

(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  
2022年8月4日(04.08.2022)



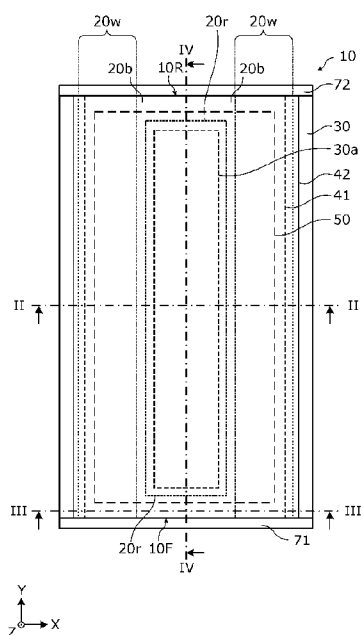
(10) 国際公開番号

WO 2022/163237 A1

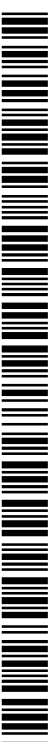
- (51) 国際特許分類:  
H01S 5/22 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/047705
- (22) 国際出願日: 2021年12月22日(22.12.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
63/143,463 2021年1月29日(29.01.2021) US
- (71) 出願人: ヌ ヴ オ ト ン テ ク ノ ロ ジ ー ジ ャ  
パン株式会社 (NUVOTON TECHNOLOGY  
CORPORATION JAPAN) [JP/JP]; 〒6178520 京  
都府長岡京市神足焼町1番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 久納 康光 (KUNOH, Yasumitsu). 山  
田 篤志 (YAMADA, Atsushi). 永井 洋希  
(NAGAI, Hiroki). 中谷 東吾 (NAKATANI,  
Togo). 柳田 直人 (YANAGITA, Naoto). 畑  
雅幸(HATA, Masayuki).
- (74) 代理人: 新居 広守, 外 (NII, Hiromori et al.);  
〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目  
3番10号タナカ・イトーピア新大阪ビル6  
階新居国際特許事務所内 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,  
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,  
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH,  
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,  
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,  
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, 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, 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,

(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 (10) comprises a substrate (21) and a semiconductor laminate (10S). The semiconductor laminate (10S) has an N-side semiconductor layer (22), an active layer (23), a P-side semiconductor layer (24), and a P-type contact layer (25). The semiconductor laminate (10S) has two end surfaces. A laser beam resonates between the two end surfaces. The semiconductor laminate (10S) has a ridge part (20r) extending in a resonance direction, and a bottom part (20b) surrounding the periphery of the ridge part (20r) in a top view of the semiconductor laminate (10S). The ridge part (20r) protrudes upward from the bottom part (20b), is spaced apart from the two end surfaces, and includes at least a portion of the P-type contact layer (25). A current injection window (25a), which is a region into which current is injected, is formed only on the ridge part (20r) of the upper surface of the semiconductor laminate (10S). The distance from the upper surface of the active layer (23) to the bottom part (20b) is uniform.



WO 2022/163237 A1

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, 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))

(57) 要約：半導体レーザ素子 (10) は、基板 (21) と、半導体積層体 (10S) とを備え、半導体積層体 (10S) は、N側半導体層 (22) と、活性層 (23) と、P側半導体層 (24) と、P型コンタクト層 (25) とを有し、半導体積層体 (10S) は、二つの端面を有し、レーザ光は、二つの端面の間で共振し、半導体積層体 (10S) は、共振方向に延在するリッジ部 (20r) と、半導体積層体 (10S) の上面視において、リッジ部 (20r) の周囲を取り囲む底部 (20b) とを有し、リッジ部 (20r) は、底部 (20b) から上方に向かって突出し、かつ、二つの端面から離間し、かつ、P型コンタクト層 (25) の少なくとも一部を含み、半導体積層体 (10S) の上面のうち、リッジ部 (20r) 上だけに、電流が注入される領域である電流注入窓 (25a) が形成され、活性層 (23) の上面から底部 (20b) までの距離は、一様である。

## 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、共振器内においてレーザ光を生成する半導体レーザ素子が知られている（例えば、特許文献1など参照）。特許文献1に記載された半導体レーザ素子は、N型クラッド層、活性層、P型クラッド層、及びP型コンタクト層を含む半導体積層体と、半導体積層体上に配置され、開口部を有する絶縁膜と、絶縁膜上に配置されるP側電極とを備える。絶縁膜には、開口部が形成されており、開口部を介してP側電極から半導体積層体に電流が供給される。開口部は、半導体レーザ素子の共振器を形成する端面付近には形成されていない。これにより、特許文献1に記載された半導体レーザ素子においては、端面付近に電流が供給されることを抑制することで、端面付近でのCOD (Catastrophic Optical Damage) を抑制しようとしている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2021/206012号

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、特許文献1に記載された半導体レーザ素子では、P型コンタクト層が一方の端面から他方の端面にまで延在するため、絶縁膜の開口部に配置されたP側電極から、P型コンタクト層を経由して端面付近にまで電流が供給され得る。このため、特許文献1に記載された半導体レーザ素子では、端面付近でのCODが発生し得る。

[0005] 本開示は、このような課題を解決するものであり、端面付近でのCODを

抑制できる半導体レーザ素子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] 上記課題を解決するために、本開示に係る半導体レーザ素子の一態様は、マルチ横モードのレーザ光を出射する半導体レーザ素子であって、基板と、前記基板の上方に配置される半導体積層体とを備え、前記半導体積層体は、前記基板の上方に配置されるN側半導体層と、前記N側半導体層の上方に配置される活性層と、前記活性層の上方に配置されるP側半導体層と、前記P側半導体層の上方に配置されるP型コンタクト層とを有し、前記半導体積層体は、互いに対向する二つの端面を有し、前記レーザ光は、前記二つの端面の間で共振し、前記半導体積層体は、前記レーザ光の共振方向に延在するリッジ部と、前記半導体積層体の上面の一部であって、前記半導体積層体の上面視において、前記リッジ部の周囲を取り囲む底部とを有し、前記リッジ部は、前記底部から上方に向かって突出し、前記リッジ部は、前記二つの端面から離間し、前記リッジ部は、前記P型コンタクト層の少なくとも一部を含み、前記半導体積層体の上面のうち、前記リッジ部上のみ、電流が注入される領域である電流注入窓が形成され、前記活性層の上面から前記底部までの距離は、一様である。

[0007] また、上記課題を解決するために、本開示に係る半導体レーザ素子の一態様は、マルチ横モードのレーザ光を出射する半導体レーザ素子であって、基板と、前記基板の上方に配置される半導体積層体とを備え、前記半導体積層体は、前記基板の上方に配置されるN側半導体層と、前記N側半導体層の上方に配置される活性層と、前記活性層の上方に配置されるP側半導体層と、前記P側半導体層の上方に配置されるP型コンタクト層とを有し、前記半導体積層体は、互いに対向する二つの端面を有し、前記レーザ光は、前記二つの端面の間で共振し、前記半導体積層体は、前記レーザ光の共振方向に延在するリッジ部と、前記半導体積層体の上面の一部であって、前記半導体積層体の上面視において、前記リッジ部の周囲を取り囲む底部と、を有し、前記リッジ部は、前記底部から上方に向かって突出し、前記リッジ部は、前記二

つの端面から離間し、前記リッジ部は、前記P型コンタクト層の少なくとも一部を含み、前記半導体積層体の上面のうち、前記リッジ部上だけに、電流が注入される領域である電流注入窓が形成され、前記底部には、前記P型コンタクト層が露出している。

### 発明の効果

[0008] 本開示によれば、端面付近でのCODを抑制できる半導体レーザ素子を提供できる。

### 図面の簡単な説明

[0009] [図1]図1は、実施の形態に係る半導体レーザ素子の全体構成を示す模式的な平面図である。

[図2]図2は、実施の形態に係る半導体レーザ素子の全体構成を示す模式的な第一の断面図である。

[図3]図3は、実施の形態に係る半導体レーザ素子の全体構成を示す模式的な第二の断面図である。

[図4]図4は、実施の形態に係る半導体レーザ素子の全体構成を示す模式的な第三の断面図である。

[図5]図5は、実施の形態に係るN側半導体層の構成例を示す模式的な断面図である。

[図6]図6は、実施の形態に係る活性層の構成例を示す模式的な断面図である。

[図7]図7は、実施の形態に係るP側半導体層の構成例を示す模式的な断面図である。

[図8]図8は、実施の形態に係る半導体レーザ素子のシミュレーションにおいて用いたモデルの構造を示す断面図である。

[図9]図9は、実施の形態に係る半導体レーザ素子の横方向における電流拡がりのシミュレーション結果を示すグラフである。

[図10]図10は、図9の一部を拡大したグラフである。

[図11]図11は、実施の形態に係る半導体レーザ素子のニアフィールドパタ

ーン（NFP）の横方向の幅のシミュレーション結果を示すグラフである。

[図12]図12は、実施の形態に係る半導体レーザ素子の共振方向における電流拡がりのシミュレーション結果を示すグラフである。

[図13]図13は、活性層の上面から底部までの距離と実効屈折率差との関係を示すグラフである。

[図14]図14は、実施の形態に係る半導体レーザ素子の製造方法の第一工程を示す模式的な断面図である。

[図15]図15は、実施の形態に係る半導体レーザ素子の製造方法の第二工程を示す模式的な断面図である。

[図16]図16は、実施の形態に係る半導体レーザ素子の製造方法の第三工程を示す模式的な第一の断面図である。

[図17]図17は、実施の形態に係る半導体レーザ素子の製造方法の第三工程を示す模式的な第二の断面図である。

[図18]図18は、実施の形態に係る半導体レーザ素子の製造方法の第四工程を示す模式的な第一の断面図である。

[図19]図19は、実施の形態に係る半導体レーザ素子の製造方法の第四工程を示す模式的な第二の断面図である。

[図20]図20は、実施の形態に係る半導体レーザ素子の製造方法の第五工程を示す模式的な第一の断面図である。

[図21]図21は、実施の形態に係る半導体レーザ素子の製造方法の第五工程を示す模式的な第二の断面図である。

[図22]図22は、実施の形態に係る半導体レーザ素子の製造方法の第六工程を示す模式的な第一の断面図である。

[図23]図23は、実施の形態に係る半導体レーザ素子の製造方法の第六工程を示す模式的な第二の断面図である。

[図24]図24は、変形例4に係る半導体レーザ素子の全体構成を示す模式的な平面図である。

[図25]図25は、変形例5に係る半導体レーザ素子の全体構成を示す模式的

な平面図である。

[図26]図26は、変形例6に係る半導体レーザ素子の全体構成を示す模式的な平面図である。

[図27]図27は、変形例7に係る半導体レーザ素子の全体構成を示す模式的な平面図である。

[図28]図28は、変形例8に係る半導体レーザ素子の全体構成を示す模式的な平面図である。

[図29]図29は、変形例8に係る半導体レーザ素子の全体構成を示す模式的な断面図である。

### 発明を実施するための形態

[0010] 以下、本開示の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。なお、以下に説明する実施の形態は、いずれも本開示の一具体例を示すものである。したがって、以下の実施の形態で示される、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ない。

[0011] また、各図は模式図であり、必ずしも厳密に図示されたものではない。したがって、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。

[0012] 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、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。

[0013] （実施の形態）

実施の形態に係る半導体レーザ素子について説明する。

## [0014] [1. 全体構成]

本実施の形態に係る半導体レーザ素子の全体構成について図1～図4を用いて説明する。図1は、本実施の形態に係る半導体レーザ素子10の全体構成を示す模式的な平面図である。図2～図4は、本実施の形態に係る半導体レーザ素子10の全体構成を示す模式的な断面図である。図2、図3、及び図4には、それぞれ、図1の| | - | | 線、| | | - | | | 線、及び| V - | V 線における断面が示されている。なお、各図には、互いに直交するX軸、Y軸、及びZ軸が示されている。X軸、Y軸、及びZ軸は、右手系の直交座標系である。半導体レーザ素子10の積層方向は、Z軸方向に平行であり、光（本実施の形態では、レーザ光）の主な出射方向は、Y軸方向に平行である。

[0015] 半導体レーザ素子10は、マルチ横モードのレーザ光を出射する素子である。半導体レーザ素子10は、図2に示されるように、基板21と、半導体積層体10Sとを備える。半導体積層体10Sは、積層方向（つまり、Z軸方向）に垂直であり、かつ、互いに対向する二つの端面10F及び10Rを有する（図1参照）。二つの端面10F及び10Rは、共振器を形成し、半導体積層体10Sは、端面10Fからレーザ光を出射する。本実施の形態では、半導体積層体10Sは、二つの端面10F及び10Rの間に位置し、レーザ光を導波する光導波路を備える。本実施の形態では、半導体レーザ素子10の導波特性は、利得導波型である。本実施の形態では、半導体レーザ素子10の共振器長（つまり、端面10Fと端面10Rとの間の距離）は、2mm以上である。半導体レーザ素子10の共振器長は、4mm以上であってもよいし、2mm未満であってもよい。端面10Fは、レーザ光を出射するフロント端面であり、端面10Rは、端面10Fより反射率が高いリア端面である。

[0016] 端面10Fには、第一端面コート膜71が配置されており、端面10Rには、第二端面コート膜72が配置されている。第一端面コート膜71及び第二端面コート膜72は、各端面におけるレーザ光の反射率を調整するための

膜である。本実施の形態では、第一端面コート膜71及び第二端面コート膜72は、誘電体多層膜によって構成された多層膜である。例えば、第一端面コート膜71は、1層以上の $Al_2O_3$ 膜と1層以上の $Ta_2O_5$ 膜とを含む多層膜であり、第二端面コート膜72は、1層以上の $Al_2O_3$ 膜と1層以上の $SiO_2$ 膜と1層以上の $Ta_2O_5$ 膜とを含む多層膜である。一例として、第一端面コート膜71の反射率は2%であり、第二端面コート膜72の反射率は95%である。なお、本実施の形態では、基板21の共振方向における二つの端面は、それぞれ、半導体積層体10Sの端面10F及び10Rと同一平面上にある(図4参照)。基板21の共振方向における二つの端面にも、それぞれ、第一端面コート膜71及び第二端面コート膜72が配置される。第一端面コート膜71及び第二端面コート膜72の反射率は、上述した反射率に限定されない。例えば、半導体レーザ素子10を、外部共振器内に配置する場合には、第一端面コート膜71の反射率は0.2%以下であってもよい。これにより、半導体レーザ素子10の二つの端面10F及び10R間のレーザ発振モードと、外部共振器のレーザ発振モードとが競合することに起因するキック発生等の問題を抑えることができる。ここで、キックとは、半導体レーザ素子10に供給する電流の変化に対して、出力されるレーザ光のパワーが不連続に変化する現象である。つまり、キックとは、半導体レーザ素子10に供給する電流と、出力されるレーザ光のパワーとの関係を示すグラフに不連続に変化する点が生じる現象である。

[0017] 本実施の形態に係る半導体レーザ素子10は、波長が900nm以上980nm以下のレーザ光を出射する。半導体レーザ素子10の半導体積層体10Sは、例えば、AlGaInAs系材料からなるIII-V族化合物半導体で構成されている。半導体レーザ素子10は、例えば、波長976nm帯のレーザ光を出射する。また、詳細は後述するが、半導体レーザ素子10は、端面窓構造を有する。つまり、半導体レーザ素子10の半導体積層体10Sは、図4に示されるように、二つの端面のうちレーザ光を出射する端面10F(つまり、フロント端面)に隣接する窓領域10wを有する。本実施の

形態では、窓領域10wは、端面10Fに接する。なお、半導体積層体10Sは、さらに、端面10Rに隣接する窓領域10wを有してもよい。本実施の形態では、半導体積層体10Sは、端面10Rに隣接する窓領域10wを有する。

[0018] 図2に示されるように、半導体レーザ素子10は、基板21と、半導体積層体10Sと、絶縁膜30と、第一P側電極41と、パッド電極50と、第二P側電極42と、N側電極60とを備える。

[0019] 基板21は、半導体レーザ素子10の基台となる板状部材である。基板21は、一様に平面である主面を有する平板状の部材である。基板21は、GaAs基板等の半導体基板又はサファイア基板等の絶縁基板である。本実施の形態では、基板21は、N型GaAs基板である。

[0020] 半導体積層体10Sは、基板21の上方に配置される積層体である。半導体積層体10Sは、積層方向（つまり、各図のZ軸方向）に積層された複数の半導体層を有する。本実施の形態では、半導体積層体10Sは、N側半導体層22と、活性層23と、P側半導体層24と、P型コンタクト層25とを有する。半導体積層体10Sは、図1に示されるように、レーザ光の共振方向に延在するリッジ部20rと、半導体積層体10Sの上面視において、リッジ部20rの周囲を取り囲む底部20bとを有する。ここで、底部20bは、半導体積層体10Sの上面の一部である。リッジ部20rは、図2に示されるように、底部20bから上方に向かって突出し、P型コンタクト層25の少なくとも一部を含む。また、図1及び図4に示されるように、リッジ部20rは、二つの端面10F及び10Rから離間している。半導体積層体10Sのリッジ部20rが、半導体レーザ素子10の光導波路を構成する。本実施の形態では、リッジ部20rの幅（つまり、X軸方向における寸法）は、 $230\mu\text{m}$ である。

[0021] 図2～図4に示されるように、本実施の形態では、活性層23の上面から底部20bまでの積層方向における距離Dbが一様である。言い換えると、底部20bは、積層方向に垂直な平面上にある。これにより、底部20b全

体をエッチングなどによって同時に形成することができる。なお、距離D bが一様という構成には、距離D bが底部2 0 bのどの位置においても同一である構成だけでなく、距離D bが実質的に同一である構成も含まれる。例えば、距離D bの誤差が5 %以下である構成も距離D bが一様である構成に含まれる。本実施の形態では、図2～図4に示されるように、底部2 0 bには、P側半導体層2 4が露出している。つまり、距離D bは、P側半導体層2 4の膜厚以下である。なお、本実施の形態に係る底部2 0 bの構成はこれに限定されない。つまり、活性層2 3の上面から底部2 0 bまでの積層方向における距離D bが一様でなくてもよい。例えば、底部2 0 bは、XY平面に対して傾斜している領域を有してもよいし、段差部を有してもよい。

[0022] 図1、図2、及び図4に示されるように、半導体積層体1 0 Sの上面のうち、リッジ部2 0 r上のみ、電流が注入される領域である電流注入窓2 5 aが形成されている。電流注入窓2 5 aは、半導体積層体1 0 Sが有するP型コンタクト層2 5と、第一P側電極4 1とが接する領域である。

[0023] また、半導体積層体1 0 Sは、図1に示されるように、P型コンタクト層2 5の一部を含み、かつ、共振方向に延在する二つのウイング部2 0 wを有する。リッジ部2 0 rの少なくとも一部は、半導体積層体1 0 Sの上面視において、二つのウイング部2 0 wの間に配置される。二つのウイング部2 0 wの各々は、底部2 0 bを介してリッジ部2 0 rと隣り合う。図2及び図3に示されるように、二つのウイング部2 0 wは、底部2 0 bから上方に向かって突出する。二つのウイング部2 0 wの底部2 0 bからの高さは、リッジ部2 0 rの底部2 0 bからの高さと同じ。これにより、例えば、半導体レーザー素子1 0を実装する際に、半導体レーザー素子1 0に加わる応力がウイング部2 0 wに分散されるため、応力がリッジ部2 0 rだけに集中することを抑制できる。したがって、リッジ部2 0 rがダメージを受けることを抑制できる。

[0024] なお、二つのウイング部2 0 wの底部2 0 bからの高さが、リッジ部2 0 rの底部2 0 bからの高さと同じ構成には、各高さが完全に等しい構成だ

けでなく、実質的に等しい構成も含まれる。例えば、各高さの誤差が5%以下である構成も、各高さが等しい構成に含まれる。

[0025] 二つのウイング部20wの各々は、二つの端面10F及び10Rまで延在する。本実施の形態では、二つのウイング部20wの各々は、端面10Fから端面10Rまで延在する。これにより、半導体レーザ素子10を実装する際に、応力が集中しやすい端面10F及び10R付近において、リッジ部20rに加わる応力を低減できる。したがって、リッジ部20rがダメージを受けることを抑制できる。

[0026] リッジ部20rとウイング部20wとの間にある底部20bの幅（つまり、X軸方向における寸法）は、5 $\mu$ m以上30 $\mu$ m以下としてもよい。これにより、リッジ部20rの外部でのせん断応力を低減することができる。底部20bの幅を大きくしすぎると電流注入領域となるリッジ部20rに実装時の加重が集中するため、リッジ部20rとウイング部20wとの間にある底部20bの幅は、10 $\mu$ m以上20 $\mu$ m以下としてもよい。これにより、せん断応力による偏光面の回転を効果的に抑制し、せん断応力の光導波路を伝搬するレーザ光への影響を低減することができる。

[0027] また、半導体積層体10SのX軸方向の両端部には、分離溝20tが形成されている。分離溝20tは、半導体積層体10Sを個片化する際に使用される溝である。

