(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
2019年8月1日(01.08.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/146478 A1

(51) 国際特許分類:
H01S 5/20 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2019/001192

(22) 国際出願日： 2019年1月17日(17.01.2019)

(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 2018-008955 2018年1月23日(23.01.2018) JP

(71) 出願人: ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社(**SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION**) [JP/JP]; 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目１４番１号 Kanagawa (JP).

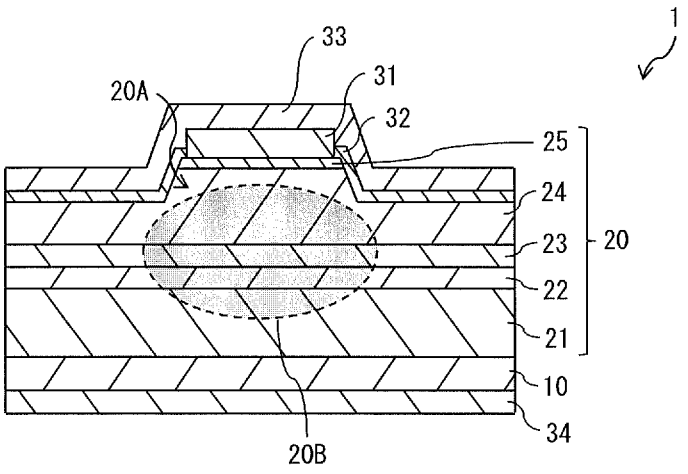
(72) 発明者: 徳田 耕太(**TOKUDA, Kota**); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目１４番１号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 渡邊 秀輝(**WATANABE, Hideki**); 〒8691102 熊本県菊池郡菊陽町大字原水４０００番地１ ソニーセミコンダクタマニュファクチャリング株式会社内 Kumamoto (JP). 河角 孝行(**KAWASUMI, Takayuki**); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目１４番１号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人つばさ国際特許事務所(**TSUBASA PATENT PROFESSIONAL CORPORATION**); 〒1600022 東京都新宿区新宿１丁目１５番９号さわだビル３階 Tokyo (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,

(54) **Title:** SEMICONDUCTOR LASER AND ELECTRONIC DEVICE

(54) 発明の名称： 半導体レーザおよび電子機器



(57) **Abstract:** A semiconductor laser according to one embodiment of the present disclosure is provided with a semiconductor multilayer part. The semiconductor multilayer part sequentially comprises a first cladding layer, an active layer, one or more low-concentration impurity layers, a contact layer and a second cladding layer that is formed from a transparent conductive material, in this order. The semiconductor multilayer part additionally has a ridge, which extends in one direction within the lamination plane, in a portion that contains the contact layer. Each one of the low-concentration impurity layers has an impurity concentration of 5.0×10^{17} cm^{-3} or less; and the total film thickness of the low-concentration impurity layers is from 250 nm to 1,000 nm (inclusive). The distance between the second cladding layer and a low-concentration impurity layer that is closest to the second cladding layer is 150 nm or less.

WO 2019/146478 A1

［続葉有］

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, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, 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：本開示の一実施形態に係る半導体レーザは、半導体積層部を備えている。半導体積層部は、第１クラッド層、活性層、１または複数の低濃度不純物層、コンタクト層、および、透明導電材料で形成された第２クラッド層をこの順に含んでいる。半導体積層部は、さらに、コンタクト層を含む部分に積層面内の一の方向に延在するリッジ形状を有している。各低濃度不純物層において、不純物濃度が５．０×１０^{17}ｃｍ$^{-3}$以下となっており、低濃度不純物層の総膜厚が２５０ｎｍ以上１０００ｎｍ以下となっている。第２クラッド層に最も近い低濃度不純物層と第２クラッド層との距離が１５０ｎｍ以下となっている。

明　細　書

発明の名称 ： 半導体レーザおよび電子機器

技術分野

[0001]　本開示は、半導体レーザおよびそれを備えた電子機器に関する。

背景技術

[0002]　従来から、半導体レーザについての様々な技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２００９－９４３６０号公報

