層1Fが熱膨張したときに、出射側保護層1Fと出射側端面50Fとの界面に生じる引張応力が大きくなる。よって、出射側端面50Fが劣化しやすい。

[0117] 本実施形態の出射側保護層1Fは、バリア層21を有しており、全体として比較的厚い。しかしながら、出射側保護層1Fは、歪緩和層30を含む制御層22を有する。よって、窒化ガリウム系半導体レーザ素子などの高エネルギーのレーザ光を出射する素子において、出射側の反射率を低く抑えつつ、高エネルギーのレーザ光を出力させるとともに、レーザ光の品質を向上させることができる。

[0118] また、バリア層21として、半導体積層体50と同様の結晶性を有する酸窒化物層、または、窒化物層を用いることで、出射側端面50Fの保護性能を高めることができる。

[0119] 歪緩和層30の厚さは、2nm以下である。

[0120] 歪緩和層30は薄いので、制御層22が歪緩和層30を有していたとしても、歪緩和層30を有さない出射側保護層と比べて、複数のレーザ光の波長に対する出射側の反射率の値及び波長特性は変更されない。

[0121] 歪緩和層30は、出射側保護層1Fに含まれる層の中で、最も熱膨張係数が小さい。

[0122] 具体的には、歪緩和層30は、SiO₂で形成されている。

[0123] SiO₂は、表1に示されているように、特に熱膨張係数が小さい(0.5程度)ので、出射側端面50Fの劣化をより一層抑制できる。また、SiO₂は、窒化ガリウム系半導体レーザ素子から出射されるレーザ光の波長帯における光吸収が小さい。このため、歪緩和層30によるレーザ光の吸収を抑制できる。

[0124] (第2実施形態)

以下、第2実施形態について、主に第1実施形態と異なる点について説明する。

[0125] [2-1. 全体構成]

図4は、第2実施形態に係る半導体レーザ素子200を示す模式的な断面図である。図4には、半導体レーザ素子200が備える半導体積層体50の各層の積層方向、及び、レーザ光の出射方向に沿う平面による半導体レーザ素子200の断面が示されている。

[0126] 半導体レーザ素子200は、複数のレーザ光を出射する半導体発光素子である。第1実施形態と同様、半導体レーザ素子200は、窒化ガリウム系半導体レーザ素子である。半導体レーザ素子200は、半導体積層体50と、出射側保護層2Fと、非出射側保護層1Rと、を備える。なお、半導体レーザ素子200は、第1実施形態に係る半導体レーザ素子100に対して、出射側保護層2Fの構造及び機能が異なるだけで、それ以外の構造及び機能は同じである。

[0127] [2-1-1. 出射側保護層]

出射側保護層2Fは、バリア層21と、制御層22とを有している。

[0128] <バリア層>

第1実施形態のバリア層21は、1層構造であったが、本実施形態のバリア層21は、第1層31及び第2層32から構成される2層構造を有している。

[0129] 第1層31は、半導体積層体50の出射側端面50Fに接している。第1層31は、誘電体層であり、具体的には、酸窒化物層または窒化物層である。第1層31は、第1実施形態のバリア層21と同じ材料である。

[0130] 本実施形態では、第1層31は、例えば、 $AlO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$) で形成されている層である。第1層31の厚さは、例えば、20nm程度である。なお、第1層31は、 $SiO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$) 層などの酸窒化物層、あるいは、AlN層、または、SiN層などの窒化物層であってもよい。

- [0131] 第2層32は、第1層31の出射側面に接して配置される層である。第2層32は、出射側端面50Fの保護性能を高める機能を有する。第2層32は、誘電体層であり、具体的には、酸窒化物層、窒化物層、または、酸化物層である。
- [0132] 本実施形態では、第2層32は、例えば、 Al_2O_3 で形成されている層である。第2層32の厚さは、例えば、10nm程度である。なお、第2層32は、 $SiO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$)層、または、 $AlO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$)層などの酸窒化物層、 SiN 層、または、 AlN 層などの窒化物層、あるいは、 SiO_2 層などの酸化物層であってもよい。
- [0133] 制御層22は、バリア層21よりも出射側端面50Fから離れており、バリア層21の出射側面に接して配置されている。制御層22は、内側層33と、中間層34と、外側層35とを有している。これらの層は、いずれも誘電体層であり、バリア層21に近い方から内側層33、中間層34、及び、外側層35の順に配置されている。
- [0134] 制御層22が、内側層33と中間層34と外側層35の3種類の層を有することで、第1実施形態と比べて、より広範囲の波長に対して出射側の反射率を1%以下に抑制できる。
- [0135] 本実施形態では、内側層33は、例えば、 Al_2O_3 で形成された層である。内側層33の厚さは、例えば、100nm程度である。外側層35は、例えば、 SiO_2 で形成された層である。外側層35の厚さは、例えば、100nm程度である。
- [0136] 中間層34は、反射率の調整に寄与する主中間層34aと、制御層22全体の歪みを緩和する歪緩和層30を有する。主中間層34aと歪緩和層30とは材料が異なる。本実施形態では、主中間層34aは、例えば、 ZrO_2 で形成された層である。
- [0137] なお、主中間層34aは、レーザ光に対する屈折率が、内側層33及び外側層35のいずれの屈折率よりも大きい材料で形成された層であればよい。主中間層34aは、例えば、 $AlO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$)層、または、 Si

$O_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$) 層などの酸窒化物層、 SiN 層、または、 AlN 層などの窒化物層、 TiO_2 層、 Nb_2O_5 層、 Ta_2O_5 層、または、 HfO_2 層などの酸化物層であってもよい。後述するが、内側層 33 は、 Al_2O_3 層以外の層でもよい。内側層 33 が Al_2O_3 層以外の層である場合、主中間層 34 a は、 Al_2O_3 層であってもよい。