[0028] N側半導体層22は、基板21の上方であって、活性層23の下方に配置される第一導電型の第一半導体層の一例である。以下、本実施の形態に係るN側半導体層22の構成例について、図5を用いて説明する。図5は、本実施の形態に係るN側半導体層22の構成例を示す模式的な断面図である。図5に示されるように、本実施の形態では、N側半導体層22は、N型バッファ層22aと、第一N型組成傾斜層22bと、N型クラッド層22cと、第二N型組成傾斜層22dとを有する。N型バッファ層22a、第一N型組成傾斜層22b、N型クラッド層22c、及び第二N型組成傾斜層22dは、不純物が意図的にドーピングされたN型の半導体層であり、例えば、N型G

a A s 層、N型 A l G a A s 層などである。N側半導体層 2 2 の各層にドーピングされる不純物として、例えば、シリコン (S i) を用いることができる。

[0029] N型バッファ層 2 2 a は、例えば、膜厚 1. 0  $\mu$ m 以下の N 型半導体層である。このように膜厚を小さくすることで、熱拡散による窓領域 1 0 w の形成時に、窓領域 1 0 w におけるエネルギーシフト量が N 型バッファ層に含まれる不純物の影響によって減少することを、抑制できる。窓領域 1 0 w におけるエネルギーシフト量を増大するために、N 型バッファ層 2 2 a の膜厚を 0. 5  $\mu$ m 以下としてもよい。本実施の形態では、N 型バッファ層 2 2 a は、膜厚 0. 5 0  $\mu$ m の N 型 G a A s 層である。

[0030] N 型クラッド層 2 2 c は、第一 N 型組成傾斜層 2 2 b の上方に配置され、活性層 2 3 より屈折率が低い N 型の半導体層である。本実施の形態では、N 型クラッド層 2 2 c は、膜厚 3. 0 0  $\mu$ m の N 型 A l<sub>0. 32</sub>G a<sub>0. 68</sub>A s 層である。

[0031] 第一 N 型組成傾斜層 2 2 b は、N 型バッファ層 2 2 a の上方に配置され、積層方向位置に応じて組成が異なる層である。第一 N 型組成傾斜層 2 2 b のバンドギャップエネルギーは、N 型バッファ層 2 2 a のバンドギャップエネルギーと、N 型クラッド層 2 2 c のバンドギャップエネルギーとの間の大きさを有する。第一 N 型組成傾斜層 2 2 b のバンドギャップエネルギーは、積層方向位置が N 型クラッド層 2 2 c に近づくにしたがって、N 型クラッド層 2 2 c のバンドギャップエネルギーに近づき、積層方向位置が N 型バッファ層 2 2 a に近づくにしたがって、N 型バッファ層 2 2 a のバンドギャップエネルギーに近づく。N 側半導体層 2 2 が、第一 N 型組成傾斜層 2 2 b を有することにより、N 型バッファ層 2 2 a と、N 型クラッド層 2 2 c との間の急激なバンドギャップエネルギーの変化が緩和される。したがって、半導体レーザ素子 1 0 の素子抵抗を低減できる。本実施の形態では、第一 N 型組成傾斜層 2 2 b は、膜厚 0. 0 5  $\mu$ m の N 型 A l<sub>x1</sub>G a<sub>1-x1</sub>A s 層である。第一 N 型組成傾斜層 2 2 b の A l 組成比 x 1 は、N 型バッファ層 2 2 a との界面

付近において0.15であり、N型クラッド層22cとの界面付近において0.32であり、積層方向位置がN型クラッド層22cに近づくにしたがって大きくなる。

[0032] 第二N型組成傾斜層22dは、N型クラッド層22cの上方に配置され、積層方向位置に応じて組成が変化する層である。第二N型組成傾斜層22dのバンドギャップエネルギーは、N型クラッド層22cのバンドギャップエネルギーと、活性層23の下方の端部（N型ガイド層23a）におけるバンドギャップエネルギーとの間の大きさを有する。第二N型組成傾斜層22dのバンドギャップエネルギーは、積層方向位置がN型クラッド層22cに近づくにしたがって、N型クラッド層22cのバンドギャップエネルギーに近づき、積層方向位置が活性層23に近づくにしたがって、活性層23の下方の端部におけるバンドギャップエネルギーに近づく。N側半導体層22が、第二N型組成傾斜層22dを有することにより、N型クラッド層22cと、活性層23との間の急激なバンドギャップエネルギーの変化が緩和される。したがって、半導体レーザ素子10の素子抵抗を低減できる。本実施の形態では、第二N型組成傾斜層22dは、膜厚0.03 $\mu\text{m}$ のN型 $\text{Al}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}$ 層である。第二N型組成傾斜層22dのAl組成比 $x_2$ は、N型クラッド層22cとの界面付近において0.32であり、活性層23との界面付近において0.285であり、積層方向位置が活性層23に近づくにしたがって小さくなる。

[0033] なお、N側半導体層22は、N型バッファ層22a、第一N型組成傾斜層22b、及び第二N型組成傾斜層22dを備えなくてもよい。また、N側半導体層22は、他の半導体層を有してもよい。例えば、N側半導体層22は、アンドープ半導体層を有してもよい。

[0034] 活性層23は、N側半導体層22の上方に配置される発光層である。本実施の形態では、窓領域10w以外の領域における活性層23は、量子井戸構造を有する。活性層23は、単一の量子井戸を有していてもよいし、複数の量子井戸を有していてもよい。ここで窓領域10wにおける活性層23につ

いて説明する。活性層23のうち窓領域10w以外の領域である利得領域のフォトルミネッセンスで測定されるバンドギャップエネルギーを $E_{g1}$ とする。活性層23において窓領域10wが形成された領域のフォトルミネッセンスで測定されるバンドギャップエネルギー $E_{g2}$ とする。 $E_{g1}$ と $E_{g2}$ との差を $\Delta E_g$ とすると、例えば、 $\Delta E_g = E_{g2} - E_{g1} = 100 \text{ meV}$ の関係になるように窓領域10wが形成される。つまり、窓領域10wにおける活性層23のバンドギャップエネルギーは、窓領域10w以外の領域における（つまり、量子井戸構造を有する領域における）活性層23のバンドギャップエネルギーより大きい。これにより、半導体積層体10Sの端面10F及び10R付近での活性層23におけるレーザ光の吸収を抑制できるため、端面10F及び10R付近におけるCODの発生を抑制することができる。

[0035] また、窓領域10wを形成する場合、利得領域と窓領域10wが形成された領域との境界領域のフォトルミネッセンスで測定されるバンドギャップエネルギーを $E_{g3}$ とすると、 $E_{g2} > E_{g3} > E_{g1}$ の関係が成り立ってもよい。具体的には、端面10F近傍及び端面10R近傍における活性層23のバンドギャップエネルギーが、利得領域と窓領域10wが形成された領域との境界領域のフォトルミネッセンスで測定されるバンドギャップエネルギーよりも大きく、かつ、窓領域10wが形成されていない領域と窓領域10wが形成された領域との境界領域のフォトルミネッセンスで測定されるバンドギャップエネルギーは、共振方向の中央部の活性層23のバンドギャップエネルギーよりも大きくてもよい。

[0036] 図2及び図3に示されるように、活性層23の一对の側面（図2及び図3のX軸方向における両端面）は、積層方向に対して傾斜している。これにより、活性層23のうちリッジ部20rの下方に位置する領域から活性層23の側面に向かう迷光が、再度リッジ部20rの下方に位置する領域に戻ることを抑制できる。したがって、端面10F及び10Rの間で共振するレーザ光と、迷光との競合を抑制できるため、半導体レーザ素子10の動作を安定

化することができる。

[0037] 以下、本実施の形態に係る活性層23の構成例について、図6を用いて説明する。図6は、本実施の形態に係る活性層23の構成例を示す模式的な断面図である。図6に示されるように、本実施の形態では、活性層23は、N型ガイド層23aと、第二N側バリア層23bと、第一N側バリア層23cと、井戸層23dと、第一P側バリア層23eと、第二P側バリア層23fと、P型ガイド層23gとを有する。このように、活性層23は、単一の量子井戸を有する単一量子井戸構造を有する。

[0038] N型ガイド層23aは、N側半導体層22の上方に配置される層であり、N側半導体層22より屈折率が高い。本実施の形態では、N型ガイド層23aは、膜厚1.05 $\mu\text{m}$ のN型 $\text{Al}_{0.285}\text{Ga}_{0.715}\text{As}$ 層である。N型ガイド層23aには、不純物としてシリコンがドーピングされている。

[0039] 第二N側バリア層23bは、N型ガイド層23aの上方に配置され、量子井戸の障壁として機能する層である。第二N側バリア層23bは、不純物が意図的にドーピングされたドープ領域と、不純物がドーピングされていないアンドープ領域とを有してもよい。本実施の形態では、第二N側バリア層23bは、N型ガイド層23aの上方に配置されるN型層と、当該N型層の上方に配置されるアンドープ層とを有する。N型層は、膜厚0.0268 $\mu\text{m}$ のN型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 層である。N型層には、不純物としてシリコンがドーピングされている。アンドープ層は、膜厚0.0083 $\mu\text{m}$ の $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 層である。

[0040] 第一N側バリア層23cは、第二N側バリア層23bの上方に配置され、量子井戸の障壁として機能する層である。第一N側バリア層23cは、不純物が意図的にドーピングされたドープ領域と、不純物がドーピングされていないアンドープ領域とを有していてもよい。この場合、アンドープ領域は、ドープ領域より井戸層23dに近い位置に配置される。第一N側バリア層23cのアンドープ領域の膜厚は、例えば、5nm以上である。第一N側バリア層23cの井戸層23d近傍の領域に不純物をドーピングすると、半導体

レーザ素子10の直列抵抗が低減するが、フリーキャリア損失が発生するため導波路損失が増大する。一方、アンドープ領域の膜厚が大きくなると半導体レーザ素子10の直列抵抗が増大する。半導体レーザ素子10の直列抵抗の増大を抑制しつつフリーキャリア損失の増大を抑制するために、アンドープ領域の膜厚は5nm以上、40nm以下としてもよい。N型ガイド層23aにおける不純物のドーピング濃度が井戸層23dから遠ざかるにしたがって徐々に増大する場合は、第一N側バリア層23cにおけるアンドープ領域の膜厚を20nm以下としても導波路損失の増大を抑制することができる。本実施の形態では、第一N側バリア層23cは、膜厚0.0018 $\mu$ mのアンドープ $Al_{0.50}Ga_{0.32}In_{0.18}As$ 層である。

[0041] 井戸層23dは、第一N側バリア層23cの上方に配置され、量子井戸として機能する層である。井戸層23dは、第一N側バリア層23cと、第一P側バリア層23eとの間に配置され、第一N側バリア層23c、及び第一P側バリア層23eの各々と接する。井戸層23dの膜厚は、0.0060nm以上であってもよい。本実施の形態では、井戸層23dは、膜厚0.0090 $\mu$ mのアンドープ $In_{0.135}Ga_{0.865}As$ 層である。

[0042] 第一P側バリア層23eは、井戸層23dの上方に配置され、量子井戸の障壁として機能する層である。第一P側バリア層23eは、不純物が意図的にドーピングされたドープ領域と、不純物がドーピングされていないアンドープ領域とを有していてもよい。この場合、アンドープ領域は、ドープ領域より井戸層23dに近い位置に配置される。第一P側バリア層23eのアンドープ領域の膜厚は、例えば、5nm以上である。第一P側バリア層23eの井戸層23d近傍の領域に不純物をドーピングすると、半導体レーザ素子10の直列抵抗が低減するが、フリーキャリア損失が発生するため導波路損失が増大する。一方、アンドープ領域の膜厚が大きくなると半導体レーザ素子10の直列抵抗が増大する。半導体レーザ素子10の直列抵抗の増大を抑制しつつフリーキャリア損失の増大を抑制するために、アンドープ領域の膜厚は5nm以上、40nm以下としてもよい。P型ガイド層23gにおける

不純物のドーピング濃度が井戸層 23 d から遠ざかるにしたがって徐々に増大する場合は、第一 P 側バリア層 23 e におけるアンドープ領域の膜厚を 20 nm 以下としても導波路損失の増大を抑制することができる。本実施の形態では、第一 P 側バリア層 23 e は、膜厚 0.0018  $\mu\text{m}$  のアンドープ  $\text{Al}_{0.50}\text{Ga}_{0.32}\text{In}_{0.18}\text{As}$  層である。

[0043] 第二 P 側バリア層 23 f は、第一 P 側バリア層 23 e の上方に配置され、量子井戸の障壁として機能する層である。第二 P 側バリア層 23 f は、不純物が意図的にドーピングされたドープ領域と、不純物がドーピングされていないアンドープ領域とを有してもよい。本実施の形態では、第二 P 側バリア層 23 f は、第一 P 側バリア層 23 e の上方に配置されるアンドープ層と、当該アンドープ層の上方に配置される P 型層とを有する。アンドープ層は、膜厚 0.0083  $\mu\text{m}$  の  $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$  層である。P 型層は、膜厚 0.025  $\mu\text{m}$  の P 型  $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$  層である。P 型層には、不純物として炭素 (C) がドーピングされている。

[0044] P 型ガイド層 23 g は、第二 P 側バリア層 23 f の上方に配置される層であり、P 側半導体層 24 より屈折率が高い。本実施の形態では、P 型ガイド層 23 g は、膜厚 0.22  $\mu\text{m}$  の P 型  $\text{Al}_{0.28}\text{Ga}_{0.72}\text{As}$  層である。P 型ガイド層 23 g には、不純物として炭素がドーピングされている。

[0045] P 側半導体層 24 は、活性層 23 の上方に配置される第二導電型の第二半導体層の一例である。以下、本実施の形態に係る P 側半導体層 24 の構成例について、図 7 を用いて説明する。図 7 は、本実施の形態に係る P 側半導体層 24 の構成例を示す模式的な断面図である。図 7 に示されるように、本実施の形態では、P 側半導体層 24 は、第一 P 型組成傾斜層 24 a と、P 型クラッド層 24 b と、第二 P 型組成傾斜層 24 c とを有する。第一 P 型組成傾斜層 24 a、P 型クラッド層 24 b、及び第二 P 型組成傾斜層 24 c は、不純物が意図的にドーピングされた P 型の半導体層であり、例えば、P 型  $\text{AlGaAs}$  層などである。P 側半導体層 24 の各層にドーピングされる不純物として、例えば、炭素を用いることができる。P 側半導体層 24 の不純物濃

度は、例えば、 $1.0 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 未満である。

[0046] 上述したように、半導体積層体10Sの底部20bには、P側半導体層24が露出している。底部20bにおいて、第二P型組成傾斜層24cが露出していてもよいし、P型クラッド層24bが露出していてもよい。底部20bは、第二P型組成傾斜層24cの最上面に位置してもよいし、第二P型組成傾斜層24cの最下面と最上面との間に位置してもよい。また、底部20bは、P型クラッド層24bの最上面に位置してもよいし、P型クラッド層24bの最下面と最上面との間に位置してもよい。

[0047] P型クラッド層24bは、第一P型組成傾斜層24aの上方に配置され、活性層23より屈折率が低いP型の半導体層である。本実施の形態では、P型クラッド層24bは、膜厚 $0.75 \mu\text{m}$ のP型 $\text{Al}_{0.70}\text{Ga}_{0.30}\text{As}$ 層である。

[0048] 第一P型組成傾斜層24aは、活性層23の上方に配置され、積層方向位置に応じて組成が異なる層である。第一P型組成傾斜層24aのバンドギャップエネルギーは、活性層の上方の端部（P型ガイド層23g）におけるバンドギャップエネルギーと、P型クラッド層24bのバンドギャップエネルギーとの間の大きさを有する。第一P型組成傾斜層24aのバンドギャップエネルギーは、積層方向位置がP型クラッド層24bに近づくにしたがって、P型クラッド層24bのバンドギャップエネルギーに近づき、積層方向位置が活性層23に近づくにしたがって、活性層23の上端のバンドギャップエネルギーに近づく。P側半導体層24が、第一P型組成傾斜層24aを有することにより、活性層23と、P型クラッド層24bとの間の急激なバンドギャップエネルギーの変化が緩和される。したがって、半導体レーザ素子10の素子抵抗を低減できる。本実施の形態では、第一P型組成傾斜層24aは、膜厚 $0.05 \mu\text{m}$ のP型 $\text{Al}_{y1}\text{Ga}_{1-y1}\text{As}$ 層である。第一P型組成傾斜層24aのAl組成比 $y1$ は、活性層23との界面付近において0.28であり、P型クラッド層24bとの界面付近において0.70であり、積層方向位置がP型クラッド層24bに近づくにしたがって大きくなる。

[0049] 第二P型組成傾斜層24cは、P型クラッド層24bの上方に配置され、積層方向位置に応じて組成が異なる層である。第二P型組成傾斜層24cのバンドギャップエネルギーは、P型クラッド層24bにおけるバンドギャップエネルギーと、P型コンタクト層25のバンドギャップエネルギーとの間の大きさを有する。第二P型組成傾斜層24cのバンドギャップエネルギーは、積層方向位置がP型クラッド層24bに近づくにしたがって、P型クラッド層24bのバンドギャップエネルギーに近づき、積層方向位置がP型コンタクト層25に近づくにしたがって、P型コンタクト層25のバンドギャップエネルギーに近づく。P側半導体層24が、第二P型組成傾斜層24cを有することにより、P型クラッド層24bとP型コンタクト層25との間の急激なバンドギャップエネルギーの変化が緩和される。したがって、半導体レーザ素子10の素子抵抗を低減できる。本実施の形態では、第二P型組成傾斜層24cは、膜厚0.05 $\mu\text{m}$ のP型 $\text{Al}_{y_2}\text{Ga}_{1-y_2}\text{As}$ 層である。第二P型組成傾斜層24cのAl組成比 $y_2$ は、P型クラッド層24bとの界面付近において0.70であり、P型コンタクト層25との界面付近において0.15であり、積層方向位置がP型コンタクト層25に近づくにしたがって小さくなる。

[0050] P型コンタクト層25は、P側半導体層24の上方に配置される層である。P型コンタクト層25は、第一P側電極41の下方に配置され、第一P側電極41と接する。P型コンタクト層25は、不純物が意図的にドーピングされたP型の半導体層であり、例えば、P型GaAsである。P型コンタクト層25にドーピングされる不純物として、例えば炭素を用いることができる。P型コンタクト層25におけるドーピング濃度は、例えば、 $1.0 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 以上である。本実施の形態では、P型コンタクト層25は、膜厚0.25 $\mu\text{m}$ のP型GaAs層である。

[0051] 絶縁膜30は、半導体積層体10Sの上方に配置される電気絶縁性の膜であり、電流ブロック膜として機能する。図1、図2、及び図4に示されるように、絶縁膜30は、活性層23の一对の側面（つまり、図2、及び図3に

示される活性層 23 の X 軸方向における両端面) を覆う。本実施の形態では、絶縁膜 30 は、N 側半導体層 22、活性層 23、P 側半導体層 24、及び P 型コンタクト層 25 の側面を覆う。また、絶縁膜 30 は、半導体積層体 10 S の上面のうち、電流注入窓 25 a 以外の全面を覆う。また、図 1、図 2、及び図 4 に示されるように絶縁膜 30 は、リッジ部 20 r の上面の電流注入窓 25 a の周縁部を覆う。絶縁膜 30 は、電流注入窓 25 a に対応する領域に開口部 30 a を有する。開口部 30 a は、絶縁膜 30 のうち、リッジ部 20 r の上方に配置される部分に形成された開口である。絶縁膜 30 の開口部 30 a に第一 P 側電極 41 が配置されることで、リッジ部 20 r の上面に電流注入窓 25 a が形成される。絶縁膜 30 は、SiN、SiO<sub>2</sub> などの絶縁材料で構成される。

[0052] 図 2～図 4 に示されるように、絶縁膜 30 は、半導体積層体 10 S の底部 20 b 上に配置される。底部 20 b のうち絶縁膜 30 が配置される領域 (つまり、底部 20 b の絶縁膜 30 との界面) は、酸化されていてもよい。言い換えると、底部 20 b における酸素濃度は、半導体積層体 10 S の内部の酸素濃度より高くてもよい。半導体積層体 10 S の内部とは、例えば、半導体積層体 10 S の上面の一部である底部 20 b より下方の領域を意味する。底部 20 b を酸化することにより、絶縁膜 30 と、底部 20 b との密着性が向上する。したがって、絶縁膜 30 が剥がれることで、半導体レーザ素子 10 が破損することを抑制できる。

[0053] 底部 20 b の酸化を促進する方法としては、絶縁膜 30 として SiO<sub>2</sub> など酸素を含有する膜を形成する他に、絶縁膜 30 を形成する前に底部 20 b に酸素プラズマ処理を行う方法、酒石酸と過酸化水素水との混合液などの酸化を促す薬液で処理する方法などがある。

[0054] 第一 P 側電極 41 は、P 型コンタクト層 25 に接する P 側電極である。第一 P 側電極 41 は、半導体積層体 10 S のリッジ部 20 r の上方に配置され、絶縁膜 30 の開口部 30 a を介して、P 型コンタクト層 25 の電流注入窓 25 a と接する。本実施の形態では、図 1～図 4 に示されるように、第一 P

側電極41は、絶縁膜30を介して、半導体積層体10Sの底部20b、ウイング部20wの上方にも配置される。第一P側電極41は、例えば、Pt、Ti、Cr、Ni、Mo及びAuの少なくとも一つの金属を含む。本実施の形態では、第一P側電極41は、P型コンタクト層25に接するTi層と、Ti層上に積層されるPt層と、Pt層上に積層されるAu層とを有する。