特許文献2：特開２０１３－４２１０７号公報

特許文献3：特開２００４－２８９１５７号公報

特許文献4：特開２００７－１２９２４６号公報

特許文献5：特開２０１６－６６６７０号公報

特許文献6：特開２００１－７７４６３号公報

特許文献7：特開２００９－１１７６９５号公報

特許文献8：特開２００６－４１４９１号公報

発明の概要

[0004]　半導体レーザでは、輝度を高める観点から、高出力化が求められている。高出力化に伴い、発熱が問題となる。発熱量は電力変換効率により決まる。そのため、発熱量を抑えるためには、光出力特性だけでなく、駆動電圧の低減が重要となる。従って、駆動電圧を抑えることの可能な半導体レーザおよびそれを備えた電子機器を提供することが望ましい。

[0005]　本開示の一実施形態に係る第１の半導体レーザは、半導体積層部を備えている。半導体積層部は、第１クラッド層、活性層、１または複数の低濃度不純物層、コンタクト層、および、透明導電材料で形成された第２クラッド層をこの順に含んでいる。半導体積層部は、さらに、コンタクト層を含む部分に積層面内の一の方向に延在するリッジ形状を有している。各低濃度不純物

層において、不純物濃度が５．０×１０^{17}ｃｍ$^{-3}$以下となっており、低濃度不純物層の総膜厚が２５０ｎｍ以上１０００ｎｍ以下となっている。第２クラッド層に最も近い低濃度不純物層と第２クラッド層との距離が１５０ｎｍ以下となっている。

[0006] 本開示の一実施形態に係る第２の半導体レーザは、半導体積層部を備えている。半導体積層部は、第１クラッド層、活性層、不純物濃度が５．０×１０^{17}ｃｍ$^{-3}$以下の１または複数の低濃度不純物層、コンタクト層、および、透明導電材料で形成された第２クラッド層をこの順に含んでいる。半導体積層部は、さらに、コンタクト層を含む部分に積層面内の一の方向に延在するリッジ形状を有している。第２クラッド層は、当該半導体レーザが駆動されたときに半導体積層部内に生じる光導波領域から離れた位置に設けられている。

[0007] 本開示の一実施形態に係る第１の電子機器は、上記の第１の半導体レーザを光源として備えている。

[0008] 本開示の一実施形態に係る第２の電子機器は、上記の第２の半導体レーザを光源として備えている。

[0009] 本開示の一実施形態に係る第１の半導体レーザおよび第１の電子機器では、第２クラッド層が透明導電材料で形成されている。さらに、活性層とコンタクト層との間に設けられた１または複数の低濃度不純物層において、不純物濃度が５．０×１０^{17}ｃｍ$^{-3}$以下となっており、低濃度不純物層の総膜厚が２５０ｎｍ以上１０００ｎｍ以下となっている。さらに、第２クラッド層に最も近い低濃度不純物層と第２クラッド層との距離が１５０ｎｍ以下となっている。これにより、透明導電材料による光吸収が抑えられ、さらに、例えばＭｇドープのＡｌＧａＮからなる厚膜のクラッド層を設けなくても、透明導電材料で形成された第２クラッド層によって光が積層方向において閉じ込められる。本開示の一実施形態に係る第１の半導体レーザおよび第１の電子機器では、さらに、帯状のリッジが形成されている。これにより、横方向においても光が閉じ込められる。

[0010] 本開示の一実施形態に係る第２の半導体レーザおよび第２の電子機器では、第２クラッド層が透明導電材料で形成されている。さらに、活性層とコンタクト層との間に設けた１または複数の低濃度不純物層において、不純物濃度が５．０×１０^{17}ｃｍ$^{-3}$以下となっている。さらに、第２クラッド層は、当該半導体レーザが駆動されたときに半導体積層部内に生じる光導波領域から離れた位置に設けられている。これにより、透明導電材料による光吸収が抑えられ、さらに、例えばＭｇドープのＡｌＧａＮからなる厚膜のクラッド層を設けなくても、透明導電材料で形成された第２クラッド層によって光が積層方向において閉じ込められる。本開示の一実施形態に係る第１の半導体レーザおよび第１の電子機器では、さらに、帯状のリッジが形成されている。これにより、横方向においても光が閉じ込められる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本開示の一実施の形態に係る半導体レーザの断面構成例を表す図である。