[0138] 言い換えると、内側層 33 及び外側層 35 は、それぞれのレーザ光に対する屈折率が、主中間層 34 a の屈折率よりも小さい材料で形成された層であればよい。内側層 33 は、例えば、 $AlO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$) 層、または、 $SiO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$) 層などの酸窒化物層、あるいは、 SiO_2 層などの酸化物層であってもよい。また、外側層 35 は、例えば、 $AlO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$) 層、または、 $SiO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$) 層などの酸窒化物層、あるいは、 Al_2O_3 層などの酸化物層であってもよい。

[0139] 歪緩和層 30 は、中間層 34 におけるレーザ光の進行方向の中間位置に挿入されるように配置されている。すなわち、歪緩和層 30 は、2つの主中間層 34 a に挟まれている。2つの主中間層 34 a は、互いに同じ材料で形成されていてもよく、異なる材料で形成されていてもよい。また、歪緩和層 30 は、第 1 実施形態と同様、 SiO_2 で形成されており、厚さは 2 nm 程度である。これに対して、歪緩和層 30 の両側の主中間層 34 a の合計の厚さは、例えば、50 nm 程度である。

[0140] 歪緩和層 30 は、少なくとも主中間層 34 a よりも熱膨張係数が小さい材料で形成されていけばよい。より望ましくは、歪緩和層 30 は、出射側保護層 2 F に含まれる層の中で最も熱膨張係数が小さい材料で形成される。また、歪緩和層 30 は、出射側保護層 2 F の中の歪緩和層 30 以外の層の材料によっては、 $AlO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$) 層、または、 $SiO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$) 層などの酸窒化物層、 AlN 層、または、 SiN 層などの窒化物層、あるいは、 Al_2O_3 層、 Ta_2O_5 層、または、 HfO_2 層などの酸化物層であってもよい。

[0141] 詳細は後述するが、第 2 実施形態において、制御層 22 が歪緩和層 30 を

有することで、第1実施形態と同様の効果が得られる。

[0142] すなわち、制御層22が、熱膨張係数が小さい材料で形成されている歪緩和層30を有することで、出射側保護層2Fと出射側端面50Fとの界面に生じる引張応力を小さくできる。このため、半導体レーザ素子200の出射側の反射率を低減できるとともに、レーザ品質を向上させることができる。

[0143] 第2実施形態では、歪緩和層30は、中間層34におけるレーザ光の進行方向の中間位置に配置されている。このため、より一層、出射側保護層2F全体の熱膨張に伴う歪みを抑制でき、出射側保護層2Fの劣化をより一層抑制することができる。

[0144] なお、歪緩和層30の厚さは、2nm以下であればよい。

[0145] 第1実施形態と同様、歪緩和層30を薄くすることで、半導体レーザ素子200は、歪緩和層30を有さず、かつ、歪緩和層30を有さないこと以外の点で出射側保護層の構造が同じ半導体レーザ素子と比べて、レーザ光に対する波長特性が同等となる。

[0146] 本実施形態の制御層22は、内側層33、主中間層34a、及び、外側層35を有し、歪緩和層30を有さない状態の出射側保護層が出射側端面50Fに配置された場合に、各レーザ光の発振波長に対して、出射側の反射率が1.0%以下に抑制されるように、内側層33、主中間層34a、及び、外側層35が構成されている。よって、レーザ光に対して出射側の反射率が1.0%以下に抑制できる。また、第1実施形態と比べて、より広範囲の波長に対して、出射側の反射率が1.0%以下に抑制できる。

[0147] 具体的には、第2実施形態の半導体レーザ素子200は、出射側端面50Fを有することで、波長幅が50nm以上である波長範囲に含まれる波長に対して、出射側の反射率が1%以下に抑えることができる。

[0148] なお、出射側保護層2Fの各層の材料や厚さ等の層の構造を変更することで、出射側の反射率を適宜変更できる。

[0149] また、第1実施形態と同様、歪緩和層30は、制御層22のどの位置に配置されてたとしても、出射側の反射率及びその波長特性はほぼ同じである。

すなわち、歪緩和層 30 は、制御層 22 においてどの位置に配置されていてもよく、例えば、内側層 33 または外側層 35 が、歪緩和層 30 を有していてもよい。

[0150] 第 2 実施形態のバリア層 21 は 2 層構造を有しているが、3 層以上の層で構成される層構造を有していてもよい。その場合、少なくとも、出射側端面 50F に接する層は、第 1 層 31 に相当する層、つまり、酸窒化物層、または、窒化物層であればよい。出射側端面 50F に接する層以外の 2 以上の層は、必ずしも、 $AlO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$) 層、または、 $SiO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$) 層などの酸窒化物層、あるいは、AlN 層、または、SiN 層などの窒化物層でなくてもよく、 Al_2O_3 層または SiO_2 層などの酸化物層であってもよい。また、第 1 層 31 は、酸窒化物層及び窒化物層の少なくとも 1 種の層から構成されている複数層の構造を有していてもよい。

[0151] 以上、説明した通り、第 2 実施形態によれば、半導体レーザ素子 200 は、窒化ガリウム系半導体レーザ素子であり、バリア層 21 は、酸窒化物層または窒化物層である第 1 層 31 を含む。

[0152] 第 1 層 31 が出射側端面 50F に配置されることで、出射側保護層 2F の外部から半導体積層体 50 への酸素の拡散を低減することができる。よって、出射側保護層 2F の劣化を抑制し、半導体レーザ素子 100 の出力の信頼性を高めることができるとともに、動作期間を長くすることができる。

[0153] また、出射側端面 50F に接する層（第 1 層 31）が、半導体積層体 50 と同様の結晶性を有する酸窒化物層、または、窒化物層である。よって、出射側端面 50F の保護性能を高めることができる。