[0055] パッド電極50は、第一P側電極41の上方に配置されるパッド状の電極である。本実施の形態では、パッド電極50の共振方向の両端は、それぞれ二つの端面10F及び10Rとリッジ部20rとの間に位置する。このように、パッド電極50は、二つの端面10F及び10Rには配置されない。パッド電極50は、例えば、Au膜で構成される。

[0056] 第二P側電極42は、パッド電極50の上方に配置されるP側電極である。本実施の形態では、第二P側電極42は、パッド電極50を覆う。第二P側電極42は、例えば、Pt、Ti、Cr、Ni、Mo及びAuの少なくとも一つの金属を含む。本実施の形態では、第二P側電極42は、Ti層と、Ti層上に積層されるPt層と、Pt層上に積層されるAu層とを有する。

[0057] N側電極60は、基板21の下方の主面（つまり、基板21の対向する二つの主面のうち、半導体積層体10Sが配置されていない方の主面）に配置される電極である。N側電極60は、例えば、基板21側から順に積層されたAuGe膜、Ni膜、Au膜、Ti膜、Pt膜、及びAu膜を含む。

[0058] 以上のような構成を有する半導体レーザ素子10では、積層方向における光強度分布のピーク位置がN側半導体層22に位置する。これにより、自由キャリア損失を最小化することができ、活性層23への注入キャリアの利用効率を最大限に向上させることができる。この結果、低電圧駆動、低閾値電流、及び高いスロープ効率で半導体レーザ素子10を動作させることができ、数十W級の光出力を、高効率かつ低電流駆動で実現することができる。

[0059] [2. 効果]

本実施の形態に係る半導体レーザ素子10による効果について説明する。

上述したとおり、本実施の形態に係る半導体レーザ素子10は、リッジ部20rを有する半導体積層体10Sを備え、図1に示されるように、底部20bは、リッジ部20rの周囲を取り囲む。また、底部20bにおいて、P側半導体層24が露出している。本実施の形態に係るこれらの構成による効果について、図8～図12を用いて説明する。図8は、本実施の形態に係る半導体レーザ素子10のシミュレーションにおいて用いたモデルの構造を示す断面図である。図9は、本実施の形態に係る半導体レーザ素子10の横方向（つまり、X軸方向）における電流拡がりのシミュレーション結果を示すグラフである。図10は、図9の一部を拡大したグラフである。図9及び図10の横軸は、横方向の位置を示し、縦軸は活性層23に流れる電流値を規格化した値を示す。図11は、本実施の形態に係る半導体レーザ素子10のニアフィールドパターン（NFP）の横方向の幅のシミュレーション結果を示すグラフである。図11の横軸は、底部20bにおけるP型コンタクト層25の残厚を示し、縦軸は、横方向におけるNFP幅を示す。図12は、本実施の形態に係る半導体レーザ素子10の共振方向（つまり、Y軸方向）における電流拡がりのシミュレーション結果を示すグラフである。

[0060] 図8に示されるように、半導体レーザ素子10の底部20bにおけるP型コンタクト層25の残厚を $T_r$ とする。P型コンタクト層25の残厚は、P型コンタクト層25の下面から、底部20bまでの距離である。図9及び図10には、P型コンタクト層25の残厚 $T_r$ を0nm、10nm、20nm、及び30nmとした場合のシミュレーション結果が示されている。なお、シミュレーションにおいては、リッジ部20rの幅（つまり、X軸方向の寸法）を $230\mu\text{m}$ とし、リッジ部20rの上面全体を電流注入窓領域としている。

[0061] 図9及び図10に示されるように、リッジ部20rの横方向を含む周囲に底部20bを設けることで、リッジ部20rから横方向に漏れる電流を抑制することができる。また、P型コンタクト層25の残厚を小さくするにしたがって、リッジ部20rから横方向に漏れる電流が減少する。本実施の形態

では、底部20bには、P側半導体層24が露出している。つまり、P型コンタクト層25の残厚は、ゼロであるため、リッジ部20rから横方向に漏れる電流を最小限に抑制できる。したがって、本実施の形態に係る半導体レーザ素子10によれば、レーザ発振時の無効電流を低減できるため、発光効率の向上、及び、レーザ光出力の低下の抑制が可能となる。なお、本実施の形態に係る半導体レーザ素子10の構成は、これに限定されない。半導体レーザ素子10の底部20bにおけるP型コンタクト層25の残厚Trは、ゼロより大きくてもよい。つまり、底部20bには、P型コンタクト層25が露出していてもよい。このような構成においても、図9及び図10に示されるようにリッジ部20rの周囲に底部20bを設けることで、リッジ部20rからリッジ部20rの外部に漏れる電流を抑制することができる。

[0062] 図11に示されるように、P型コンタクト層25の残厚を小さくするにしたがって、半導体レーザ素子10のNFP幅が小さくなる。つまり、リッジ部20rの横方向を含む周囲に底部20bを設けて、P型コンタクト層25の残厚を低減することで、NFP幅を低減できる。本実施の形態では、P型コンタクト層25の残厚は、ゼロであるため、NFP幅をリッジ部20rの幅(230 $\mu$ m)に近い値に低減でき、かつ、レーザ光の拡がり角を抑制できる。

[0063] 図12には、リッジ部20rと、端面10F及び10Rとの間に位置する底部20bにP型コンタクト層25がある場合、及び、ない場合のシミュレーション結果が示されている。底部20bにP型コンタクト層25がある場合のP型コンタクト層25の残厚Trは、50nmである。また、リッジ部20rと、端面10F及び10Rとの間の距離を80 $\mu$ mとし、窓領域10wの長さ(つまり、Y軸方向の寸法)を70 $\mu$ mとしている。

[0064] 図12に示されるように、リッジ部20rと、端面10F及び10Rとの間に底部20bを設けることで、リッジ部20rから端面10F及び10R付近に流れる電流を抑制することができる。また、底部20bにおけるP型コンタクト層25をなくすことで、リッジ部20rから端面10F及び10

R付近に流れる電流をより一層抑制できる。本実施の形態では、リッジ部20rと、端面10F及び10Rとの間に位置する底部20bには、P側半導体層24が露出している。つまり、リッジ部20rと、端面10F及び10Rとの間に位置する底部20bにはP型コンタクト層25がないため、リッジ部20rから端面10F及び10R付近に流れる電流を最小限に抑制できる。したがって、本実施の形態に係る半導体レーザ素子10によれば、端面10F及び10R付近に形成された窓領域10wへのキャリア拡散を抑制できるため、CODの発生を抑制できる。また、本実施の形態では、レーザ光の増幅に寄与しない窓領域10wへのキャリア注入を低減できるため、発光効率及びレーザ光出力を高めることができる。

[0065] また、本実施の形態に係る底部20bのように、活性層23の上面から底部20bまでの距離D<sub>b</sub>は、P側半導体層24の膜厚未満であってもよい。つまり、底部20bにおいて、P側半導体層24の一部が除去されていてもよい。これにより、リッジ部20rから端面10F及び10R付近に流れる電流をより一層抑制することができる。

[0066] 距離D<sub>b</sub>が小さくなると、図13に示されるように、リッジ部20rの内側と外側との実効屈折率差( $\Delta n$ )が増加する。実効屈折率差が大きくなると半導体レーザ素子10が利得導波型でなく、屈折率導波型として発振するため、水平拡がり角が大きくなる。このため、光学レンズを用いるシステムにおいて半導体レーザ素子10を用いる場合には、光の取り込み効率低下を引き起こす。そのため、共振器内部における底部20bは、実効屈折率差が増加を抑制できる範囲に、距離D<sub>b</sub>を設定する。例えば、距離D<sub>b</sub>を、実効屈折率差の変化が小さい範囲(0.4  $\mu\text{m}$ 以上0.6  $\mu\text{m}$ 以下)の値に設定してもよい。また、実効屈折率差が $2.0 \times 10^{-4}$ 以下となるように、距離D<sub>b</sub>を0.15  $\mu\text{m}$ 以上に設定してもよい。これにより、レーザ光の水平拡がり角の増大を抑制しつつ、電流拡がり抑制することが可能となる。

[0067] 窓領域10wの共振方向の長さの方が、端面10Fとリッジ部20rとの間に位置する底部20bの共振方向の長さより大きい場合、リッジ部20r

の真下にも窓領域10wが形成される。このようなリッジ部20rの真下に位置する窓領域10wは、端面10F及び10Rから比較的遠くに位置するため、端面10F及び10RにおけるCOD発生の抑制に対する効果が大きくない。また、リッジ部20rの真下に位置する窓領域10wには比較的大きな電流が流れるため、レーザ光により、レーザ光の増幅に寄与しない窓領域10wへのキャリア注入が増大する。このため、窓領域10wの共振方向の長さは、端面10Fとリッジ部20rとの間に位置する底部20bの共振方向の長さより小さくてもよい。これにより、窓領域10wへのキャリア注入を低減できるため、発光効率及びレーザ光出力を高めることができる。端面10Fとリッジ部20rとの間に位置する底部20bの共振方向の長さは、80 $\mu$ m以上であってもよい。

[0068] 窓領域10wの共振方向の長さは、例えば、70 $\mu$ m以上であってもよい。これにより、窓領域10wを形成する際の熱負荷を低減できるため、活性層23のうち窓領域10wの外部の領域における結晶性の悪化を抑制できる。

[0069] また、本実施の形態では、図4に示されるように、パッド電極50の共振方向の両端は、それぞれ二つの端面10F及び10Rとリッジ部20rとの間に位置する。つまり、パッド電極50が端面に配置されないため、P側半導体層24の上面を半田を介して実装基台に実装する際に、端面10F及び10R付近に加わる実装応力を低減できる。また、パッド電極50の一部が端面10F及び10R付近の底部20bに位置することで、パッド電極50がリッジ部20rの上面及び側面、並びに、リッジ部20r近傍の底部20bを覆うことができる。これにより、電流注入に伴うリッジ部でのジュール熱やキャリアの非輻射再結合などにより発生した熱をパッド電極50を介して効果的に放散することができる。

[0070] さらに、パッド電極50の共振方向端を端面10F及び10Rに近接されることで、端面10F及び10Rの放熱性を向上させることができる。これにより、半導体レーザ素子10の熱に起因する劣化を抑制できる。パッド電

極50の共振方向端と、端面10F及び10Rとの間隔は、15 $\mu$ m以下であってよい。これにより一層放熱性を高めることができる。

[0071] [3. 製造方法]

本実施の形態に係る半導体レーザ素子10の製造方法について、図2及び図3、並びに図14～図23を用いて説明する。図14～図23は、本実施の形態に係る半導体レーザ素子10の製造方法の各工程を示す模式的な断面図である。図14、図16、図18、図20、及び図22には、製造過程における半導体レーザ素子10の図1の||-||線における断面が示されている。図15、図17、図19、図21及び図23には、製造過程における半導体レーザ素子10の図1の|||-|||線における断面が示されている。

[0072] まず、図14に示されるように、基板21の上面に、N側半導体層22を形成し、N側半導体層22の上方に活性層23を形成し、活性層23の上方にP側半導体層24を形成し、P側半導体層24の上方にP型コンタクト層25を形成する。

[0073] 本実施の形態では、N型GaAsのウエハである基板21の上に、有機金属気相成長法(MOCVD; Metalorganic Chemical Vapor Deposition)による結晶成長技術により、N側半導体層22、活性層23、P側半導体層24、P型コンタクト層25を順次結晶成長させることで積層する。

[0074] N側半導体層22として、基板21の上に、N型バッファ層22a、第一N型組成傾斜層22b、N型クラッド層22c、及び、第二N型組成傾斜層22dを順次結晶成長させる。

[0075] 活性層23として、N側半導体層22の上に、N型ガイド層23a、第二N側バリア層23b、第一N側バリア層23c、井戸層23d、第一P側バリア層23e、及び第二P側バリア層23f、P型ガイド層23gを順次結晶成長させる。

[0076] P側半導体層24として、活性層23の上に、第一P型組成傾斜層24a

、P型クラッド層24b、及び第二P型組成傾斜層24cを順次結晶成長させる。

[0077] 続いて、図15に示されるように、端面10F及び10R付近に、窓領域10wを形成する。具体的には、半導体積層体10Sの端面10F及び10Rに窓領域10wを形成する。窓領域10wを形成する方法として、一般に不純物拡散法と空孔拡散法とがある。本実施の形態では、空孔拡散法によって窓形成を行っている。これは、1エミッタ当たり10Wを超えるような超高出力の半導体レーザ素子10においては、低損失化による光吸収量の低減が重要であるからである。例えば、不純物拡散法で窓領域10wを形成すると、不純物によって光吸収が大きくなり、光吸収ロスを低減することが難しくなる。一方、空孔拡散法は不純物を使用しないため、空孔拡散法で窓領域10wを形成することで、不純物導入に起因する光吸収ロスを低減することができる。

[0078] 空孔拡散法では、半導体積層体10Sに急速高温処理を施すことで窓領域10wを形成することができる。例えば、高温処理時にGa空孔を生成する保護膜を窓領域の形成を行う領域の半導体積層体10S上に形成した後、結晶成長温度付近の750℃以上950℃以下の非常に高温な熱にさらしてGa空孔を拡散させることで、空孔とIII族元素との相互拡散により活性層23の量子井戸構造を無秩序化して窓化（透明化）することができる。この結果、活性層23のバンドギャップを大きくすることができ、量子井戸構造を無秩序化した領域を、窓領域10wとして機能させることができる。また、窓領域10w以外の領域においては、高温処理時にGa空孔の生成を抑制する保護膜を形成することで、量子井戸構造の無秩序化を抑えることができる。なお、本実施の形態では、窓領域10wは、空孔拡散法によって形成したが、不純物拡散法などの他の方法で形成してもよい。

[0079] 続いて、図16に示されるように、P型コンタクト層25に、リッジ部20r及びウイング部20wを画定するための凹部を形成する。形成された凹部の底面が底部20bである。具体的には、P型コンタクト層25の上に、

フォトリソグラフィ技術により $\text{SiO}_2$ などからなるマスクを所定のパターンで形成し、その後、ウェットエッチング技術によって、凹部を形成することで、リッジ部20r及びウイング部20wを形成する。一方、図17に示されるように、半導体レーザ素子10の端面10F付近においては、リッジ部20rに代えて底部20bが形成される。なお、半導体レーザ素子10のX軸方向両端の個片化するための分離溝20tが形成される位置に凹部が形成されてもよい。当該凹部は、共振方向に延在している。

[0080] 続いて、図18及び図19に示されるように、半導体積層体10SのX軸方向両端に傾斜面を有する分離溝20tを形成する。具体的には、P側半導体層24の上に、フォトリソグラフィ技術を用いて $\text{SiO}_2$ などからなるマスクを所定のパターンで形成し、その後、ウェットエッチング技術によって、P側半導体層24からN側半導体層22の途中までをエッチングすることで、半導体積層体10SのX軸方向両端において傾斜する分離溝20tを形成することができる。分離溝20tは、半導体レーザ素子10を個片化する際に使用される溝であり、共振方向に延在している。

[0081] なお、分離溝20tを形成する際のエッチング液として、例えば、硫酸系のエッチング液を用いることができる。この場合、硫酸：過酸化水素水：水＝1：1：10のエッチング液を用いることができる。また、エッチング液は、硫酸系のエッチング液に限らず、有機酸系のエッチング液又はアンモニア系のエッチング液であってもよい。

[0082] また、分離溝20tは、等方性のウェットエッチングにより形成される。これにより、複数の半導体層の側面に傾斜面を形成して、複数の半導体層にくびれ構造（つまりオーバーハング構造）を形成することができる。分離溝20tの側面の傾斜角度は、複数の半導体層を構成する各層のAlGaAs材料のAl組成比に応じて異なる。AlGaAs材料のAl組成比を高くすることで、エッチング速度を速めることができる。したがって、図18及び図19に示されるような傾斜を有する側面を半導体積層体10Sに形成するためには、P側半導体層24のAl組成比を最も高くすることで、半導体積

層体10Sの中でP側半導体層24の横方向（X軸方向）のエッチング速度を最も速くすることができる。これにより、P側半導体層24付近に、半導体積層体10Sの最狭部（水平方向において最も幅が狭い部分）を形成することができる。

[0083] 続いて、分離溝20tを形成する際のマスクをフッ酸系のエッチング液で除去した後に、図20及び図21に示されるように、基板21の上方の全面に、絶縁膜30としてSiN膜を堆積する。その後、フォトリソグラフィ技術及びエッチング技術を用いて、電流注入窓25aに対応する部分の絶縁膜30を除去することで開口部30aを形成する。なお、電流非注入領域に対応する部分の絶縁膜30は除去されない。

[0084] 絶縁膜30のエッチングとしては、フッ酸系エッチング液を用いたウェットエッチング又は反応性イオンエッチング（RIE）によるドライエッチングを用いることができる。また、絶縁膜30は、SiN膜としたが、これに限らず、SiO<sub>2</sub>膜などであってもよい。ここで、本実施の形態で採用し得る絶縁膜30の形成技術としては、プラズマ化学気相成長（以下PCVD）であればよい。また、絶縁膜30を成膜する原料ガスとして、SiH<sub>4</sub>、CF<sub>4</sub>、NH<sub>3</sub>、N<sub>2</sub>O、N<sub>2</sub>などの混合ガスを用いることができる。

[0085] 本実施の形態では、成膜技術はPCVD法で、原料ガスとしては、SiH<sub>4</sub>とNH<sub>3</sub>とN<sub>2</sub>の混合ガスを用いている。成膜条件として、混合ガス中のSiH<sub>4</sub>体積含有率を5%以上18%以下とし、半導体基板を設置する下部電極の温度を150℃以上350℃以下とし、チャンバー内圧力を50Pa以上200Pa以下とし、RFパワーを100W以上400W以下とすることができるが、これに限るものではなく、適宜選定すればよい。

[0086] なお、絶縁膜30としてSiN膜を用いる場合は、原料ガスにO<sub>2</sub>を含まないため、底部20bの表面が酸化されにくい。絶縁膜30としてSiO<sub>2</sub>膜を用いる場合、原料ガスとしては、SiH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O、N<sub>2</sub>の混合ガスが用いられる。

[0087] 続いて、図22及び図23に示されるように、半導体積層体10Sの上に

、P側電極を形成する。本実施の形態では、P型コンタクト層25の上に、P側電極として、第一P側電極41と、パッド電極50と第二P側電極42とをこの順で形成する。

[0088] 具体的には、電子ビーム蒸着法によってTi膜とPt膜とAu膜との積層膜からなる第一P側電極41を下地電極として形成する。その後、電解めっき法によってAuめっき膜からなるパッド電極50を形成する。そして、フォトリソグラフィ技術やエッチング技術及びリフトオフ技術を用いて、端面付近のパッド電極50を選択的に除去する。なお、Auめっき膜からなるパッド電極50をエッチングするためのエッチング液としては、ヨード液を用いることができる。その後、電子ビーム蒸着法によって、パッド電極50の上に、Ti膜とPt膜とAu膜との積層膜からなる第二P側電極42を形成する。このように、第一P側電極41及び第二P側電極42については、共振方向のほぼ全長にわたって形成されるが、パッド電極50については、端面10F及び10R付近には形成されない。

[0089] 続いて、図2及び図3に示されるように、基板21の下方の主面に、N側電極60を形成する。具体的には、基板21側から、AuGe膜、Ni膜、Au膜、Ti膜、Pt膜、及びAu膜を順に成膜することで、N側電極60を形成する。

[0090] その後、図示しないが、半導体積層体10Sが形成された基板21を、ブレードを用いたダイシング又は劈開等によってバー状に分離し、その後、さらに分離溝20tを切断部として切断することでチップ分離を行う。これにより、個片状の半導体レーザ素子10を製造することができる。

[0091] [4. 変形例]

変形例1～変形例8に係る半導体レーザ素子10について説明する。変形例1～変形例3に係る半導体レーザ素子は、実施の形態に係る半導体レーザ素子10と同様の半導体積層体10Sを有するが、半導体積層体10Sの一部の層構成が異なる。変形例4～変形例8に係る半導体レーザ素子は、半導体積層体10Sのリッジ部20r、ウイング部20w、及び底部20bの構

成において、実施の形態に係る半導体レーザ素子10と異なる。以下、変形例1～変形例8に係る半導体レーザ素子の構成のうち、実施の形態に係る半導体レーザ素子10と異なる構成を中心に説明する。

[0092] [4-1. 変形例1]

変形例1に係る半導体レーザ素子の構成について説明する。

[0093] 変形例1に係る半導体レーザ素子の第一N型組成傾斜層22bは、膜厚0.05 $\mu\text{m}$ のN型 $\text{Al}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}$ 層である。第一N型組成傾斜層22bのAl組成比 $x_1$ は、N型バッファ層22aとの界面付近において0.15であり、N型クラッド層22cとの界面付近において0.353であり、積層方向位置がN型クラッド層22cに近づくにしたがって大きくなる。

[0094] 変形例1に係る半導体レーザ素子のN型クラッド層22cは、膜厚2.40 $\mu\text{m}$ のN型 $\text{Al}_{0.353}\text{Ga}_{0.647}\text{As}$ 層である。