[図2]上部クラッド層界面における光強度と光吸収損失との関係の一例を表す図である。

[図3]比較例Ａに係る半導体レーザの断面構成の一例を表す図である。

[図4]比較例Ｂに係る半導体レーザの断面構成の一例を表す図である。

[図5]比較例Ｃに係る半導体レーザの断面構成の一例を表す図である。

[図6]実施例および比較例Ａ，ＢのＩ－Ｖ特性の一例を表す図である。

[図7]実施例および比較例Ａ，ＢのＩ－Ｌ特性の一例を表す図である。

[図8]実施例および比較例Ａ，ＢのＩ－ＷＰＥ特性の一例を表す図である。

[図9]図１の半導体レーザの断面構成の一変形例を表す図である。

[図10]図１の半導体レーザの断面構成の一変形例を表す図である。

[図11]図１の半導体レーザの断面構成の一変形例を表す図である。

[図12]キャリアブロック層に組成傾斜を設けたときの屈折率分布の一例を表す図である。

[図13]図１２のグレーデッド層の厚さと界面におけるホール濃度との関係の

一例を表す図である

[図14]図１の半導体レーザの断面構成の一変形例を表す図である。

[図15]図１の半導体レーザの断面構成の一変形例を表す図である。

[図16]図１の半導体レーザの断面構成の一変形例を表す図である。

[図17]上記半導体レーザが適用されるプロジェクタの概略構成の一例を表す図である。

[図18]上記半導体レーザが適用される表示装置の概略構成の一例を表す図である。

[図19]上記半導体レーザが適用される電子機器の斜視構成の一例を表す図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本開示を実施するための形態について、図面を参照して詳細に説明する。以下の説明は本開示の一具体例であって、本開示は以下の態様に限定されるものではない。また、本開示は、各図に示す各構成要素の配置や寸法、寸法比などについても、それらに限定されるものではない。なお、説明は、以下の順序で行う。

１．第１の実施の形態（半導体レーザ）

２．変形例（半導体レーザ）

３．第２の実施の形態（プロジェクタ）

４．第３の実施の形態（表示装置）

５．第４の実施の形態（電子機器）

[0013] ＜１．第１の実施の形態＞

[構成]

本開示の第１の実施の形態に係る半導体レーザ１について説明する。図１は、本実施の形態に係る半導体レーザ１の断面構成例を表したものである。半導体レーザ１は、後述の半導体積層部２０を共振器方向（リッジ部２０Ａの延在方向）から一対の共振器端面によって挟み込んだ構造となっている。従って、半導体レーザ１は、いわゆる端面発光型の半導体レーザの一種であ

る。

[0014] 半導体レーザ１は、基板１０上に半導体積層部２０を備えたものである。半導体積層部２０は、例えば、下部クラッド層２１、下部ガイド層２２、活性層２３、低濃度不純物層２４およびコンタクト層２５を基板１０側からこの順に有している。下部クラッド層２１が、本開示の「第１クラッド層」の一具体例に対応する。なお、半導体積層部２０には、上記した層以外の層（例えばバッファ層など）がさらに設けられていてもよい。また、半導体積層部２０において、下部ガイド層２２が省略されていてもよい。

[0015] 基板１０および半導体積層部２０は、例えば、ＧａＮなどのＩＩＩ－Ｖ族窒化物半導体で形成されている。ここで、「ＩＩＩ－Ｖ族窒化物半導体」とは、短周期型周期率表における３Ｂ族元素群のうちの少なくとも１種（Ｇａ，Ａｌ，ＩｎおよびＢのうち少なくとも１つの元素）と、短周期型周期率表における５Ｂ族元素のうちの少なくともＮ元素とを含むものを指している。ＩＩＩ－Ｖ族窒化物半導体としては、例えば、ＧａとＮとを含んだ窒化ガリウム系化合物が挙げられる。窒化ガリウム系化合物には、例えば、ＧａＮ、ＡｌＧａＮ、ＡｌＧａＩｎＮなどが含まれる。ＩＩＩ－Ｖ族窒化物半導体には、必要に応じてＳｉ、Ｇｅ、Ｏ、ＳｅなどのＩＶ族またはＶＩ族元素のｎ型不純物、または、Ｍｇ、Ｚｎ、Ｃなどの ＩＩ族またはＩＶ族元素のｐ型不純物がドープされている。基板１０は、例えば、ＡｌＮ、Al_2O_3（サファイア）、ＳｉＣ、Ｓｉ、ＺｒＯであってもよい。