[0154] バリア層 21 は、第 1 層 31 に加えて、酸窒化物層、窒化物層、または、酸化物層である第 2 層 32 を含む。

[0155] よって、出射側保護層 2F の外部から半導体積層体 50 への酸素の拡散をより一層低減できる。すなわち、出射側端面 50F の劣化をより一層抑制できるので、半導体レーザ素子 100 のレーザ光をさらに高品質化できるとともに、動作期間を延ばすことができる。

- [0156] 制御層 2 2 は、内側層 3 3 と、中間層 3 4 と、外側層 3 5 とを有し、内側層 3 3、中間層 3 4、及び、外側層 3 5 は、バリア層 2 1 に対して内側層 3 3、中間層 3 4、及び、外側層 3 5 の順に配置されている。中間層 3 4 は、歪緩和層 3 0 を有し、中間層 3 4 のうちの主中間層 3 4 a は、内側層 3 3 及び外側層 3 5 とは異なる材料で形成されている。
- [0157] そして、主中間層 3 4 a のレーザ光に対する屈折率は、内側層 3 3 及び外側層 3 5 のレーザ光に対する屈折率のいずれよりも大きい。
- [0158] よって、第 1 実施形態よりも、広範囲の波長に対して、出射側の反射率を 1 % 以下に抑制できる。
- [0159] 内側層 3 3 及び外側層 3 5 は、それぞれ $AlO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$)、 $SiO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$)、 SiO_2 、および、 Al_2O_3 のいずれかで形成されている。よって、比較的屈折率が低い内側層 3 3 及び外側層 3 5 が実現される。
- [0160] 主中間層 3 4 a は、 $AlO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$)、 $SiO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$)、 AlN 、 SiN 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 Nb_2O_5 、 Ta_2O_5 、または、 HfO_2 で形成されている。よって、比較的屈折率が高い主中間層 3 4 a が実現される。
- [0161] (変形例)
- 出射側保護層 1 F、2 F は、歪緩和層 3 0 を含む制御層 2 2 を有し、かつ、半導体レーザ素子の出射側の反射率が所定値以下に抑制できれば、どのような層構造を有していてもよい。出射側保護層 1 F、2 F は、歪緩和層 3 0 に加えて、酸窒化物層、窒化物層、または、酸化物層のうちの少なくとも 1 以上の層を有していれば、どのような層構造であったとしても、出射側の反射率を所定値以下に抑制し、レーザ品質を向上させることができる。
- [0162] 非出射側保護層 1 R は、非出射側の反射率が一定値以上を確保できれば、どのような層構造を有していてもよい。非出射側保護層 1 R は、酸窒化物層、窒化物層、または、酸化物層のうちの少なくとも 1 以上の層を有していれば、どのような層構造であったとしても、第 1 及び第 2 実施形態に係る効果

が低下することはない。

[0163] 第1及び第2実施形態では、半導体レーザ素子100は、複数の発光点を有していたが、単一の発光点を有している場合であっても、同様の効果が得られる。すなわち、半導体レーザ素子100から出射されるレーザ光の波長に対する出射側の反射率を所定値以下に抑制し、レーザ品質及び出力の向上を実現できる。

[0164] 半導体レーザ素子は、窒化ガリウム系半導体レーザ素子でなくともよい。例えば、半導体レーザ素子はAlGaInP系半導体レーザ素子、砒化ガリウム系半導体レーザ素子、または、InP系半導体レーザ素子であってもよい。半導体レーザ素子がAlGaInP系半導体レーザ素子である場合、出射されるレーザ光の波長は、赤色波長帯（600nm以上700nm以下の帯域）となる。半導体レーザ素子が砒化ガリウム系半導体レーザ素子である場合、出射されるレーザ光の波長は、赤外波長帯（750nm以上1100nm以下の帯域）となる。半導体レーザ素子がInP系半導体レーザ素子である場合、出射されるレーザ光の波長は、1 μ m帯となる。

[0165] なお、半導体レーザ素子100は、必ずしもバリア層21を有していなくともよい。例えば、半導体レーザ素子はAlGaInP系半導体レーザ素子、砒化ガリウム系半導体レーザ素子、または、InP系半導体レーザ素子である場合、出射側保護層1F、2Fの外部から半導体積層体50への酸素の拡散による出射側端面50Fの劣化が生じにくい。

[0166] （第1実施例）

歪緩和層30を有する半導体レーザ素子（以下、「第1実施例」と称す。）、及び、歪緩和層30を有さない半導体レーザ素子（以下、「比較例」と称す。）について、両素子の端面光破壊（Catastrophic Optical Damage：COD）レベルを調べた。第1実施例及び比較例において、以下の条件（1）～（2）は、共通である。

（1）半導体レーザ素子が出射するレーザ光の波長を λ としたとき、出射側保護層全体の厚さが約 $\lambda/2$

(2) 制御層 22 の厚さ (第 1 実施例の場合は主制御層 22 a の厚さ) が約 $3\lambda/8$

具体的には、第 1 実施例及び比較例の半導体レーザ素子について、信頼性試験を実行し、信頼性試験前後の光出力値の変化に基づいて、COD レベルを評価した。発明者は、信頼性試験として、実施例及び比較例の半導体レーザ素子からレーザ光を長時間 (ここでは、1000 時間) 継続的に出力させた。両素子の光出力値の測定結果が下記表 2 に示されている。

[0167] [表2]

半導体素子	信頼性試験前の光出力(mW)	信頼性試験後の光出力(mW)
比較例	1500mW	600mW
第 1 実施例	1500mW	850mW

[0168] 比較例の半導体レーザ素子は、信頼性試験後に、光出力値が大きく低下した。すなわち、COD レベルが大きく低下した。

[0169] 一方、第 1 実施例の半導体レーザ素子は、信頼性試験前に対する信頼性試験後の光出力値の減少量が小さくなった。すなわち、COD レベルの低下を抑制できたと言える。