[0095] 変形例1に係る半導体レーザ素子の第二N型組成傾斜層22dは、膜厚0.03 $\mu\text{m}$ のN型 $\text{Al}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}$ 層である。第二N型組成傾斜層22dのAl組成比 $x_2$ は、N型クラッド層22cとの界面付近において0.353であり、活性層23との界面付近において0.323であり、積層方向位置が活性層23に近づくにしたがって小さくなる。

[0096] 変形例1に係る半導体レーザ素子のN型ガイド層23aは、膜厚0.95 $\mu\text{m}$ のN型 $\text{Al}_{0.323}\text{Ga}_{0.677}\text{As}$ 層である。

[0097] 変形例1に係る半導体レーザ素子の第二N側バリア層23bは、N型ガイド層23aの上方に配置されるN型層と、当該N型層の上方に配置されるアンドープ層とを有する。N型層は、膜厚0.0250 $\mu\text{m}$ のN型 $\text{Al}_{0.18}\text{Ga}_{0.82}\text{As}$ 層である。N型層には、不純物としてシリコンがドーピングされている。アンドープ層は、膜厚0.0065 $\mu\text{m}$ の $\text{Al}_{0.18}\text{Ga}_{0.82}\text{As}$ 層である。

[0098] 変形例1に係る半導体レーザ素子の第一N側バリア層23cは、膜厚0.0035 $\mu\text{m}$ のアンドープ $\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.55}\text{In}_{0.10}\text{As}$ 層である。

[0099] 変形例1に係る半導体レーザ素子の井戸層23dは、膜厚0.0060 $\mu$

mのアンドープ $\text{In}_{0.11}\text{Ga}_{0.89}\text{As}$ 層である。

- [0100] 変形例1に係る半導体レーザ素子の第一P側バリア層23eは、膜厚0.0035 $\mu\text{m}$ のアンドープ $\text{Al}_{0.35}\text{Ga}_{0.55}\text{In}_{0.10}\text{As}$ 層である。
- [0101] 変形例1に係る半導体レーザ素子の第二P側バリア層23fは、第一P側バリア層23eの上方に配置されるアンドープ層と、当該アンドープ層の上方に配置されるP型層とを有する。アンドープ層は、膜厚0.0065 $\mu\text{m}$ の $\text{Al}_{0.18}\text{Ga}_{0.82}\text{As}$ 層である。P型層は、膜厚0.025 $\mu\text{m}$ のP型 $\text{Al}_{0.18}\text{Ga}_{0.82}\text{As}$ 層である。P型層には、不純物として炭素(C)がドーピングされている。
- [0102] 変形例1に係る半導体レーザ素子のP型ガイド層23gは、膜厚0.1825 $\mu\text{m}$ のP型 $\text{Al}_{0.32}\text{Ga}_{0.68}\text{As}$ 層である。
- [0103] 変形例1に係る半導体レーザ素子の第一P型組成傾斜層24aは、膜厚0.05 $\mu\text{m}$ のP型 $\text{Al}_{y1}\text{Ga}_{1-y1}\text{As}$ 層である。第一P型組成傾斜層24aのAl組成比 $y1$ は、活性層23との界面付近において0.32であり、P型クラッド層24bとの界面付近において0.70であり、積層方向位置がP型クラッド層24bに近づくにしたがって大きくなる。
- [0104] 以上のような構成を有する変形例1に係る半導体レーザ素子においても、実施の形態に係る半導体レーザ素子10と同様の効果が奏される。変形例1に係る半導体レーザ素子によれば、波長915nm帯のレーザ光を得ることができる。
- [0105] [4-2. 変形例2]  
変形例2に係る半導体レーザ素子の構成について説明する。
- [0106] 変形例2に係る半導体レーザ素子のN型バッファ層22aは、膜厚0.10 $\mu\text{m}$ のN型GaAs層である。
- [0107] 変形例2に係る半導体レーザ素子の第一N型組成傾斜層22bは、膜厚0.05 $\mu\text{m}$ のN型 $\text{Al}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{As}$ 層である。第一N型組成傾斜層22bのAl組成比 $x1$ は、N型バッファ層22aとの界面付近において0.15であり、N型クラッド層22cとの界面付近において0.25であり、積層

方向位置がN型クラッド層22cに近づくにしたがって大きくなる。

- [0108] 変形例2に係る半導体レーザ素子のN型クラッド層22cは、膜厚1.80 $\mu\text{m}$ のN型 $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ 層である。
- [0109] 変形例2に係る半導体レーザ素子のN側半導体層22は、第二N型組成傾斜層22dを有さない。一方、変形例2に係る半導体レーザ素子の活性層23のN型ガイド層23aは、第三N型ガイド層、第三N型ガイド層の上方に配置される第二N型ガイド層、及び、第二N型ガイド層の上方に配置される第一N型ガイド層を有する。第三N型ガイド層は、膜厚0.20 $\mu\text{m}$ のN型 $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ 層である。第二N型ガイド層は、膜厚0.60 $\mu\text{m}$ のN型 $\text{Al}_{0.23}\text{Ga}_{0.77}\text{As}$ 層である。第一N型ガイド層は、膜厚0.46 $\mu\text{m}$ のN型 $\text{Al}_{0.21}\text{Ga}_{0.79}\text{As}$ 層である。
- [0110] 変形例2に係る半導体レーザ素子の第二N側バリア層23bは、N型ガイド層23aの上方に配置されるN型層と、当該N型層の上方に配置されるアンドープ層とを有する。N型層は、膜厚0.0268 $\mu\text{m}$ のN型 $\text{Al}_{0.16}\text{Ga}_{0.84}\text{As}$ 層である。N型層には、不純物としてシリコンがドーピングされている。アンドープ層は、膜厚0.0083 $\mu\text{m}$ の $\text{Al}_{0.16}\text{Ga}_{0.84}\text{As}$ 層である。
- [0111] 変形例2に係る半導体レーザ素子の第二P側バリア層23fは、膜厚0.0083 $\mu\text{m}$ の $\text{Al}_{0.16}\text{Ga}_{0.84}\text{As}$ 層である。
- [0112] 変形例2に係る半導体レーザ素子のP型ガイド層23gは、膜厚0.29 $\mu\text{m}$ のP型 $\text{Al}_{z_1}\text{Ga}_{1-z_1}\text{As}$ 層である。P型ガイド層23gのAl組成比 $x_1$ は、第二P側バリア層23fとの界面付近において0.19であり、P側半導体層24との界面付近において0.21であり、積層方向位置がP側半導体層24に近づくにしたがって大きくなる。
- [0113] 変形例2に係る半導体レーザ素子の第一P型組成傾斜層24aは、膜厚0.05 $\mu\text{m}$ のP型 $\text{Al}_{y_1}\text{Ga}_{1-y_1}\text{As}$ 層である。第一P型組成傾斜層24aのAl組成比 $y_1$ は、活性層23との界面付近において0.21であり、P型クラッド層24bとの界面付近において0.70であり、積層方向位置が

P型クラッド層24bに近づくにしがって大きくなる。

[0114] 変形例2に係る半導体レーザ素子のP型クラッド層24bは、膜厚0.70 $\mu\text{m}$ のP型Al<sub>0.70</sub>Ga<sub>0.30</sub>As層である。

[0115] 以上のような構成を有する変形例2に係る半導体レーザ素子においても、実施の形態に係る半導体レーザ素子10と同様の効果が奏される。

[0116] [4-3. 変形例3]

変形例3に係る半導体レーザ素子の構成について説明する。

[0117] 変形例3に係る半導体レーザ素子のN型バッファ層22aは、膜厚0.10 $\mu\text{m}$ のN型GaAs層である。

[0118] 変形例3に係る半導体レーザ素子の第一N型組成傾斜層22bは、膜厚0.05 $\mu\text{m}$ のN型Al<sub>x1</sub>Ga<sub>1-x1</sub>As層である。第一N型組成傾斜層22bのAl組成比x1は、N型バッファ層22aとの界面付近において0.15であり、N型クラッド層22cとの界面付近において0.24であり、積層方向位置がN型クラッド層22cに近づくにしがって大きくなる。

[0119] 変形例3に係る半導体レーザ素子のN型クラッド層22cは、膜厚1.80 $\mu\text{m}$ のN型Al<sub>0.24</sub>Ga<sub>0.76</sub>As層である。

[0120] 変形例3に係る半導体レーザ素子の第二N型組成傾斜層22dは、膜厚1.00 $\mu\text{m}$ のN型Al<sub>x2</sub>Ga<sub>1-x2</sub>As層である。第二N型組成傾斜層22dのAl組成比x2は、N型クラッド層22cとの界面付近において0.24であり、活性層23との界面付近において0.22であり、積層方向位置が活性層23に近づくにしがって小さくなる。

[0121] 変形例3に係る半導体レーザ素子のN型ガイド層23aは、第二N型ガイド層、及び、第二N型ガイド層の上方に配置される第一N型ガイド層を有する。第二N型ガイド層は、膜厚0.40 $\mu\text{m}$ のN型Al<sub>z2</sub>Ga<sub>1-z2</sub>As層である。第二N型ガイド層のAl組成比z2は、N側半導体層22との界面付近において0.22であり、第一N側ガイド層との界面付近において0.19であり、積層方向位置が第一N側ガイド層に近づくにしがって小さくなる。第一N型ガイド層は、膜厚0.09 $\mu\text{m}$ のN型Al<sub>0.19</sub>Ga<sub>0.81</sub>As層

である。

- [0122] 変形例3に係る半導体レーザ素子の第二N側バリア層23bは、N型ガイド層23aの上方に配置されるN型層と、当該N型層の上方に配置されるアンドープ層とを有する。N型層は、膜厚 $0.0268\mu\text{m}$ のN型 $\text{Al}_{0.16}\text{Ga}_{0.84}\text{As}$ 層である。N型層には、不純物としてシリコンがドーピングされている。アンドープ層は、膜厚 $0.0083\mu\text{m}$ の $\text{Al}_{0.16}\text{Ga}_{0.84}\text{As}$ 層である。
- [0123] 変形例3に係る半導体レーザ素子の第二P側バリア層23fは、膜厚 $0.0083\mu\text{m}$ の $\text{Al}_{0.16}\text{Ga}_{0.84}\text{As}$ 層である。
- [0124] 変形例3に係る半導体レーザ素子のP型ガイド層23gは、第一P型ガイド層、及び、第一P型ガイド層の上方に配置される第二P型ガイド層を有する。第一P型ガイド層は、膜厚 $0.01\mu\text{m}$ のP型 $\text{Al}_{0.19}\text{Ga}_{0.81}\text{As}$ 層である。第二P型ガイド層は、膜厚 $0.28\mu\text{m}$ のP型 $\text{Al}_{z1}\text{Ga}_{1-z1}\text{As}$ 層である。第二P型ガイド層のAl組成比 $z1$ は、第一P側ガイド層との界面付近において $0.19$ であり、P側半導体層24との界面付近において $0.21$ であり、積層方向位置がP側半導体層24に近づくにしたがって大きくなる。
- [0125] 変形例3に係る半導体レーザ素子の第一P型組成傾斜層24aは、膜厚 $0.05\mu\text{m}$ のP型 $\text{Al}_{y1}\text{Ga}_{1-y1}\text{As}$ 層である。第一P型組成傾斜層24aのAl組成比 $y1$ は、活性層23との界面付近において $0.21$ であり、P型クラッド層24bとの界面付近において $0.70$ であり、積層方向位置がP型クラッド層24bに近づくにしたがって大きくなる。
- [0126] 変形例3に係る半導体レーザ素子のP型クラッド層24bは、膜厚 $0.70\mu\text{m}$ のP型 $\text{Al}_{0.70}\text{Ga}_{0.30}\text{As}$ 層である。
- [0127] 以上のような構成を有する変形例3に係る半導体レーザ素子においても、実施の形態に係る半導体レーザ素子10と同様の効果が奏される。
- [0128] [4-4. 変形例4]  
変形例4に係る半導体レーザ素子について図24を用いて説明する。図2

4は、変形例4に係る半導体レーザ素子110の全体構成を示す模式的な平面図である。図24に示されるように、変形例4に係る半導体レーザ素子110は、ウイング部20wを有さない点において、実施の形態に係る半導体レーザ素子10と相違する。実施の形態に係る半導体レーザ素子10においてウイング部20wが配置されている領域は、変形例4に係る半導体レーザ素子では、底部20bに代えられている。

[0129] 以上のような構成を有する変形例4に係る半導体レーザ素子110においても、ウイング部20wによる効果を除いては、実施の形態に係る半導体レーザ素子10と同様の効果が奏される。

[0130] [4-5. 変形例5]

変形例5に係る半導体レーザ素子について図25を用いて説明する。図25は、変形例5に係る半導体レーザ素子210の全体構成を示す模式的な平面図である。図25に示されるように、変形例5に係る半導体レーザ素子210は、ウイング部20wの横方向における外側に底部20bを有する点において、実施の形態に係る半導体レーザ素子10と相違する。

[0131] 以上のような構成を有する変形例5に係る半導体レーザ素子210においても、実施の形態に係る半導体レーザ素子10と同様の効果が奏される。さらに、変形例5に係る半導体レーザ素子210によれば、ウイング部20wの横方向の両側に底部20bが配置されることで、絶縁膜30の半導体積層体10Sとの密着性を高めることができる。

[0132] [4-6. 変形例6]

変形例6に係る半導体レーザ素子について図26を用いて説明する。図26は、変形例6に係る半導体レーザ素子310の全体構成を示す模式的な平面図である。図26に示されるように、変形例6に係る半導体レーザ素子310においては、底部20bはウイング部20wの周囲を取り囲む。つまり、ウイング部20wの横方向における外側、及び、ウイング部20wと端面10F及び10Rとの間に底部20bが配置される。変形例6では、ウイング部20wは、端面10F及び10Rから離間している。また、ウイング部

20wから端面10F及び10Rまでの各距離は、リッジ部20rから端面10F及び10Rまでの各距離より大きくてもよい。

[0133] 以上のような構成を有する変形例6に係る半導体レーザ素子310においても、実施の形態に係る半導体レーザ素子10と同様の効果が奏される。さらに、変形例6に係る半導体レーザ素子310によれば、ウイング部20wの周囲に底部20bが配置されることで、絶縁膜30の半導体積層体10Sとの密着性を高めることができる。

[0134] [4-7. 変形例7]

変形例7に係る半導体レーザ素子について図27を用いて説明する。図27は、変形例7に係る半導体レーザ素子410の全体構成を示す模式的な平面図である。変形例7に係る半導体レーザ素子410は、リッジ部20rと、端面10F及び10Rとの間の各々に、ダミーリッジ部420rが配置されている点において、実施の形態に係る半導体レーザ素子10と相違する。ダミーリッジ部420rは、リッジ部20rと同様に底部20bから上方に向かって突出する部分である。ダミーリッジ部420rは、底部20bを介してリッジ部20rと隣り合う。変形例7では、ダミーリッジ部420rの底部20bからの高さは、リッジ部20rの底部20bからの高さと同じ。また、ダミーリッジ部420rの幅（つまり、X軸方向の寸法）は、リッジ部20rの幅と等しく、上面視において矩形状の形状を有する。ダミーリッジ部420rは、端面10F又は10Rと接する。

[0135] 以上のような構成を有する変形例7に係る半導体レーザ素子410においても、実施の形態に係る半導体レーザ素子10と同様の効果が奏される。さらに、変形例7に係る半導体レーザ素子によれば、ダミーリッジ部420rを備えることで、例えば、半導体レーザ素子10を実装する際に、半導体レーザ素子410に加わる応力がダミーリッジ部420rに分散されるため、応力がリッジ部20rだけに集中することを抑制できる。したがって、リッジ部20rがダメージを受けることを抑制できる。また、底部20bにAlGaAs層が露出している場合には、絶縁膜30と底部20bとの密着性が

よくないため、絶縁膜30が底部20bと接する領域において絶縁膜30の剥がれが発生しやすい。変形例7に係る半導体レーザ素子410によれば、端面10F及び10Rとリッジ部20rとの間のAlGaAs層が露出した領域の一部をGaAsからなるダミーリッジ部420rに置き換えることができるため、絶縁膜30と半導体積層体10Sとの密着性を高めることができる。

[0136] [4-8. 変形例8]

変形例8に係る半導体レーザ素子について図28及び図29を用いて説明する。図28及び図29は、それぞれ、変形例8に係る半導体レーザ素子510の全体構成を示す模式的な平面図及び断面図である。図29には、図28の端面10F付近のXX'X-X'X線における断面が示されている。図28及び図29に示されるように、変形例8に係る半導体レーザ素子510は、リッジ部20rと、端面10F及び10Rとの間の各々に、変形例7と同様にダミーリッジ部520rが配置されている点において、実施の形態に係る半導体レーザ素子10と相違する。また変形例8に係るダミーリッジ部520rは、ウイング部20wと一体化されている。言い換えると、変形例7に係るダミーリッジ部420rとウイング部20wとの間の底部20bの端面10F及び10Rに隣接する領域がダミーリッジ部520rに置き換えられている。つまり、底部20bは端面10F及び10Rと接しない(図29参照)。

[0137] 以上のような構成を有する変形例8に係る半導体レーザ素子においても、実施の形態に係る半導体レーザ素子10と同様の効果が奏される。さらに、変形例8に係る半導体レーザ素子によれば、ダミーリッジ部520rを備えることで、例えば、半導体レーザ素子10を実装する際に、半導体レーザ素子510に加わる応力がダミーリッジ部520rに分散されるため、応力がリッジ部20rだけに集中することを抑制できる。したがって、リッジ部20rがダメージを受けることを抑制できる。また、底部20bにAlGaAs層が露出している場合には、絶縁膜30と底部20bとの密着性がよくな

いため、絶縁膜30が底部20bと接する領域において絶縁膜30の剥がれが発生しやすい。変形例7に係る半導体レーザ素子410によれば、端面10F及び10Rとリッジ部20rとの間のAlGaAs層が露出した領域の一部をGaAsからなるダミーリッジ部520rに置き換えることができるため、絶縁膜30と半導体積層体10Sとの密着性を高めることができる。さらに、変形例8に係る半導体レーザ素子510では、底部20bが端面10F及び10Rと接しないため、密着性のよくない絶縁膜30と底部20bとの密着面が端面10F及び10Rから露出されない。したがって、絶縁膜30の剥がれをより一層抑制できる。

[0138] (変形例など)

以上、本開示に係る半導体レーザ素子について、各実施の形態に基づいて説明したが、本開示は、上記各実施の形態に限定されるものではない。

[0139] 例えば、上記変形例1～変形例8において、底部20bの活性層23の上面から距離D<sub>b</sub>は、P側半導体層24の膜厚以上であってもよいし、P側半導体層24の膜厚未満であってもよい。つまり、底部20bには、P型コンタクト層25が露出しているてもよいし、P側半導体層24が露出しているてもよい。

[0140] また、上記各実施の形態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の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。

### 産業上の利用可能性

[0141] 本開示の半導体レーザ素子などは、例えば、高効率な光源として加工機用の光源などに適用できる。

### 符号の説明

[0142] 10、110、210、310、410、510 半導体レーザ素子  
10F、10R 端面  
10S 半導体積層体

- 1 0 w 窓領域
- 2 0 b 底部
- 2 0 r リッジ部
- 2 0 t 分離溝
- 2 0 w ウイング部
- 2 1 基板
- 2 2 N側半導体層
  - 2 2 a N型バッファ層
  - 2 2 b 第一N型組成傾斜層
  - 2 2 c N型クラッド層
  - 2 2 d 第二N型組成傾斜層
- 2 3 活性層
  - 2 3 a N型ガイド層
  - 2 3 b 第二N側バリア層
  - 2 3 c 第一N側バリア層
  - 2 3 d 井戸層
  - 2 3 e 第一P側バリア層
  - 2 3 f 第二P側バリア層
  - 2 3 g P型ガイド層
- 2 4 P側半導体層
  - 2 4 a 第一P型組成傾斜層
  - 2 4 b P型クラッド層
  - 2 4 c 第二P型組成傾斜層
- 2 5 P型コンタクト層
  - 2 5 a 電流注入窓
- 3 0 絶縁膜
  - 3 0 a 開口部
- 4 1 第一P側電極

- 4 2 第二P側電極
- 5 0 パッド電極
- 6 0 N側電極
- 7 1 第一端面コート膜
- 7 2 第二端面コート膜
- 4 2 0 r、5 2 0 r ダミーリッジ部

## 請求の範囲

- [請求項1] マルチ横モードのレーザ光を出射する半導体レーザ素子であって、  
基板と、  
前記基板の上方に配置される半導体積層体とを備え、  
前記半導体積層体は、  
前記基板の上方に配置されるN側半導体層と、  
前記N側半導体層の上方に配置される活性層と、  
前記活性層の上方に配置されるP側半導体層と、  
前記P側半導体層の上方に配置されるP型コンタクト層とを有し、  
前記半導体積層体は、互いに対向する二つの端面を有し、  
前記レーザ光は、前記二つの端面の間で共振し、  
前記半導体積層体は、前記レーザ光の共振方向に延在するリッジ部と、前記半導体積層体の上面の一部であって、前記半導体積層体の上面視において、前記リッジ部の周囲を取り囲む底部とを有し、  
前記リッジ部は、前記底部から上方に向かって突出し、  
前記リッジ部は、前記二つの端面から離間し、  
前記リッジ部は、前記P型コンタクト層の少なくとも一部を含み、  
前記半導体積層体の上面のうち、前記リッジ部上だけに、電流が注入される領域である電流注入窓が形成され、  
前記活性層の上面から前記底部までの距離は、一様である  
半導体レーザ素子。
- [請求項2] 前記底部には、前記P側半導体層が露出している  
請求項1に記載の半導体レーザ素子。
- [請求項3] マルチ横モードのレーザ光を出射する半導体レーザ素子であって、  
基板と、  
前記基板の上方に配置される半導体積層体とを備え、  
前記半導体積層体は、  
前記基板の上方に配置されるN側半導体層と、