[0016] 基板１０は、ＧａＮ基板などのＩＩＩ－Ｖ族窒化物半導体基板であってもよい。この場合、ＧａＮ基板の主面の結晶面は、極性面、半極性面、非極性面のいずれでもよい。極性面は、例えば、面指数を用いて、｛０，０，０，１｝、または｛０，０，０，－１｝と表される。半極性面は、例えば、面指数を用いて、｛２，０，－２，１｝、｛１，０，－１，１｝、｛２，０，－２，－１｝、または｛１，０，－１，－１｝と表される。非極性面は、例えば、面指数を用いて、｛１，１，－２，０｝または｛１，－１，０，０｝と表される。

[0017] 下部クラッド層２１は、例えば、基板１０の主面上に形成されており、例えば、ｎ型導電性を有する半導体層（ｎ型半導体層）によって構成されている。下部クラッド層２１は、例えば、ＧａＮ層、ＡｌＧａＮ層およびＡｌＧａｌｎＮ層のうちのいずれか、またはこれらのうち少なくとも２つの層によって構成されている。下部クラッド層２１において、ｎ型導電性が得られるためのドーパントとして例えばＳｉが用いられている。下部クラッド層２１の膜厚は、例えば、５００ｎｍ～３０００ｎｍである。

[0018] 下部ガイド層２２は、例えば、下部クラッド層２１上に形成されており、例えば、ｎ型半導体層によって構成されている。下部ガイド層２２は、例えば、ＧａＮ層、ＡｌＧａＮ層、ＩｎＧａＮ層およびＡｌＧａｌｎＮ層のうちのいずれか、またはこれらのうち少なくとも２つの層によって構成されている。下部ガイド層２２において、ｎ型導電性が得られるためのドーパントとして例えばＳｉが用いられている。下部ガイド層２２の膜厚は、例えば、１０ｎｍ～５００ｎｍである。下部ガイド層２２は、ノンドープの半導体層によって構成されていてもよい。

[0019] 活性層２３は、例えば、下部ガイド層２２上に形成されている。活性層２３は、下部ガイド層２２と低濃度不純物層２４との間に設けられている。活性層２３は、例えば、障壁層および井戸層を交互に積層して構成されたものであり、多重井戸構造となっている。活性層２３は、多重量子井戸構造となっていてもよい。

[0020] 各井戸層は、Ｇａ，ＩＩＩ－Ｖ族窒化物半導体で構成されている。各井戸層は、例えば、ｎ型半導体層によって構成されている。各井戸層において、ｎ型導電性が得られるためのドーパントとして例えばＳｉが用いられている。各井戸層の膜厚は、例えば、１ｎｍ～１００ｎｍである。各井戸層は、ノンドープの半導体層によって構成されていてもよい。各井戸層から生成される光子波長は、例えば、４３０ｎｍ～５５０ｎｍである。

[0021] 各障壁層は、ＩＩＩ－Ｖ族窒化物半導体で構成されている。各障壁層は、例えば、ｎ型半導体層によって構成されている。各障壁層において、ｎ型導

電性が得られるためのドーパントとして例えばＳｉが用いられている。各障壁層の膜厚は、例えば、１ｎｍ～１００ｎｍである。各障壁層は、ノンドープの半導体層によって構成されていてもよい。障壁層のバンドギャップは、例えば、各井戸層において最大となるバンドギャップ以上の値となっている。