[0170] 以上の結果から、以下のことが分かった。

[0171] (1) 制御層 22 に歪緩和層 30 を導入することで、半導体積層体 50 と出射側保護層との界面に生じる引張応力を小さくし、出射側端面 50 F の劣化を抑制できている。

[0172] (11) 比較例の半導体レーザ素子の測定結果は、光学的な層の厚さが比較的厚い $3\lambda/8$ 以上の層を含む出射側保護層が配置された場合、出射側保護層と出射側端面 50 F との界面に生じる引張応力が大きく、出射側端面 50 F の劣化が進むことを示唆する。

[0173] (111) 特に、出射側保護層が比較的厚い場合、制御層 22 に熱膨張係数が小さい歪緩和層 30 を挿入することで、出射側保護層と出射側端面 50 F との界面に生じる引張応力を小さくし、出射側端面 50 F の劣化を抑制で

きる。

[0174] 第1実施例及び比較例の結果より、第1実施形態に係る半導体レーザ素子100は、制御層22が、主制御層22aの材料よりも熱膨張係数が小さい材料で形成されている歪緩和層30を有する。よって、第1実施例の半導体レーザ素子と同様、出射側保護層1Fと出射側端面50Fとの界面に生じる引張応力を小さくし、出射側端面50Fの劣化を抑制することができると言える。このため、半導体レーザ素子100の出射側の反射率を低減できるとともに、レーザ品質を向上させることができると言える。

[0175] また、第2実施形態に係る半導体レーザ素子200は、制御層22の中間層34が、主中間層34aの材料よりも熱膨張係数が小さい材料で形成されている歪緩和層30を有する。よって、第1実施形態と同様の効果が得られると言える。このため、半導体レーザ素子200の出射側の反射率を低減できるとともに、レーザ品質を向上させることができると言える。

[0176] (第2実施例)

発明者は、歪緩和層30の厚さの適値を調べた。この適値は、出射側の反射率として、半導体レーザ素子が歪緩和層30を含まない出射側保護層を有するときと同等の反射率を得るために要求される歪緩和層30の厚さのことである。

[0177] 図5は、第2実施例に係る半導体レーザ素子における出射側の反射率を示すグラフである。図5の実線は、歪緩和層を有さない半導体レーザ素子の反射率の波長特性を示しており、1点鎖線は、厚さ1nmの歪緩和層30を有する半導体レーザ素子の反射率の波長特性を示しており、破線は、厚さ2nmの歪緩和層30を有する半導体レーザ素子の反射率の波長特性を示している。なお、これらの第2実施例に係る半導体レーザ素子は、第2実施形態に係る制御層、つまり、内側層、中間層、及び、外側層からなる制御層を有する。また、歪緩和層30を有する半導体レーザ素子の中間層は、歪緩和層30として、SiO₂層を有する。

[0178] 図5に示されているように、歪緩和層の厚さが2.0nm以下の場合、歪

緩和層 30 を有さない半導体レーザ素子と同等の反射率の波長特性が示された。また、歪緩和層の厚さが 2.0 nm 以下の場合、レーザ光の発振波長が含まれる 450 nm 帯において、1.0% 以下の反射率が実現できている。

[0179] 以上の結果から、歪緩和層 30 の厚さを 2.0 nm 以下とすれば、歪緩和層 30 を有さない半導体レーザ素子と同等の反射率の波長特性が得られることが分かった。また、歪緩和層 30 を有さない状態の出射側保護層により、レーザ光の発振波長において、出射側の反射率が 1.0% 以下に抑制される場合、当該出射側保護層に歪緩和層 30 が追加されても、出射側の反射率は 1.0% 以下に維持されると言える。

[0180] 以上の事項を踏まえると、第 1 実施形態に係る半導体レーザ素子 100 は、2.0 nm 以下の歪緩和層 30 を有するので、歪緩和層 30 の追加により、主制御層 22 a によって規定される半導体レーザ素子 100 の出射側の反射率の波長特性が変更されないと言える。

[0181] 歪緩和層 30 を有さない状態の出射側保護層を配置したときに、レーザ光の発振波長に対して、出射側の反射率が 1.0% 以下に抑制されるように、主制御層 22 a を構成することで、歪緩和層 30 が出射側保護層 1 F に追加されたとしても、レーザ光の発振波長に対して、出射側の反射率を 1.0% 以下に維持できると言える。

[0182] 同様に、第 2 実施形態に係る半導体レーザ素子 200 は、2.0 nm 以下の歪緩和層 30 を有するので、歪緩和層 30 の追加により、内側層 33、主中間層 34 a、及び、外側層 35 によって規定される半導体レーザ素子 200 の出射側の反射率の波長特性が変更されないと言える。

[0183] よって、歪緩和層 30 を有さない状態の出射側保護層を配置したときに、レーザ光の発振波長に対して、出射側の反射率が 1.0% 以下に抑制されるように、内側層 33、主中間層 34 a、及び、外側層 35 を構成することで、当該出射側保護層に歪緩和層 30 が追加されても、出射側の反射率は 1.0% 以下に維持できると言える。

[0184] また、第 2 実施形態の半導体レーザ素子 200 と第 2 実施例に係る半導体

レーザ素子とは構造が互いに類似している。すなわち、第2実施形態に係る半導体レーザ素子200は、第2実施例に係る半導体レーザ素子と同様、制御層22が、内側層33、中間層34、及び、外側層35を有する。よって、第2実施形態に係る半導体レーザ素子200によれば、出射側の反射率の波長特性が、図5の波長特性に近いものとなると言える。

[0185] 具体的には、第2実施形態の半導体レーザ素子200は、出射側保護層2Fを有することで、50nm以上の波長幅を有する波長範囲において、出射側の反射率が1%以下に抑えられると推測される。