前記N側半導体層の上方に配置される活性層と、  
前記活性層の上方に配置されるP側半導体層と、  
前記P側半導体層の上方に配置されるP型コンタクト層とを有し、  
前記半導体積層体は、互いに対向する二つの端面を有し、  
前記レーザ光は、前記二つの端面の間で共振し、  
前記半導体積層体は、前記レーザ光の共振方向に延在するリッジ部  
と、前記半導体積層体の上面の一部であって、前記半導体積層体の上  
面視において、前記リッジ部の周囲を取り囲む底部と、を有し、  
前記リッジ部は、前記底部から上方に向かって突出し、  
前記リッジ部は、前記二つの端面から離間し、  
前記リッジ部は、前記P型コンタクト層の少なくとも一部を含み、  
前記半導体積層体の上面のうち、前記リッジ部上だけに、電流が注  
入される領域である電流注入窓が形成され、  
前記底部には、前記P型コンタクト層が露出している  
半導体レーザ素子。

## [請求項4]

前記半導体積層体は、前記P型コンタクト層の一部を含み、かつ、  
前記共振方向に延在する二つのウイング部を有し、  
前記リッジ部の少なくとも一部は、前記半導体積層体の上面視にお  
いて、前記二つのウイング部の間に配置され、  
前記二つのウイング部の各々は、前記底部を介して前記リッジ部と  
隣り合い、  
前記二つのウイング部は、前記底部から上方に向かって突出し、  
前記二つのウイング部の前記底部からの高さは、前記リッジ部の前  
記底部からの高さと同じ  
請求項1～3のいずれか1項に記載の半導体レーザ素子。

## [請求項5]

前記二つのウイング部の各々は、前記二つの端面まで延在する  
請求項4に記載の半導体レーザ素子。

## [請求項6]

前記半導体積層体は、前記二つの端面のうち前記レーザ光を出射す

る端面であるフロント端面に隣接する窓領域を有し、

前記窓領域における前記活性層のバンドギャップエネルギーは、前記窓領域以外の領域における前記活性層のバンドギャップエネルギーより大きい

請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ素子。

[請求項7] 前記窓領域以外の領域における前記活性層は、量子井戸構造を有する

請求項 6 に記載の半導体レーザ素子。

[請求項8] 前記窓領域は、前記フロント端面に接し、

前記窓領域の前記共振方向の長さは、前記フロント端面と前記リッジ部との間に位置する前記底部の前記共振方向の長さより小さい

請求項 6 又は 7 に記載の半導体レーザ素子。

[請求項9] 前記半導体積層体の上方に配置される絶縁膜をさらに備え、

前記絶縁膜は、前記電流注入窓に対応する領域に開口部を有する

請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ素子。

[請求項10] 前記底部における酸素濃度は、前記半導体積層体の内部の酸素濃度より高い

請求項 1 ～ 9 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ素子。

[請求項11] 前記 P 型コンタクト層に接する P 側電極と、前記 P 側電極の上方に配置されるパッド電極とをさらに備え、

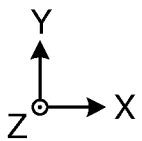
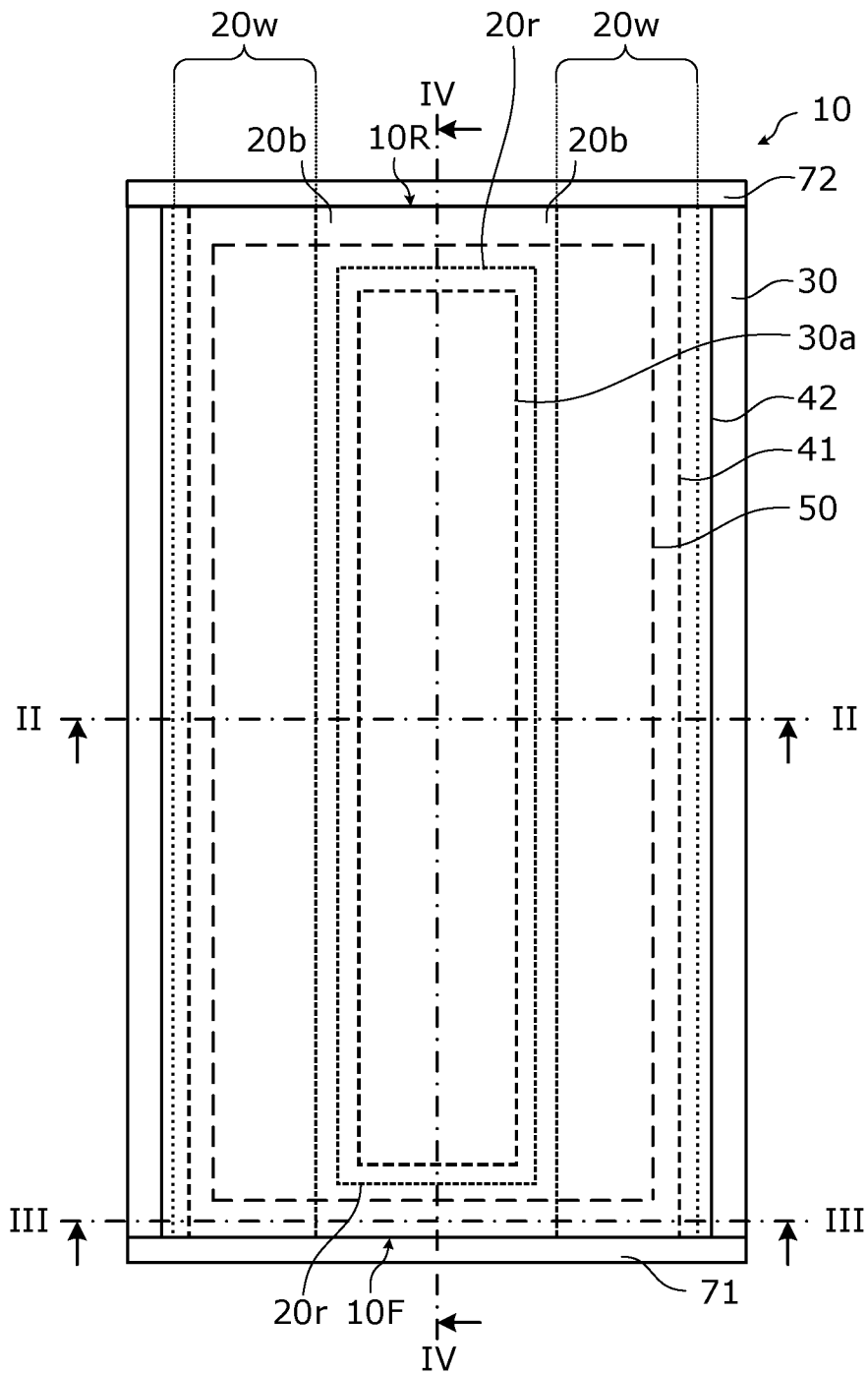
前記パッド電極の前記共振方向の両端は、それぞれ前記二つの端面と前記リッジ部との間に位置する

請求項 1 ～ 10 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ素子。

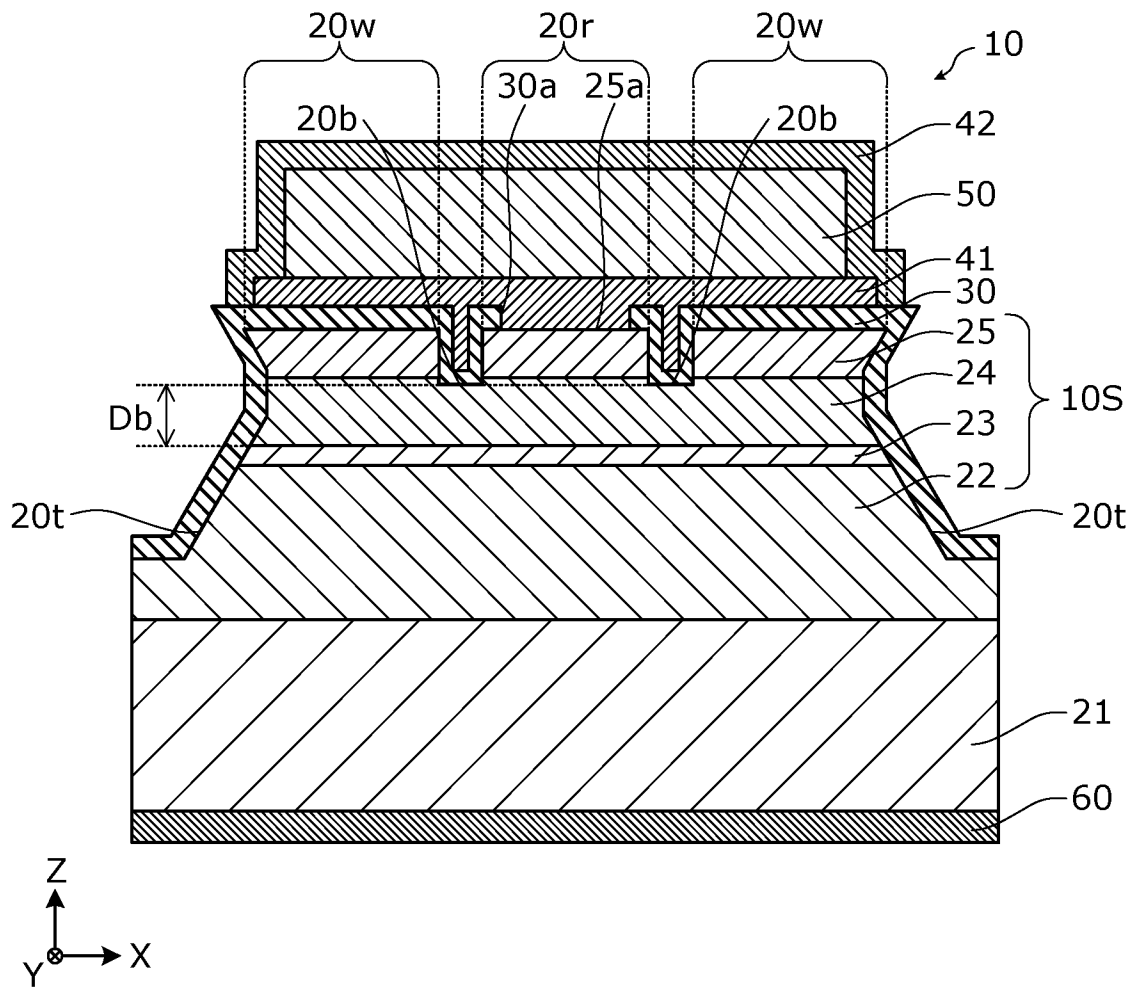
[請求項12] 前記半導体レーザ素子の導波特性は、利得導波型である

請求項 1 ～ 11 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ素子。

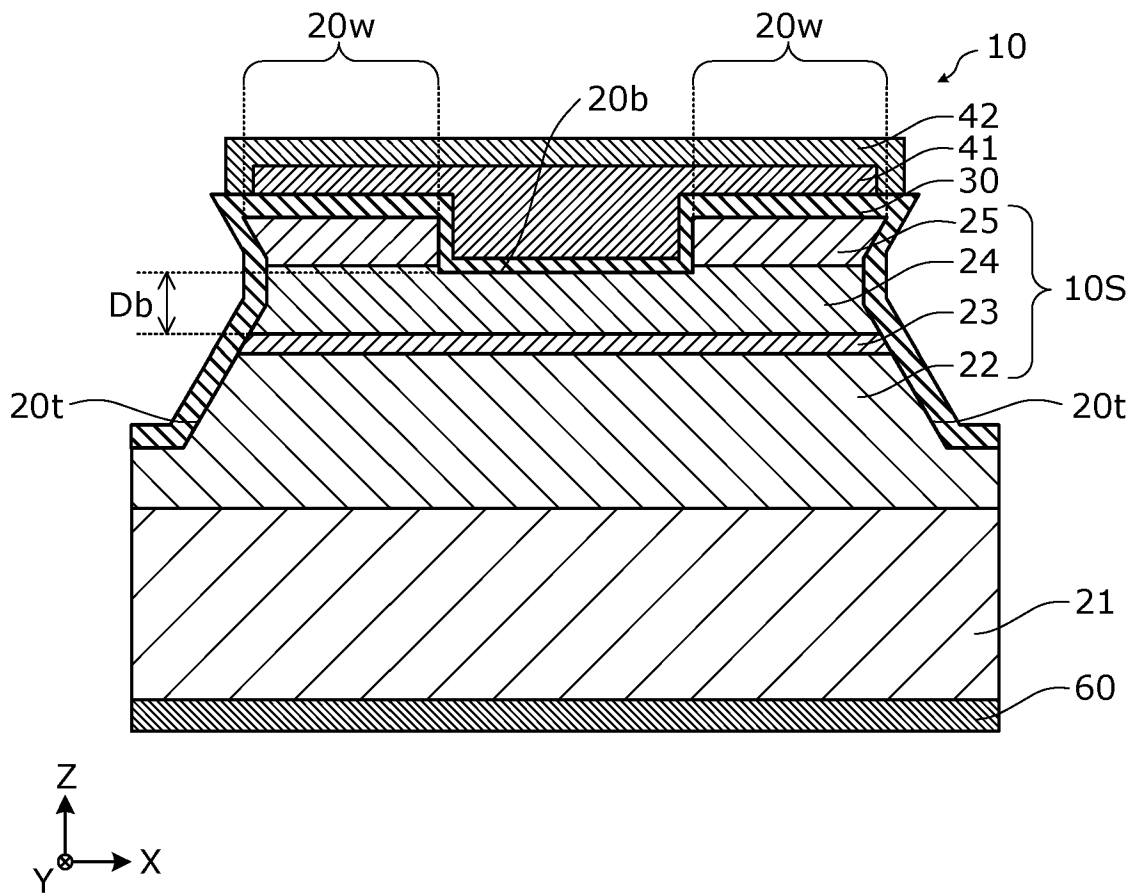
[図1]



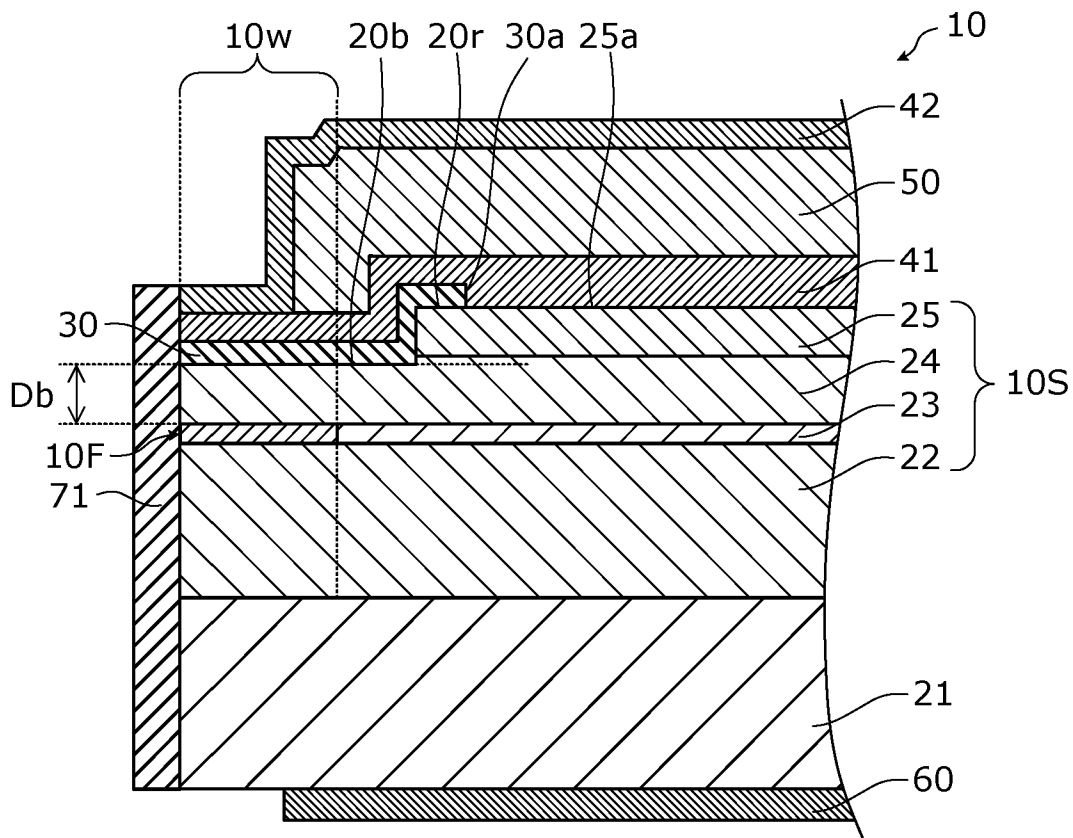
[図2]



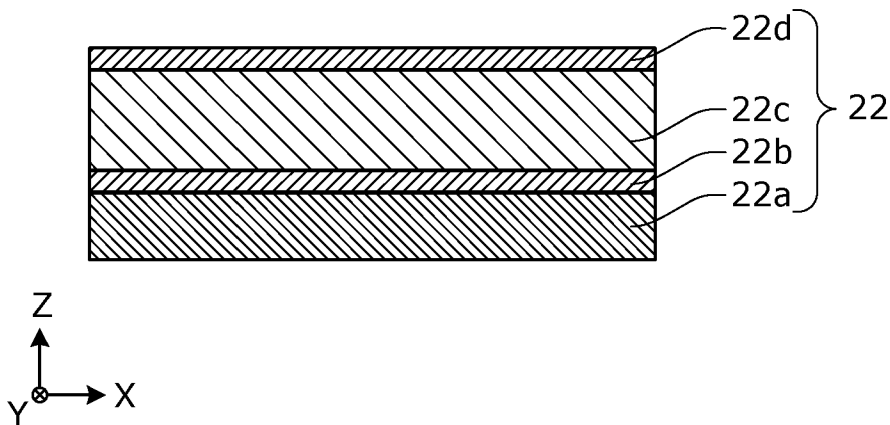
[図3]



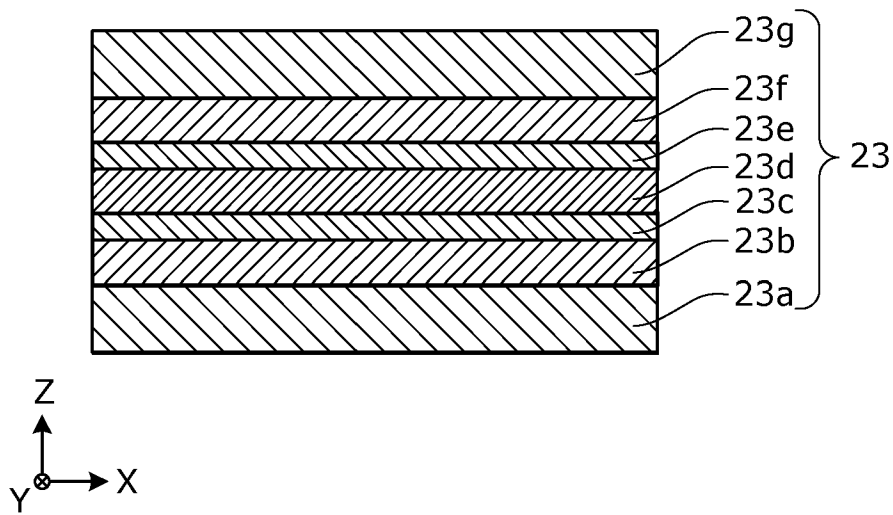
[図4]



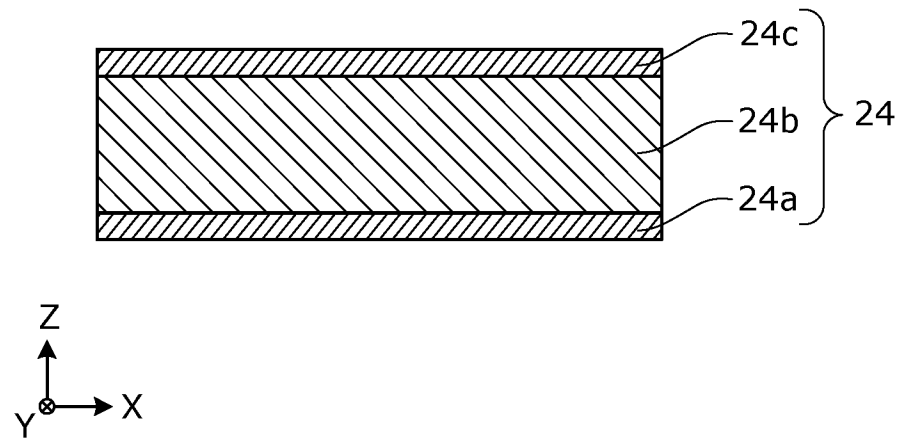
[図5]