[0022] 低濃度不純物層２４は、例えば、活性層２３上に形成されており、例えば、ｎ型半導体層によって構成されている。低濃度不純物層２４は、例えば、ＧａＮ層、ＡｌＧａＮ層、ＩｎＧａＮ層およびＡｌＧａＩｎＮ層のうちのいずれか、またはこれらのうち少なくとも２つの層によって構成されている。低濃度不純物層２４には、不純物が含まれている。ここで、不純物とは、ＩＩＩ－Ｖ族窒化物半導体を構成する元素（具体的には、Ｇａ，Ａｌ，ＩｎおよびＢのうち少なくとも１つの元素と、Ｎ元素）以外の元素を指している。不純物は、例えば、Ｍｇ，Ｃ，Ｓｉ，Ｏのうち少なくとも１つ以上の元素で構成されている。低濃度不純物層２４に含まれる不純物の濃度は、５．０×10^{17}ｃｍ$^{-3}$以下となっており、例えば、５．０×10^{16}ｃｍ$^{-3}$となっている。低濃度不純物層２４の膜厚は、リッジ部２０Ａと対向する部分において、２５０ｎｍ以上１０００ｎｍ以下となっており、好ましくは５００ｎｍ以上１０００ｎｍ以下となっている。なお、本実施の形態では、低濃度不純物層２４は、リッジ部２０Ａの底部に設けられているだけでなく、リッジ部２０Ａの脇の部分にも設けられている。そのため、後述のリッジ部２０Ａの直下の部分の膜厚が、リッジ部２０Ａの脇の部分の膜厚よりも厚くなっている。

[0023] 低濃度不純物層２４に含まれる不純物の濃度は、５．０×10^{17}ｃｍ$^{-3}$以下となっていることにより、不純物に起因する光吸収による光出力特性の劣化を低減、回避することができる。また、低濃度不純物層２４の膜厚が、リッジ部２０Ａと対向する部分において、２５０ｎｍ以上となっていることにより、コンタクト層２５や上部クラッド層３１の光吸収による光出力特性劣化を低減、回避することができる。また、低濃度不純物層２４の膜厚が、リッジ部２０Ａと対向する部分において、１０００ｎｍ以下となっていることに

より、半導体層の抵抗成分増大による電気特性の劣化を低減、回避することができる。

[0024] 低濃度不純物層２４において、不純物濃度や構成材料の組成比が層内で均一となっている必要はなく、低濃度不純物層２４が、不純物濃度や構成材料の組成比が互いに異なる複数の層によって構成されていてもよい。その際、その合計の膜厚（総膜厚）が、２５０ｎｍ以上１０００ｎｍ以下となっており、好ましくは５００ｎｍ以上１０００ｎｍ以下となっている。低濃度不純物層２４に対して、低濃度不純物層２４とは異なる、低濃度不純物層２４の膜厚よりも薄い層（例えば、キャリアブロック層やクラッド層）が挿入されていてもよい。

[0025] コンタクト層２５は、例えば、低濃度不純物層２４上に形成されており、例えば、ｐ型導電性を有する半導体層（ｐ型半導体層）によって構成されている。コンタクト層２５は、例えば、ＧａＮ層、ＡｌＧａＮ層およびＡｌＧａｌｎＮ層のうちのいずれか、またはこれらのうち少なくとも２つの層によって構成されている。コンタクト層２５において、ｐ型導電性が得られるためのドーパントとして例えばＭｇが用いられている。コンタクト層２５の膜厚は、例えば、１ｎｍ以上１５０ｎｍ以下である。このとき、低濃度不純物層２４と上部クラッド層３１との距離は、コンタクト層２５の膜厚と等しくなっており、例えば、１ｎｍ以上１５０ｎｍ以下となっている。

[0026] 半導体積層部２０の上部、具体的には、低濃度不純物層２４の一部およびコンタクト層２５において、凸状のリッジ部２０Ａが形成されている。コンタクト層２５は、リッジ部２０Ａの上面に形成されている。リッジ部２０Ａは、コンタクト層２５を含む部分に、半導体積層部２０の積層面内の一の方向（共振器方向）に延在するリッジ形状を有している。リッジ部２０Ａは、半導体積層部２０における一対の共振器端面によって挟み込まれている。リッジ部２０Ａの長さは、例えば、５０μｍ～３０００μｍである。リッジ部２０Ａの幅（共振器方向と直交する方向の長さ）は、例えば、０．５μｍ～１００μｍである。リッジ部２０Ａは、例えば、コンタクト層２５の表面か