[0186] より具体的には、第2実施形態によれば、図5に示されているように、中心波長が約420nmで波長幅が約130nmである波長範囲において、出射側の反射率が1%以下に抑えられると推測される。なお、第2実施形態において、第1実施形態よりも、広範囲の波長に対して、出射側の反射率が1.0%以下に抑制できる。

[0187] (第3実施例)

発明者は、制御層22における歪緩和層30の位置を変更して、出射側の反射率の波長特性を調べたところ、図5に示されている波長特性とほぼ同じであり、かつ、ほぼ同じ反射率であった。すなわち、レーザ光の発振波長に対して、出射側の反射率が1%以下となるように、出射側保護層1F、2Fに含まれる歪緩和層30以外の層が構成される場合、歪緩和層30が制御層22のどの位置に存在しても、出射側の反射率は、レーザ光の発振波長に対して、1%以下に抑制されると言える。例えば、第2実施形態において、内側層33または外側層35が、歪緩和層30を有していても、出射側の反射率及びその波長特性はほぼ同じである。

[0188] 上記各実施形態及び各変形例に対して当業者が思いつく各種変形を施して得られる形態や、本開示の趣旨を逸脱しない範囲で上記各実施形態における構成要素及び機能を任意に組み合わせることで実現される形態も本開示に含まれる。

[0189] 本開示によれば、レーザ光出射側端面側の反射率を低減できるとともに、

レーザ品質を向上させることのできる半導体レーザ素子を提供することができる。

産業上の利用可能性

[0190] 本開示は、レーザ光の出射側端面側に保護層が配置されている半導体レーザ素子に好適に適用できる。

符号の説明

- [0191] 1 F 出射側保護層
1 R 非出射側保護層
1 1 第1発光部
1 2 第2発光部
1 4 出射側保護層
1 4 A、1 4 B、1 4 C 誘電体層
2 1 バリア層
2 2 制御層
2 2 a 主制御層
3 0 歪緩和層
3 1 第1層
3 2 第2層
3 3 内側層
3 4 中間層
3 4 a 主中間層
3 5 外側層
5 0 半導体積層体
5 0 F レーザ光出射側端面
5 0 R レーザ光非出射側端面
5 1 基板
5 2 第1半導体層
5 3 活性層

- 5 4 第2半導体層
- 5 5 コンタクト層
- 5 6 第1電極
- 5 7 第2電極
- 9 0 半導体レーザ装置
- 9 1、9 2 光学レンズ
- 9 5 回折格子
- 9 7 部分反射ミラー
- 1 0 0、1 0 1、1 0 2、2 0 0 半導体レーザ素子

請求の範囲

- [請求項1] レーザ光を出射する半導体積層体と、
前記半導体積層体のレーザ光出射側端面に配置される出射側保護層と、
前記半導体積層体の前記レーザ光出射側端面とは反対側の端面に配置され、前記レーザ光を反射させる非出射側保護層と、
を備え、
前記出射側保護層は、前記レーザ光の波長に対する出射側の反射率を所定値以下に抑制する制御層を有しており、
前記制御層は、前記制御層の熱膨張に伴う歪みを抑制する歪緩和層を有する、
半導体レーザ素子。
- [請求項2] 前記半導体積層体は、前記レーザ光出射側端面に位置し、かつ、複数のレーザ光が出射される複数の発光点を有し、
前記複数のレーザ光の波長に対して、前記反射率は、前記所定値以下である、
請求項1に記載の半導体レーザ素子。
- [請求項3] 前記歪緩和層は、前記制御層における前記レーザ光の進行方向の中間位置に配置される、
請求項1または2に記載の半導体レーザ素子。
- [請求項4] 前記出射側保護層は、前記レーザ光出射側端面と前記制御層との間に配置されるバリア層をさらに有する、
請求項1から3のいずれかに記載の半導体レーザ素子。
- [請求項5] 前記半導体レーザ素子は、窒化ガリウム系半導体レーザ素子であり、
前記バリア層は、酸窒化物層または窒化物層である第1層を含む、
請求項4に記載の半導体レーザ素子。
- [請求項6] 前記第1層は、 $AlO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$)、 $SiO_{1-x}N_x$ (0

$0 < x < 1$)、 AlN 、または、 SiN で形成されている、
請求項5に記載の半導体レーザ素子。

[請求項7] 前記バリア層は、酸窒化物層、窒化物層、または、酸化物層である第2層をさらに含む、
請求項5または6に記載の半導体レーザ素子。

[請求項8] 前記第2層は、 $SiO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$)、 $AlO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$)、 SiN 、 AlN 、 Al_2O_3 、または、 SiO_2 で形成されている、
請求項7に記載の半導体レーザ素子。

[請求項9] 前記制御層は、内側層と、中間層と、外側層と、を有し、
前記内側層、前記中間層、及び、前記外側層は、前記バリア層に対して前記内側層、前記中間層、及び、前記外側層の順に配置されており、
前記中間層は、前記歪緩和層を有し、
前記中間層のうちの前記歪緩和層以外の層は、前記内側層及び前記外側層とは異なる材料で形成されている、

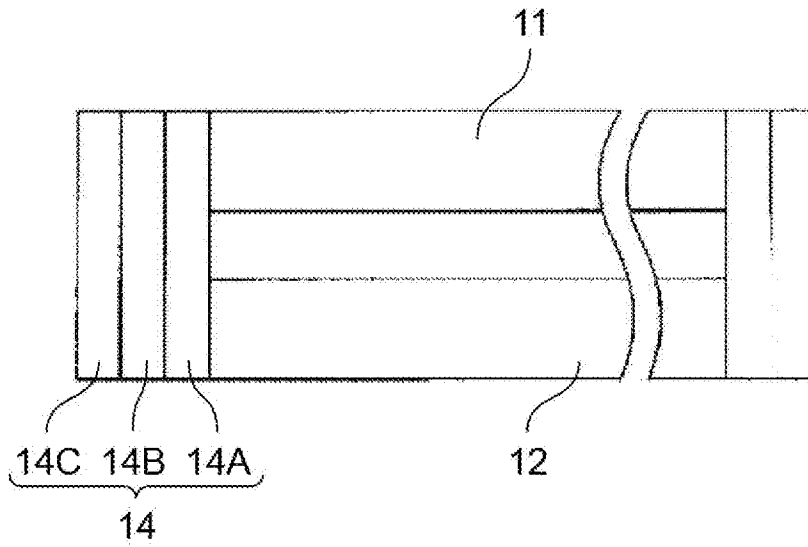
請求項4から8のいずれかに記載の半導体レーザ素子。
[請求項10] 前記内側層及び前記外側層は、それぞれ $AlO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$)、 $SiO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$)、 SiO_2 、または、 Al_2O_3 のいずれかで形成されている、
請求項9に記載の半導体レーザ素子。