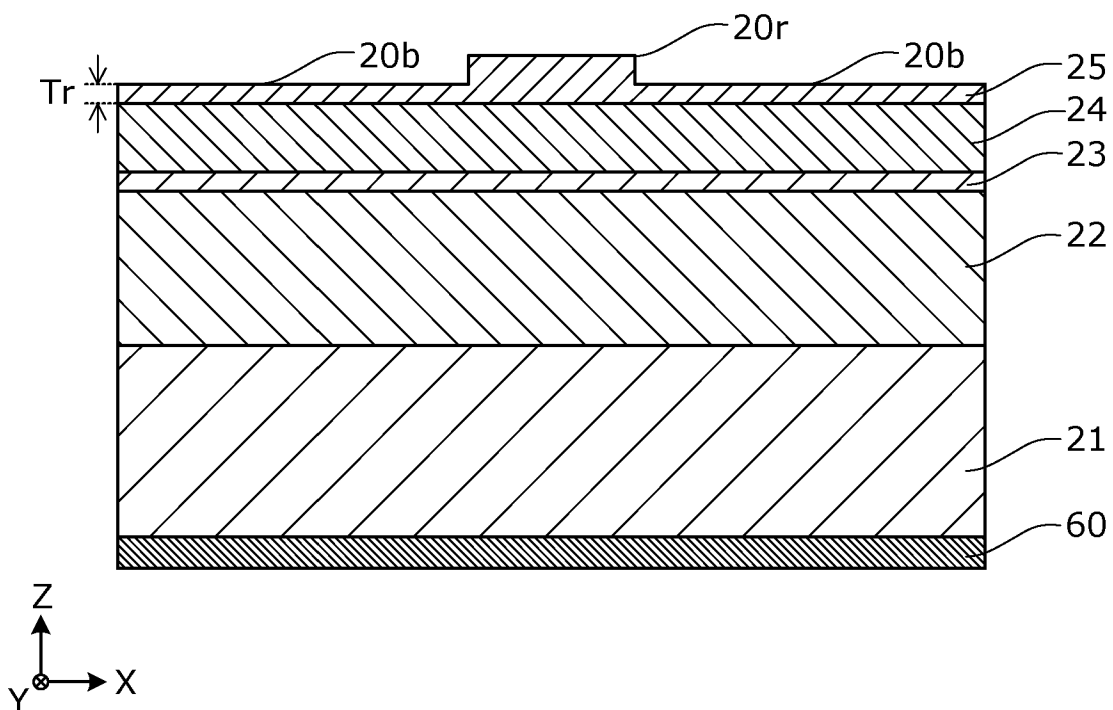
[図6]



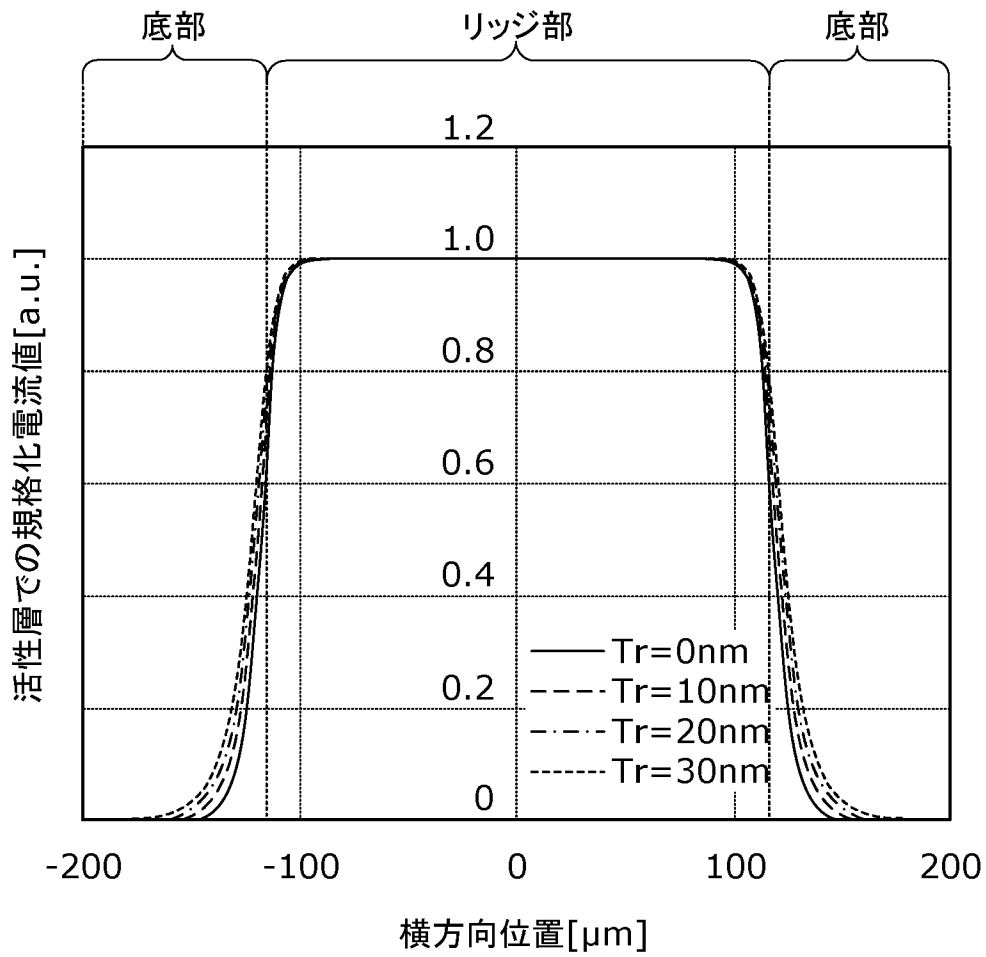
[図7]



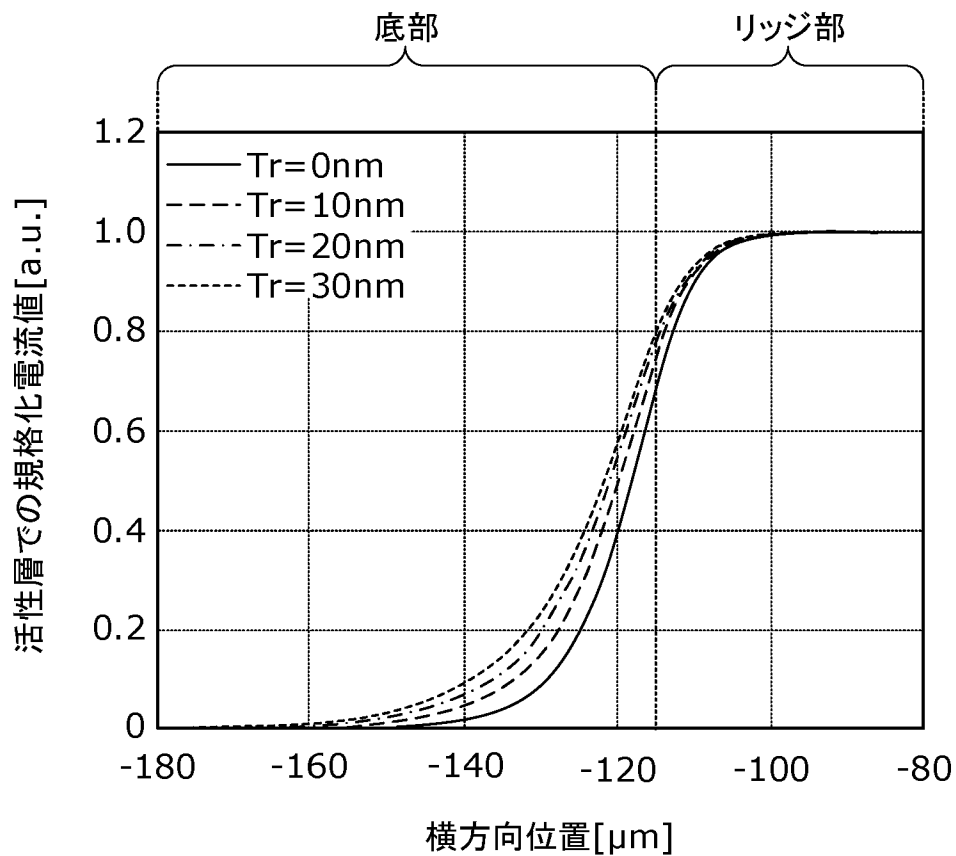
[図8]



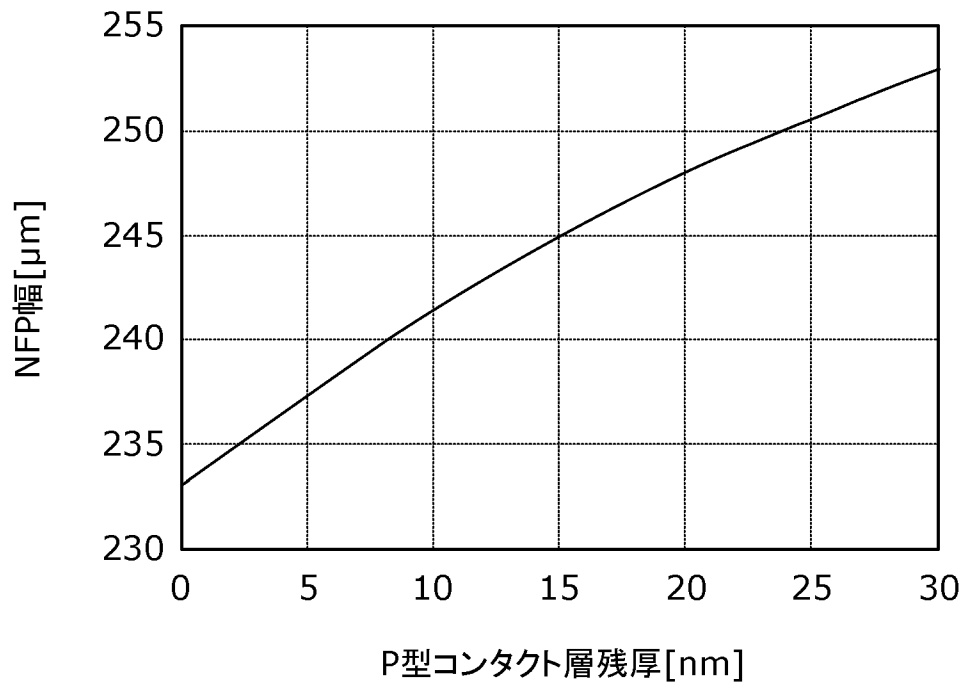
[図9]



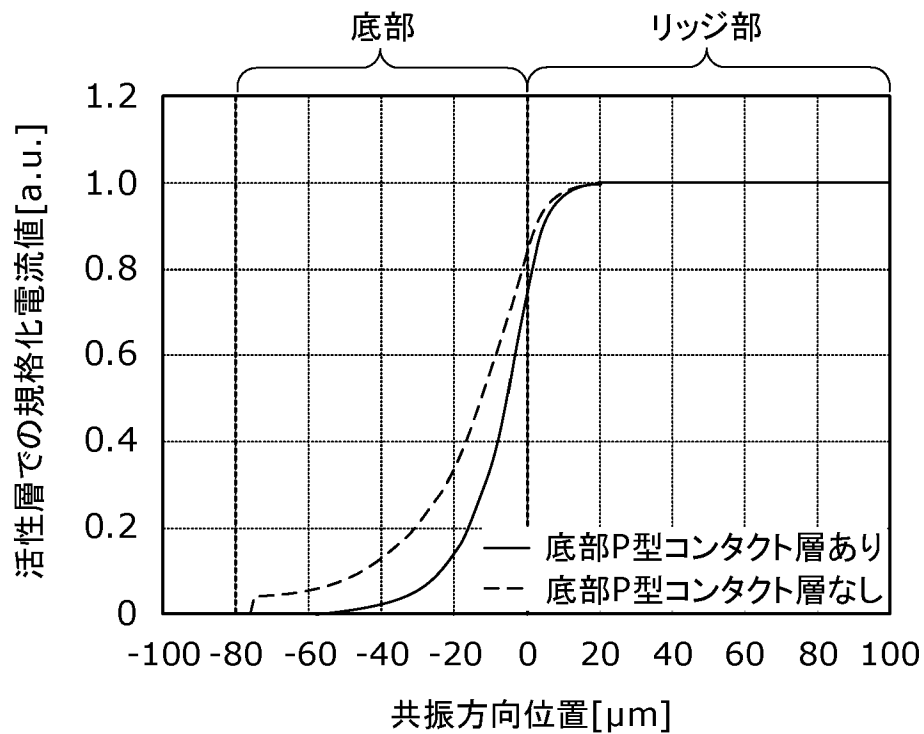
[図10]



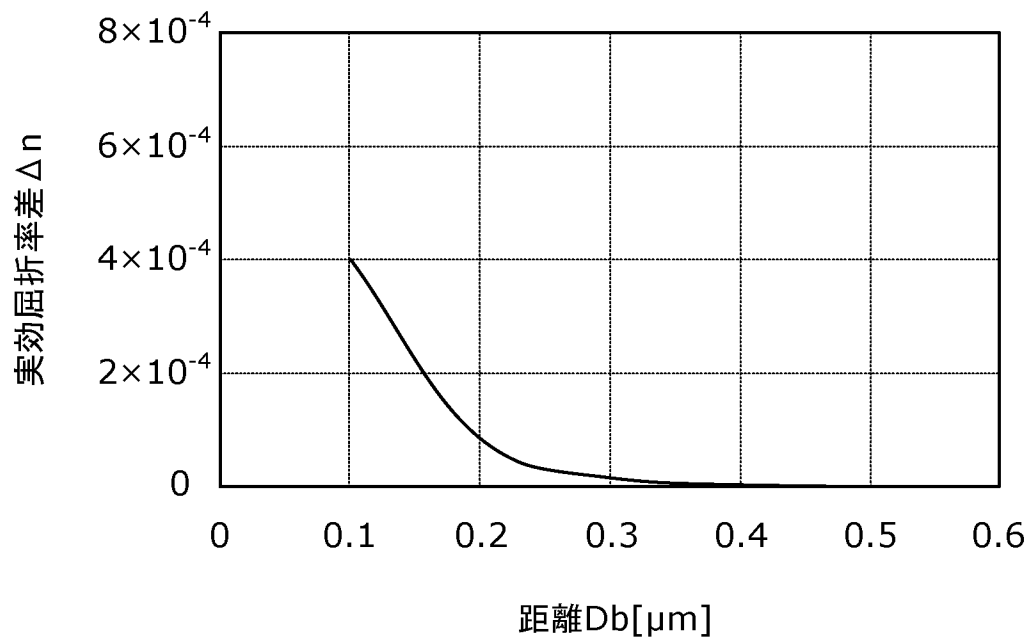
[図11]



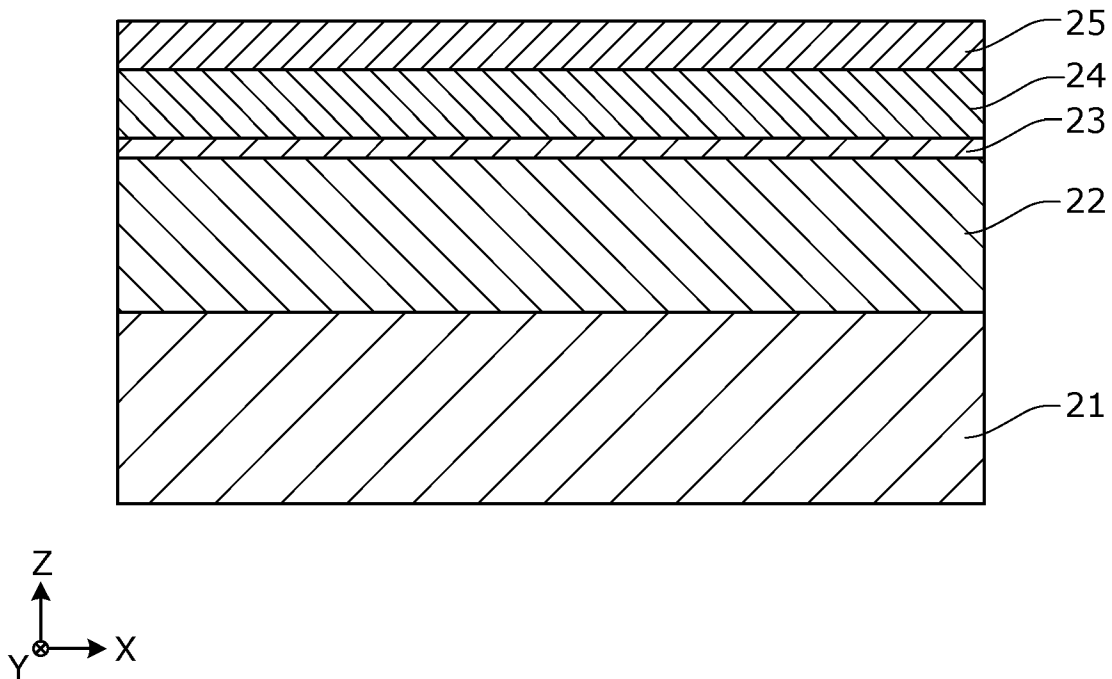
[図12]



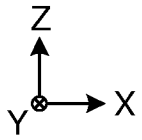
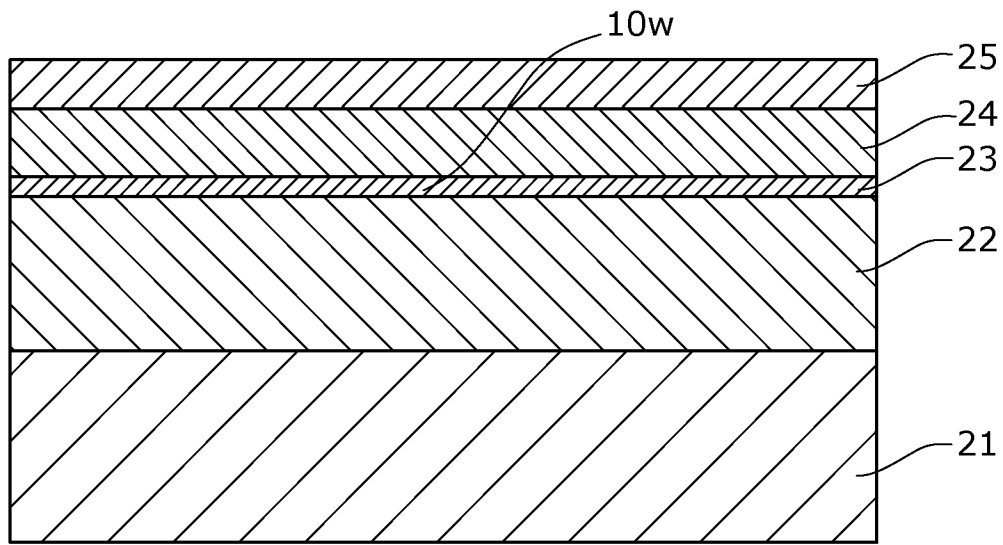
[圖13]



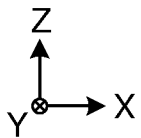
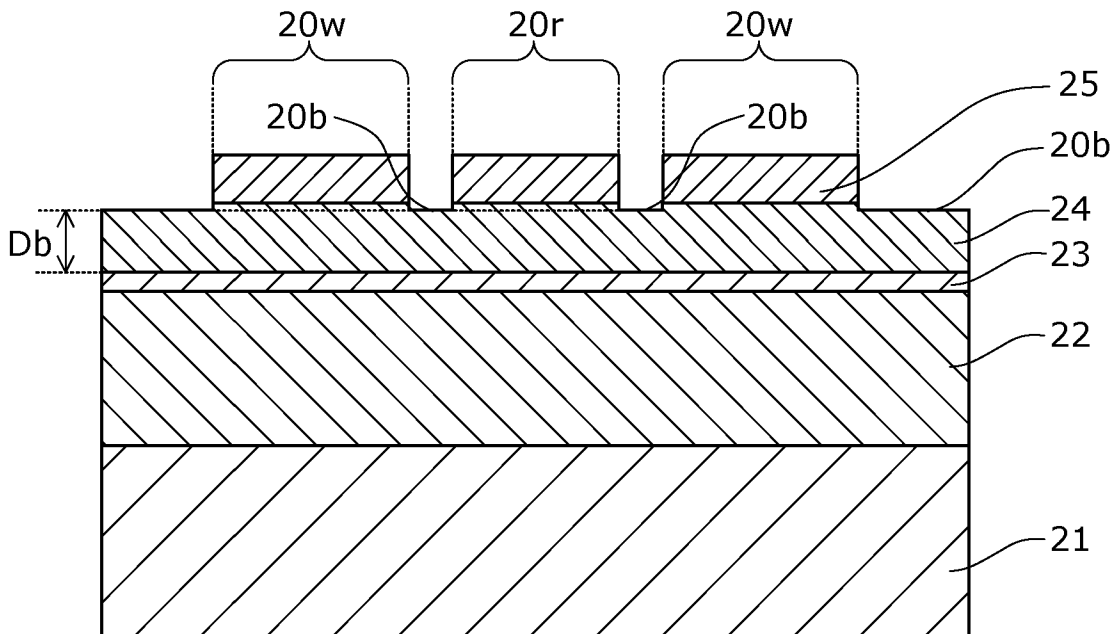
[圖14]