ら低濃度不純物層２４の中途にかけてエッチング除去がなされることにより形成される。

[0027] 半導体積層部２０の上面のうちリッジ部２０Ａの側面および裾野部分は、絶縁層３２によって覆われている。絶縁層３２は、例えば、SiO_2によって構成されている。絶縁層３２の膜厚は、例えば、１０ｎｍ～５００ｎｍである。

[0028] 半導体レーザ１は、さらに、半導体積層部２０上に、上部クラッド層３１、絶縁層３２および上部電極層３３を備えており、半導体積層部２０の裏面側に、下部電極層３４を備えている。上部クラッド層３１が、本開示の「第２クラッド層」の一具体例に対応する。

[0029] 上部クラッド層３１は、半導体積層部２０上であって、かつ、リッジ部２０Ａの上面に接して形成されている。上部クラッド層３１は、コンタクト層２５上に形成されている。上部クラッド層３１は、透明導電材料で形成されている。上部クラッド層３１を構成する透明導電材料としては、ＩＴＯ（Indium Tin Oxide）、または、ＩＴｉＯ（Indium Titanium Oxide）などが挙げられる。上部クラッド層３１の膜厚は１０ｎｍ以上５００ｎｍ以下である。上部クラッド層３１は、コンタクト層２５と電気的に接続されていればよく、その層構成は上記の構成に限らない。また、上部クラッド層３１は、コンタクト層２５の上面全体と接触していてもよいし、コンタクト層２５の上面の一部とだけ接していてもよい。

[0030] 上部電極層３３は、上部クラッド層３１上に形成されている。上部電極層３３は、例えば、Ｔｉ層、Ｐｔ層、Ａｕ層が上部クラッド層３１に近い側からこの順に積層された構成となっている。Ｔｉ層の膜厚は、例えば、２ｎｍ～１００ｎｍである。Ｐｔ層の膜厚は、例えば、１０ｎｍ～３００ｎｍである。Ａｕ層の膜厚は、例えば、１０ｎｍ～３００ｎｍである。上部電極層３３は、上部クラッド層３１と電気的に接続されていればよく、その層構成は上記の構成に限らない。また、上部電極層３３は、上部クラッド層３１の上面全体と接触していてもよいし、上部クラッド層３１の上面の一部とだけ接

していてもよい。

[0031] 下部電極層３４は、例えば、基板１０の裏面に接して形成されている。下部電極層３４は、例えば、Ｔｉ層、ＡｌＩ層が基板１０に近い側からこの順に積層された構成となっている。Ｔｉ層の膜厚は、例えば、５ｎｍ～５０ｎｍである。ＡｌＩ層の膜厚は、例えば、１０ｎｍ～３００ｎｍである。下部電極層３４は、基板１０と電気的に接続されていればよく、その層構成は上記の構成に限らない。また、下部電極層３４は、基板１０の裏面全体と接触していてもよいし、基板１０の裏面の一部とだけ接していてもよい。

[0032] [製造方法]

次に、半導体レーザ１の製造方法について説明する。

[0033] まず、例えばＧａＮよりなる基板１０を用意する。次に、この基板１０の表面に、例えば、ＭＯＣＶＤ（Metal Organic Chemical Vapor Deposition；有機金属化学気相成長）法により、下部クラッド層２１および下部ガイド層２２を、例えば成長温度１０５０℃にてエピタキシャル成長させる。次に、例えばＭＯＣＶＤ法により、活性層２３を、例えば成長温度７００℃にてエピタキシャル成長させる。次に、ＭＯＣＶＤ法により、低濃度不純物層２４およびコンタクト層２５を、例えば成長温度１０５０℃にてエピタキシャル成長させる。

[0034] なお、ＭＯＣＶＤを行う際、ガリウムの原料ガスとしては、例えばトリメチルガリウム（$(CH_3)_3Ga$）、アルミニウムの原料ガスとしては、例えばトリメチルアルミニウム（$(CH_3)_3Al$）、インジウムの原料ガスとしては、例えばトリメチルインジウム（$(CH_3)_3In$）をそれぞれ用いる。また、窒素の原料ガスとしては、アンモニア（NH_3）を用いる。また、ケイ素の原料ガスとしては、例えばモノシラン（SiH_4）を用い、マグネシウムの原料ガスとしては、例えばビス＝シクロペンタジエニルマグネシウム（$(C_5H_5)_2Mg$）を用いる。