[請求項11] 前記中間層のうちの前記歪緩和層以外の層は、 $SiO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$)、 $AlO_{1-x}N_x$ ($0 < x < 1$)、 SiN 、 AlN 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 TiO_2 、 Nb_2O_5 、 Ta_2O_5 、または、 HfO_2 で形成されている、
請求項9または10に記載の半導体レーザ素子。

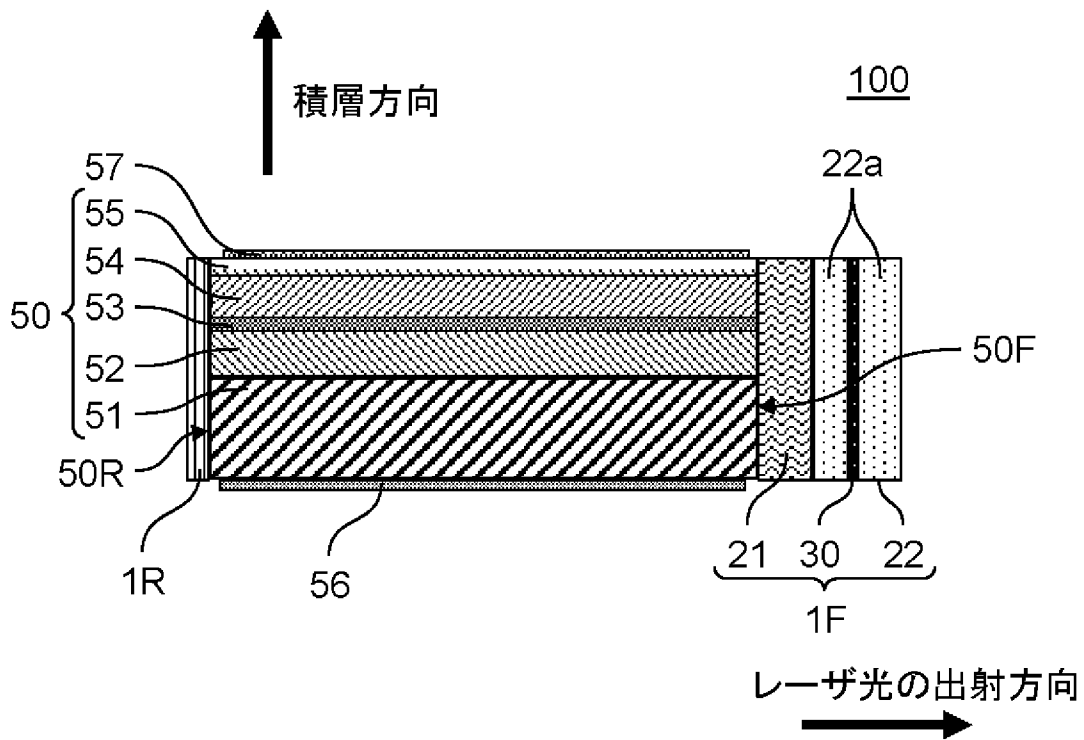
[請求項12] 前記中間層のうちの前記歪緩和層以外の層の屈折率は、前記内側層の屈折率及び前記外側層の屈折率のいずれよりも大きい、

- 請求項 9 から 11 のいずれかに記載の半導体レーザ素子。
- [請求項13] 前記歪緩和層の厚さは、2 nm以下である、
請求項 1 から 12 のいずれかに記載の半導体レーザ素子。
- [請求項14] 前記歪緩和層は、前記出射側保護層に含まれる層の中で、最も熱膨張係数が小さい、
請求項 1 から 13 のいずれかに記載の半導体レーザ素子。
- [請求項15] 前記歪緩和層は、SiO₂で形成されている、
請求項 1 から 14 のいずれかに記載の半導体レーザ素子。
- [請求項16] 前記レーザ光の波長に対する前記反射率は、1.0%以下である、
請求項 1 から 15 のいずれかに記載の半導体レーザ素子。
- [請求項17] 前記制御層は、さらに、第1主制御層および第2主制御層を含み、
前記歪緩和層は、前記第1主制御層および前記第2主制御層の間に位置する、
請求項 1 に記載の半導体レーザ素子。