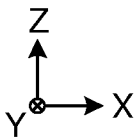
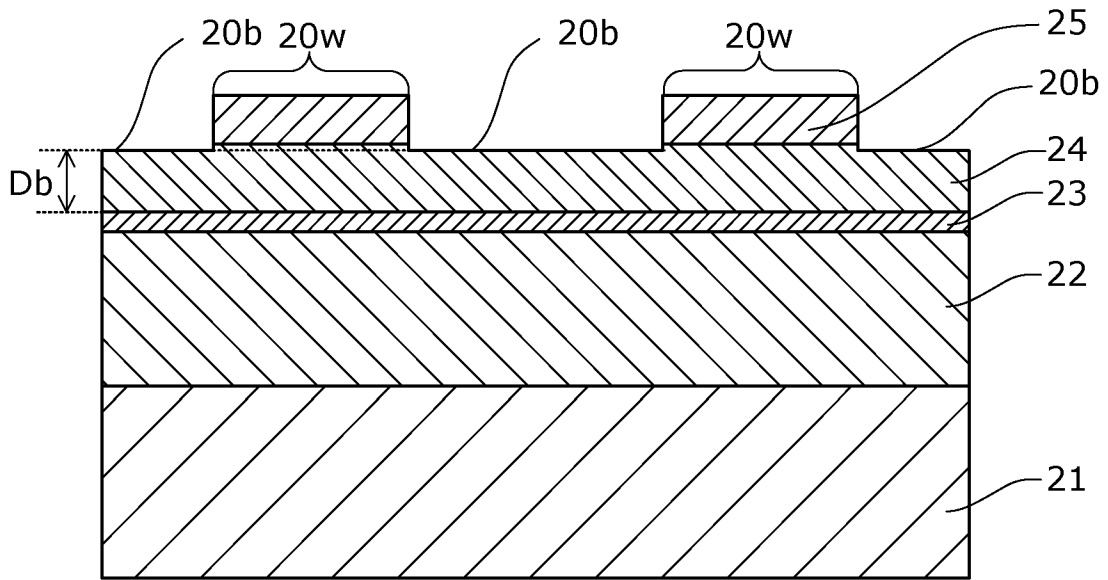
[図15]



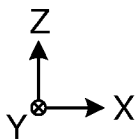
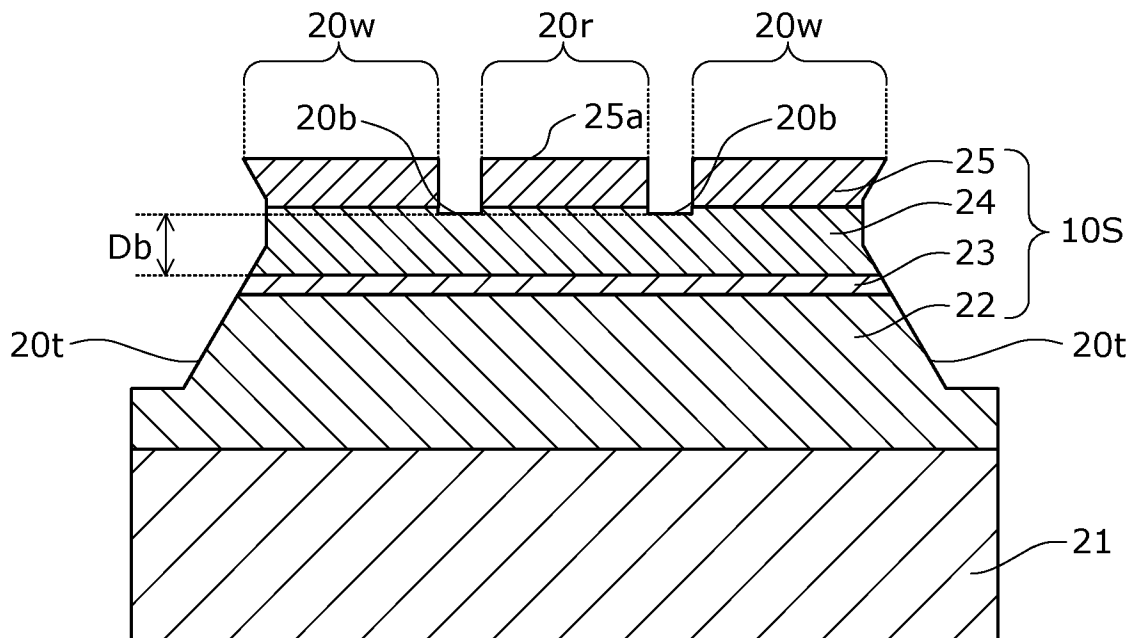
[図16]



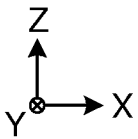
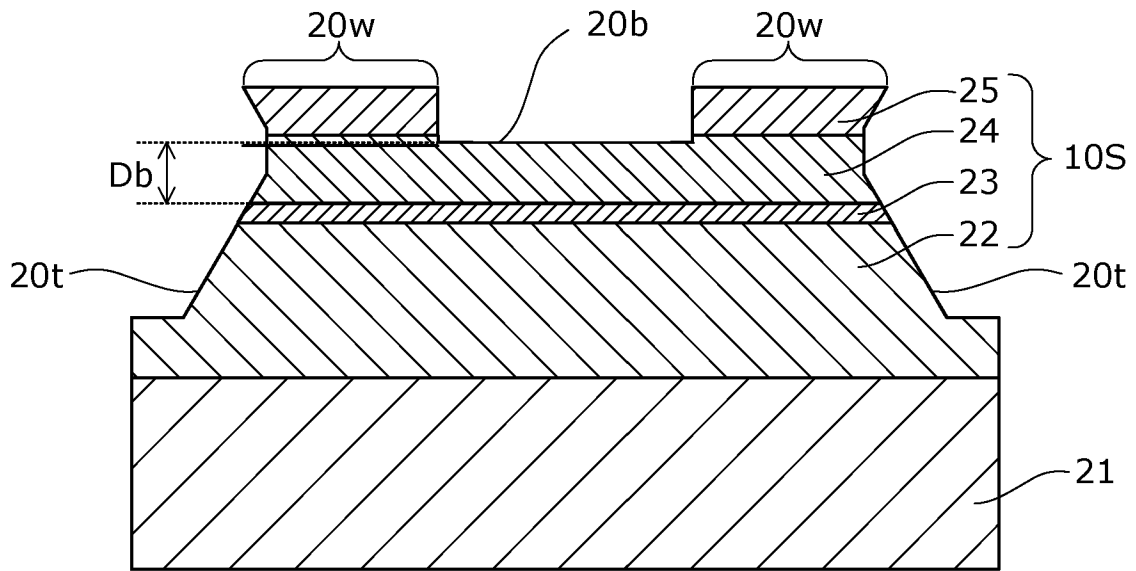
[図17]



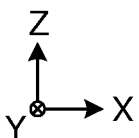
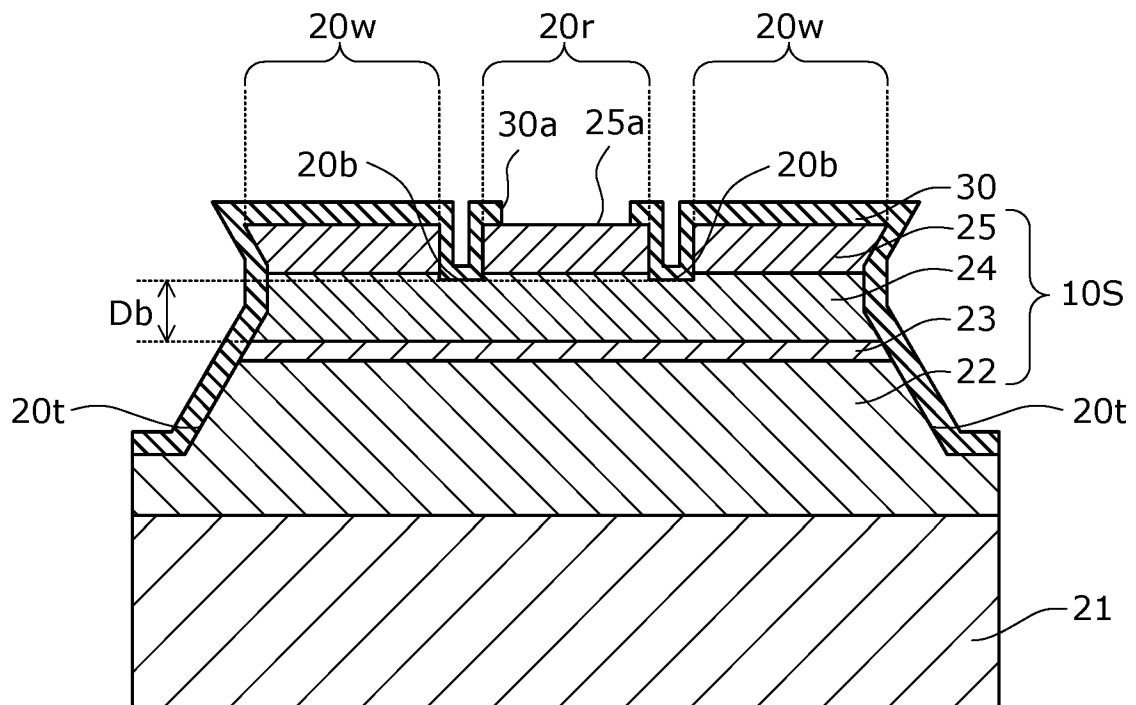
[図18]



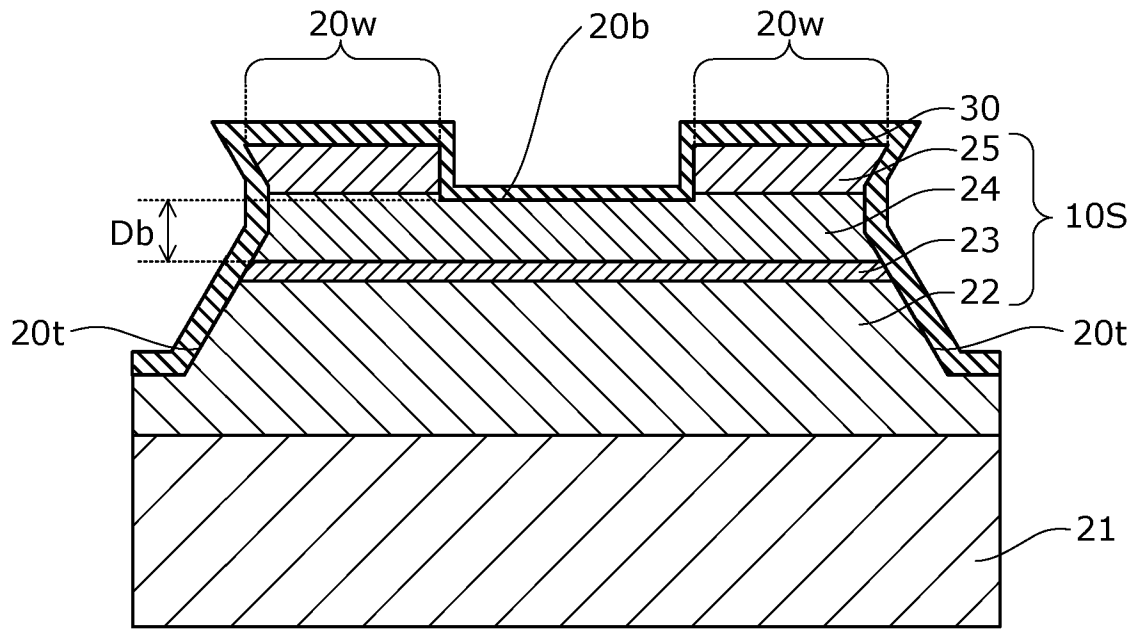
[図19]



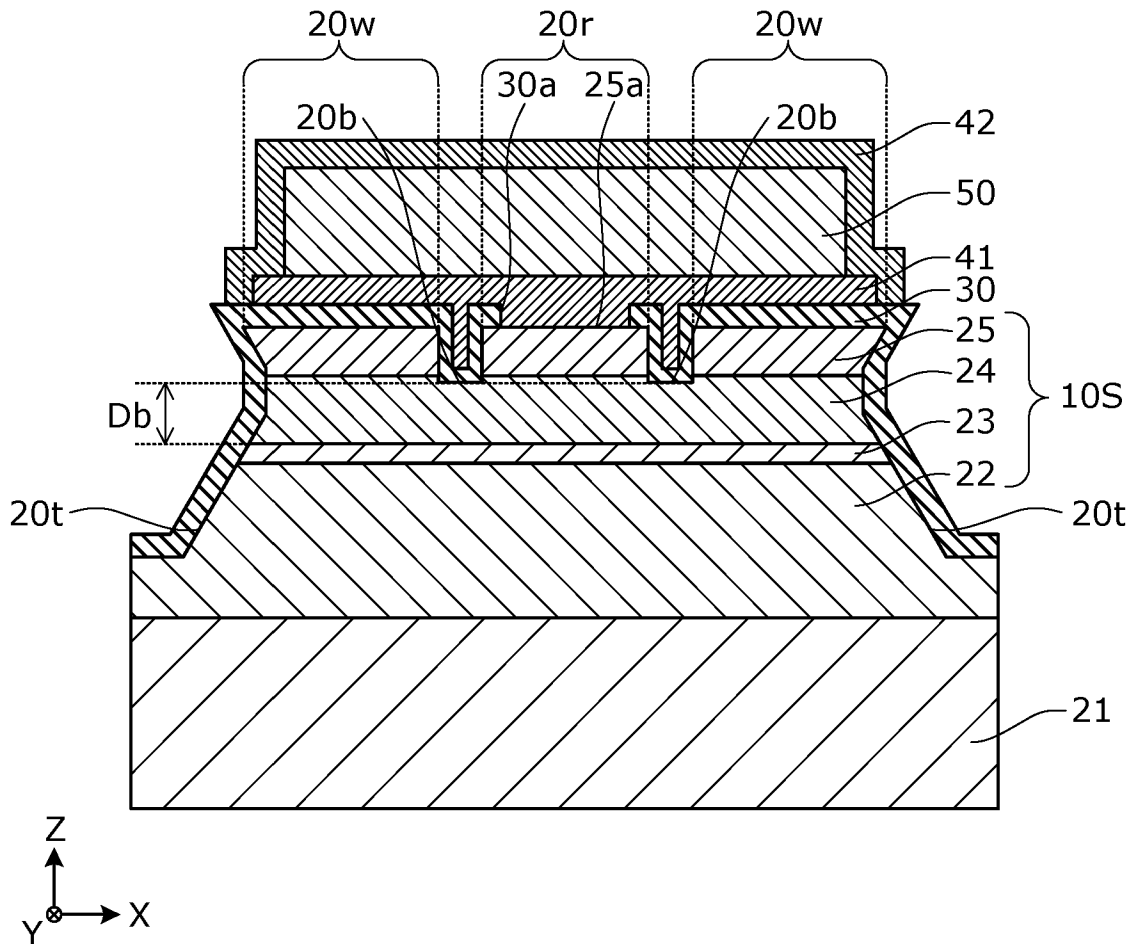
[図20]



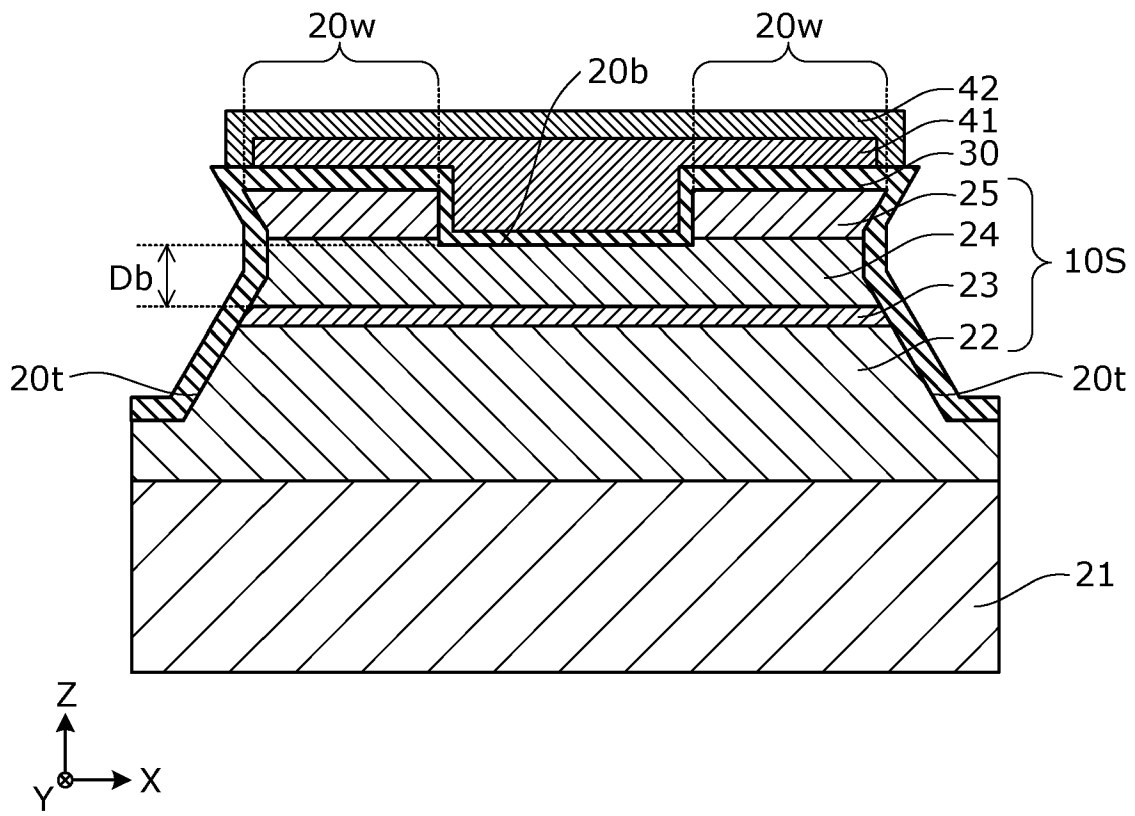
[図21]



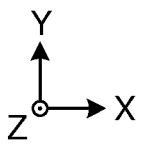
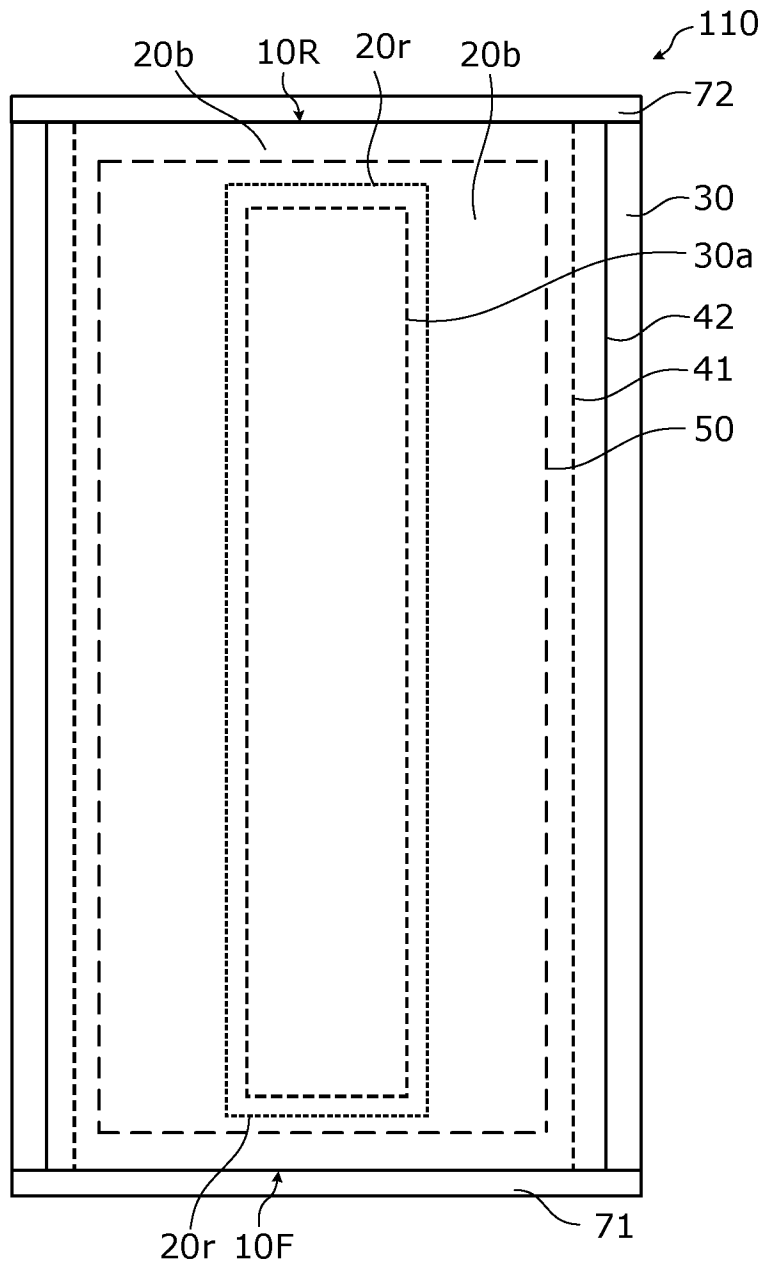
[図22]



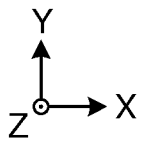
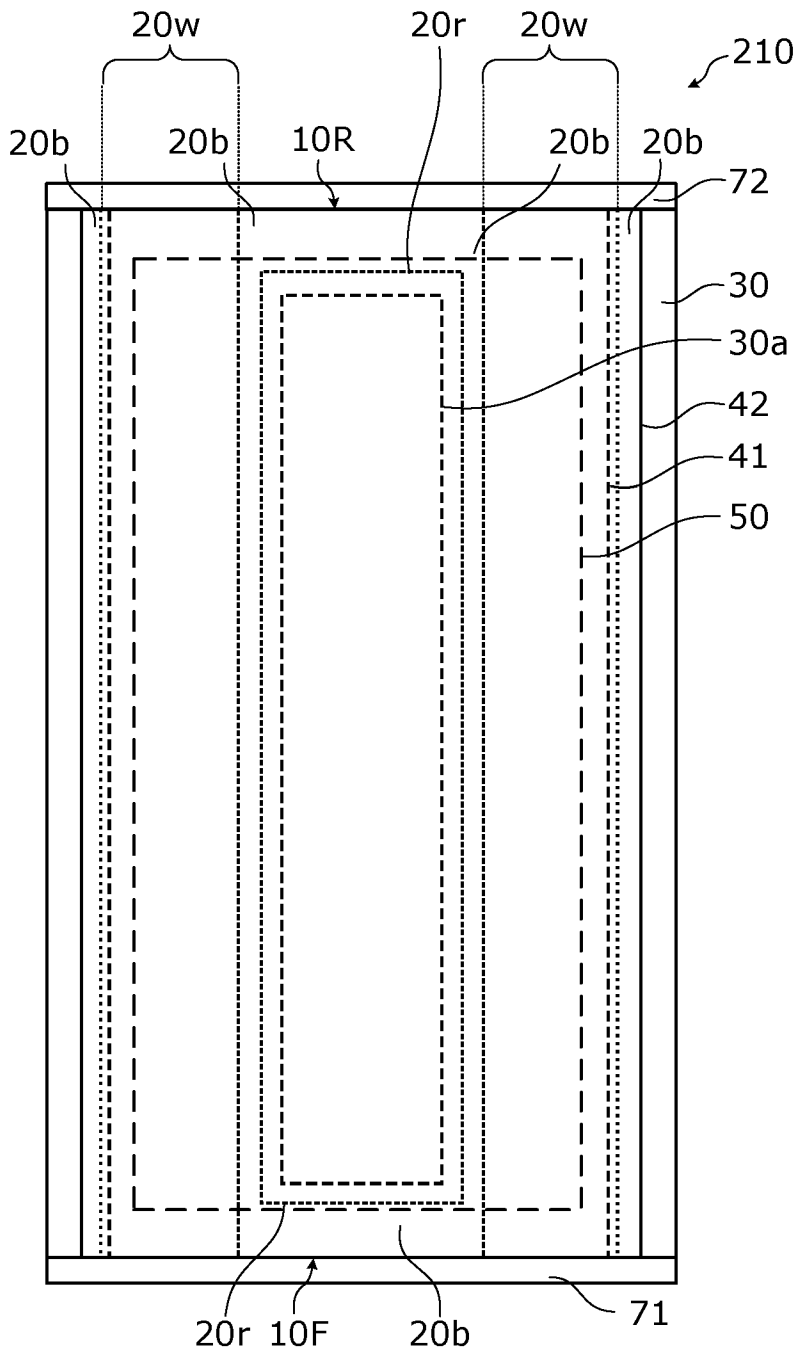
[図23]



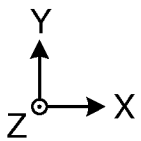
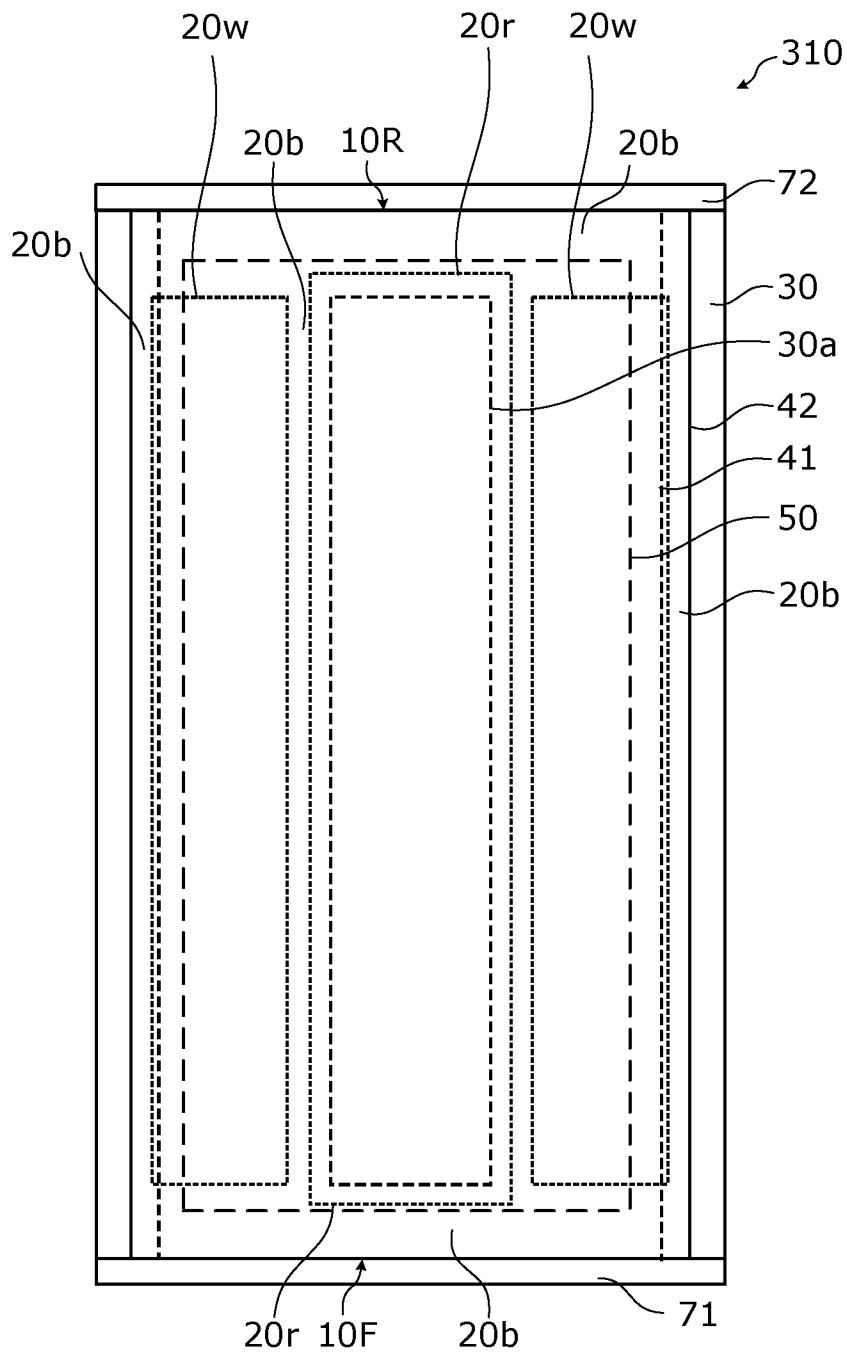
[図24]



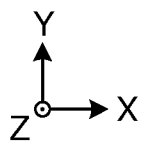
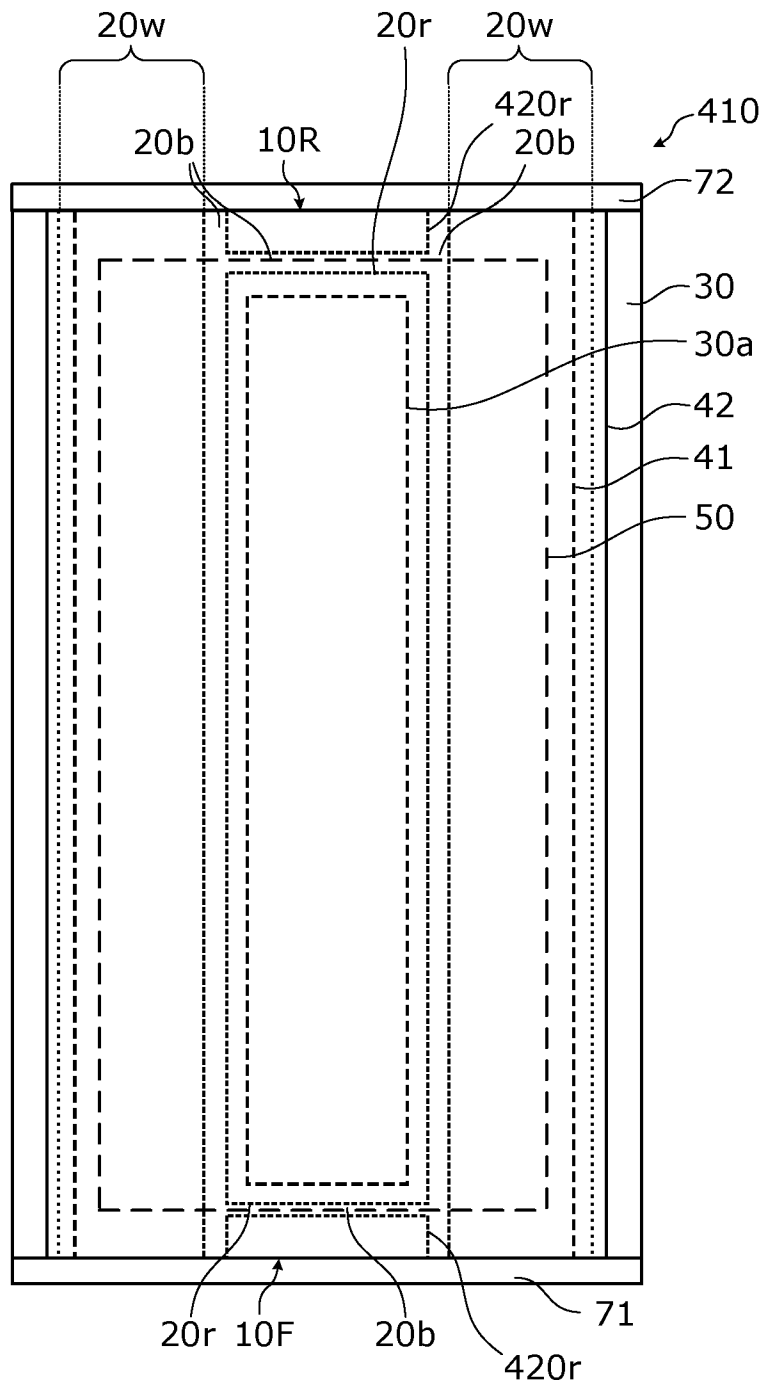
[図25]



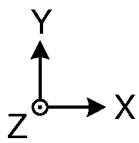
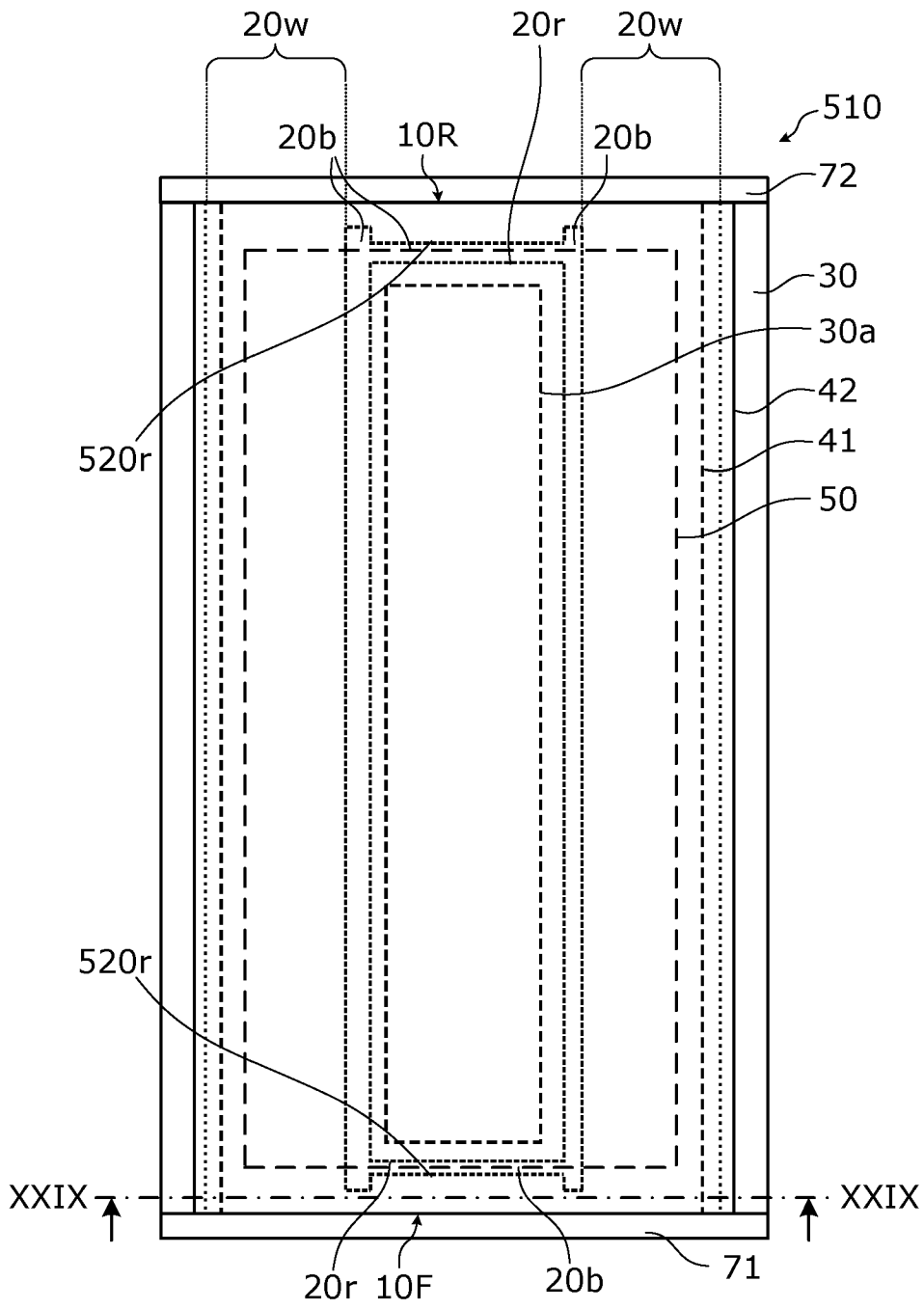
[図26]



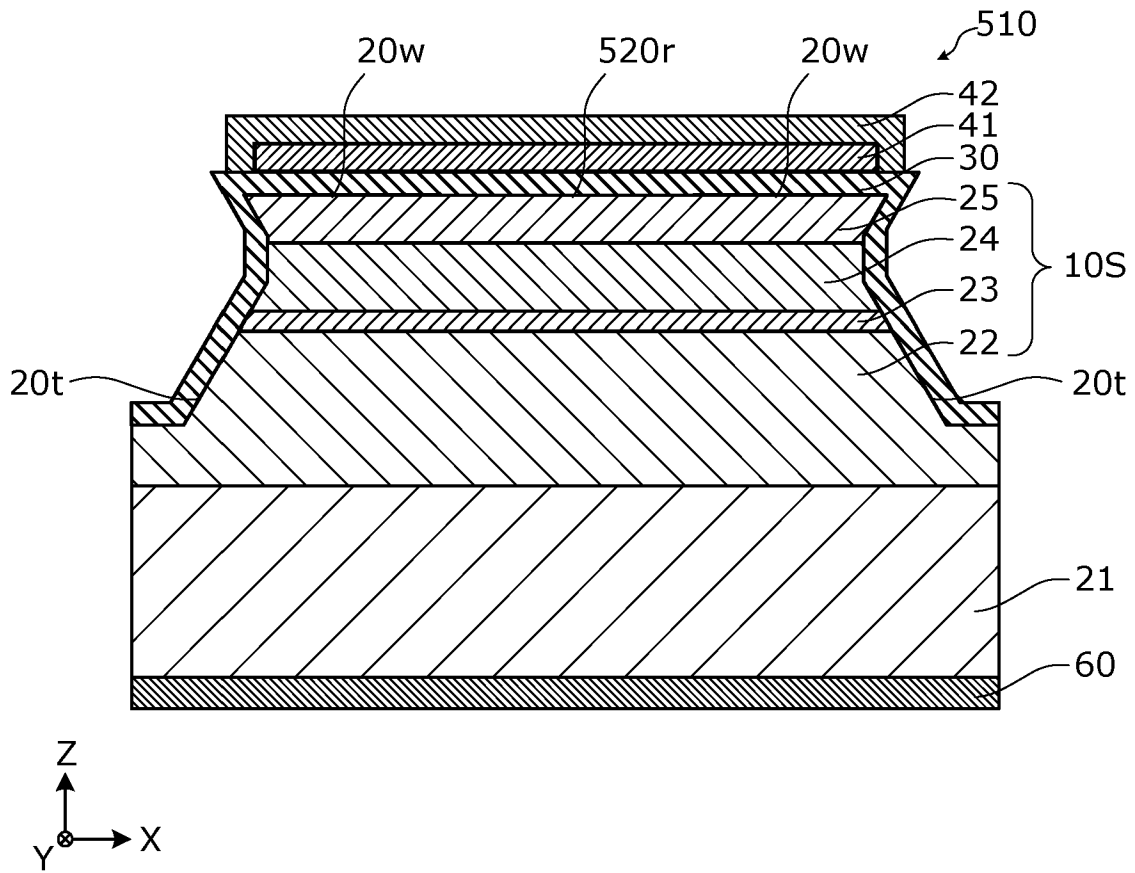
[図27]



[図28]



[図29]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/047705

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>H01S 5/22</i> (2006.01) FI: H01S5/22		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01S5/22		
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 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-278131 A (PANASONIC CORP.) 09 December 2010 (2010-12-09) entire text, all drawings	1-12
A	JP 2010-74131 A (PANASONIC CORP.) 02 April 2010 (2010-04-02) entire text, all drawings	1-12
A	JP 2006-332600 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 07 December 2006 (2006-12-07) entire text, all drawings	1-12
A	JP 2018-152430 A (SUMITOMO ELECTRIC IND., LTD.) 27 September 2018 (2018-09-27) entire text, all drawings	1-12
A	JP 2018-98262 A (SUMITOMO ELECTRIC IND., LTD.) 21 June 2018 (2018-06-21) entire text, all drawings	1-12
A	JP 2011-124442 A (PANASONIC CORP.) 23 June 2011 (2011-06-23) entire text, all drawings	1-12
<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 <b>19 January 2022</b>		Date of mailing of the international search report <b>01 February 2022</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2021/047705**

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2010-278131 A	09 December 2010	(Family: none)	
JP 2010-74131 A	02 April 2010	US 2010/0046566 A1 entire text, all drawings	
JP 2006-332600 A	07 December 2006	US 2006/0268951 A1 entire text, all drawings KR 10-2006-0122615 A	
JP 2018-152430 A	27 September 2018	US 2018/0261982 A1 entire text, all drawings	
JP 2018-98262 A	21 June 2018	US 2018/0166859 A1 entire text, all drawings	
JP 2011-124442 A	23 June 2011	US 2011/0142089 A1 entire text, all drawings CN 102097746 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01S 5/22(2006.01)i FI: H01S5/22		
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）） H01S5/22 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 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022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
A	JP 2010-278131 A (パナソニック株式会社) 09.12.2010 (2010-12-09) 全文全図	1-12
A	JP 2010-74131 A (パナソニック株式会社) 02.04.2010 (2010-04-02) 全文全図	1-12
A	JP 2006-332600 A (三星電子株式会社) 07.12.2006 (2006-12-07) 全文全図	1-12
A	JP 2018-152430 A (住友電気工業株式会社) 27.09.2018 (2018-09-27) 全文全図	1-12
A	JP 2018-98262 A (住友電気工業株式会社) 21.06.2018 (2018-06-21) 全文全図	1-12
A	JP 2011-124442 A (パナソニック株式会社) 23.06.2011 (2011-06-23) 全文全図	1-12
<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 19.01.2022	国際調査報告の発送日 01.02.2022	
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） 村井 友和 2K 3207 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/JP2021/047705

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2010-278131 A	09.12.2010	(ファミリーなし)	
JP 2010-74131 A	02.04.2010	US 2010/0046566 A1 全文全図	
JP 2006-332600 A	07.12.2006	US 2006/0268951 A1 全文全図 KR 10-2006-0122615 A	
JP 2018-152430 A	27.09.2018	US 2018/0261982 A1 全文全図	
JP 2018-98262 A	21.06.2018	US 2018/0166859 A1 全文全図	
JP 2011-124442 A	23.06.2011	US 2011/0142089 A1 全文全図 CN 102097746 A	