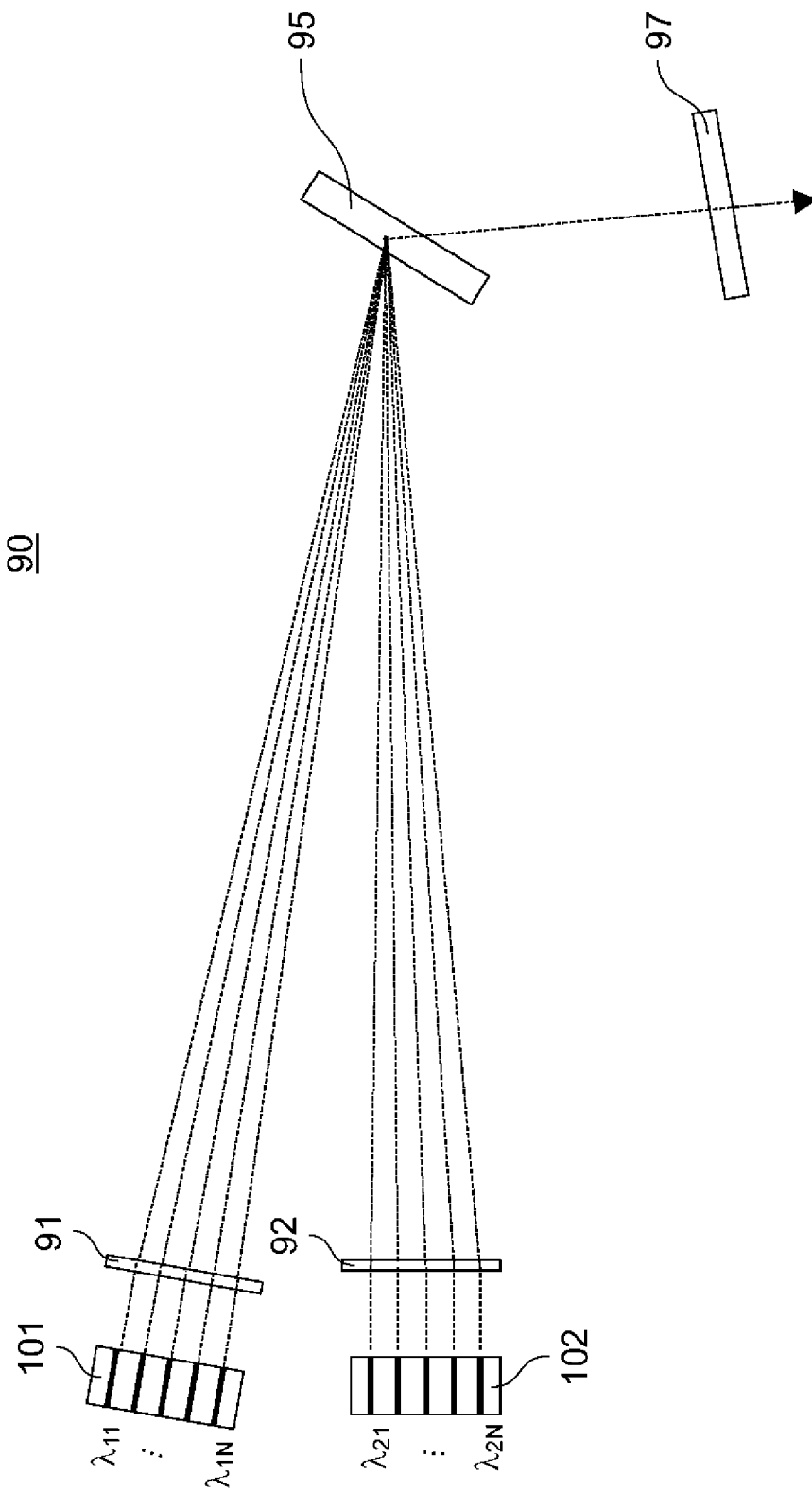
[図1]



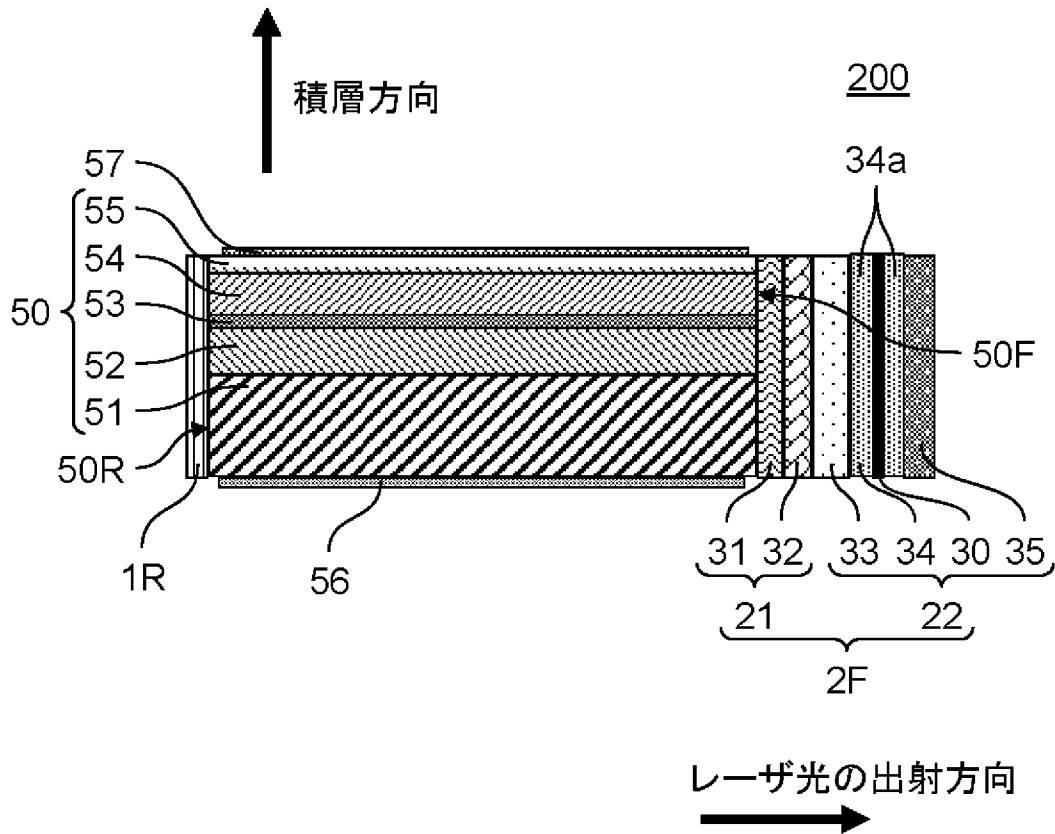
[図2]



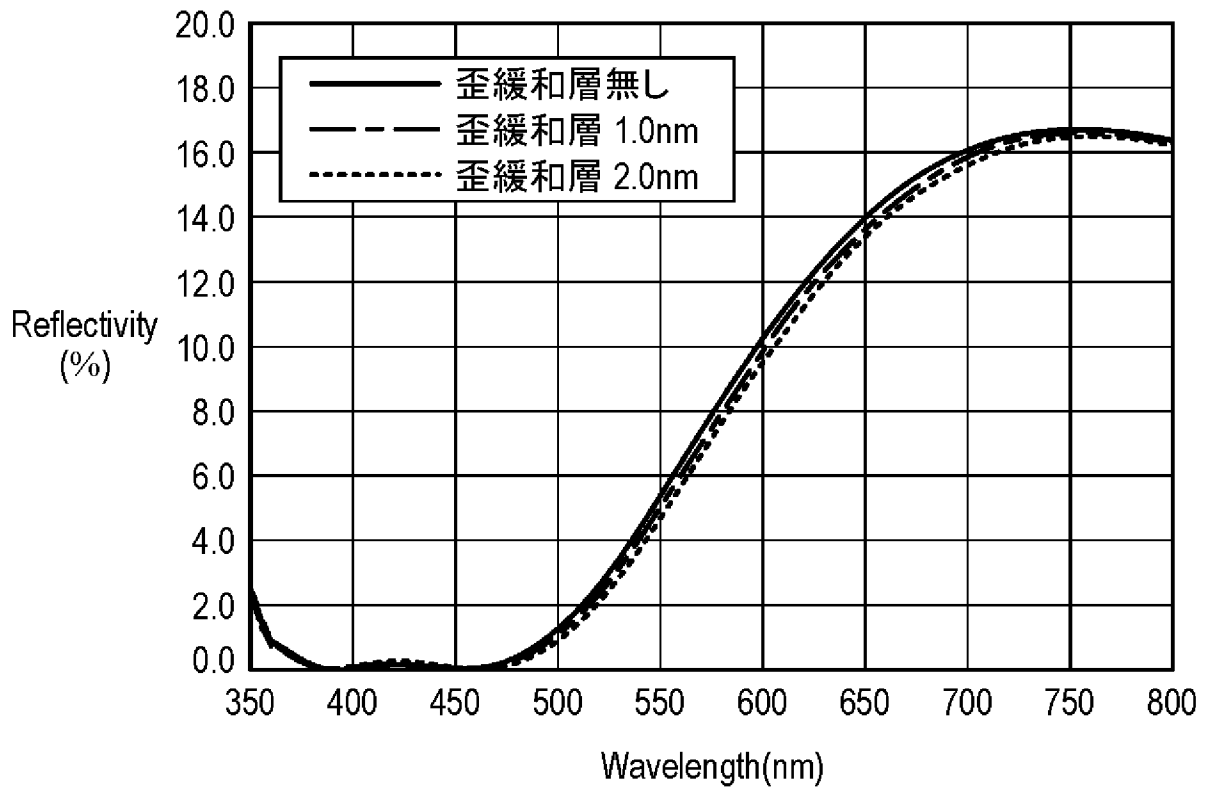
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/045514

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H01S 5/028</i> (2006.01)i FI: H01S5/028		
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) H01S5/00-5/50		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
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	WO 2019/159449 A1 (PANASONIC IP MAN CO LTD) 22 August 2019 (2019-08-22) paragraphs [0198], [0218], [0259], fig. 10, 11A	1, 3-12, 14-15, 17
Y		2, 16
A		13
Y	WO 2021/187081 A1 (PANASONIC CORP) 23 September 2021 (2021-09-23) paragraphs [0030], [0080], fig. 5	2, 16
A	US 2011/0051767 A1 (M2K-LASER GMBH) 03 March 2011 (2011-03-03) entire text, all drawings	1-17
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "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) "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 "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 "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 "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 "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 10 February 2023		Date of mailing of the international search report 21 February 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/JP2022/045514

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2019/159449	A1	22 August 2019	US	2020/0373730	A1	
				paragraphs [0217], [0237], [0275], fig. 10, 11A			
WO	2021/187081	A1	23 September 2021	CN	115280612	A	
US	2011/0051767	A1	03 March 2011	EP	2290766	A2	
				DE	102009054912	A1	
				ES	2733806	T3	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01S 5/028(2006.01)i FI: H01S5/028		
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）） 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		
日本国実用新案公報 1922 - 1996年 日本国公開実用新案公報 1971 - 2023年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2023年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2023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 請求項の番号
X Y A	WO 2019/159449 A1 (パナソニックIPマネジメント株式会社) 22.08.2019 (2019 - 08 - 22) 段落0198, 0218, 0259, 図10, 図11A	1, 3-12, 14-15, 17 2, 16 13
Y	WO 2021/187081 A1 (パナソニック株式会社) 23.09.2021 (2021 - 09 - 23) 段落0030, 0080, 図5	2, 16
A	US 2011/0051767 A1 (M2K-LASER GMBH) 03.03.2011 (2011 - 03 - 03) 全文, 全図	1-17
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" 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、一般的な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の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抵触するものではなく、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 10.02.2023	国際調査報告の発送日 21.02.2023	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 高椋 健司 2K 3715 電話番号 03-3581-1101 内線 3255	

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/045514

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2019/159449	A1	22.08.2019	US	2020/0373730	A1	
				段落0217, 0237, 0275, 図10, 図11A			
WO	2021/187081	A1	23.09.2021	CN	115280612	A	
US	2011/0051767	A1	03.03.2011	EP	2290766	A2	
				DE	102009054912	A1	
				ES	2733806	T3	