[0035] 次に、半導体積層部２０上に、上部クラッド層３１を形成する領域を開口部としたレジストコート膜を形成し、上部クラッド層３１を例えば、真空蒸

着法やスパッタ法により形成する。続いて、例えばＲＩＥ法により、少なくとも上部クラッド層３１、コンタクト層２５および低濃度不純物層２４の一部をエッチングにより除去する。これにより、リッジ部２０Ａを形成するとともに、リッジ部２０Ａ上に上部クラッド層３１を形成する。

[0036] 次に、上記エッチングにより露出した半導体積層部２０の表面上に、例えば真空蒸着法やスパッタ法を用い、絶縁層３２を形成し、上部クラッド層３１および絶縁層３２の表面上に、例えばリフトオフ法により、上部電極層３３を形成する。次に、基板１０の裏面上に、例えばリフトオフ法により、下部電極層３４を形成する。次に、基板１０をバー状に切出し、露出した端面部に反射率を制御するためのコーティング膜を形成する。さらに、バー状に切断された基板１０から素子を切出し、チップ化することで、半導体レーザ１が作製される。

[0037] [動作]

このような構成の半導体レーザ１では、上部電極層３３と下部電極層３４との間に所定の電圧が印加されると、リッジ部２０Ａを通して活性層２３に電流が注入され、これにより電子と正孔の再結合による発光が生じる。この光は、一対の共振器端面により反射されるとともに、下部クラッド層２１および上部クラッド層３１によって閉じ込められることにより、所定の発振波長でレーザ発振が生じる。このとき、半導体積層部２０内には、発振したレーザ光が導波する光導波領域２０Ｂが形成される。そして、一方の共振器端面から発振波長のレーザ光が外部に出射される。光導波領域２０Ｂは、活性層２３を中心としたリッジ部２０Ａの直下の領域に生成される。光導波領域２０Ｂの境界（図１で破線で示した箇所）は、光導波領域２０Ｂ内における光強度の最大値に対し、光強度比が０．００７となる領域である。

[0038] 光導波領域２０Ｂの境界を、上記のような定義で規定したのは、上部クラッド層３１界面における光強度比と光吸収損失とが、図２に示したような関係となっていることに由来する。図２では、上部クラッド層３１界面における光強度比が０．００７よりも大きくなると、光吸収損失が急激に増大し、

レーザ特性が劣化することが示されている。つまり、上部クラッド層３１が光導波領域２０Ｂに接する位置にある場合、光吸収損失が非常に大きく、レーザ特性が劣化する。一方、上部クラッド層３１が光導波領域２０Ｂから離れた位置にある場合、光吸収損失は少なく、レーザ特性の劣化が抑えられる。

[0039] [効果]

次に、半導体レーザ１の効果について、比較例と対比して説明する。

[0040] 半導体レーザの電力変換効率を高めるには、駆動電流値および駆動電圧値の低減が求められる。特に窒化物系の半導体レーザにおいては、駆動電圧値の低減が課題となる。図３は、一般的な窒化物系の半導体レーザ１００（比較例Ａに係る半導体レーザ１００）の断面構成例を表したものである。半導体レーザ１００では、積層方向の光閉じ込めを実現するために必要となる屈折率段差を得るため、クラッド層として一般にＡｌＧａＮ層が用いられる。なお、半導体レーザ１００では、基板１０上に半導体積層部１２０が設けられており、本実施の形態に係る低濃度不純物層２４の代わりに、上部ガイド層１２１および上部クラッド層１２２が設けられている。また、半導体レーザ１００では、上部クラッド層３１の代わりに、ＩＴＯからなる上部電極層１３１がリッジ部１２０Ａ上に設けられている。

[0041] ＡｌＧａＮクラッド層は、低い屈折率を求められると同時に、キャリア輸送を行う必要がある。そのため、活性層２３を挟んで一方にｎ型導電性を有するＡｌＧａＮクラッド層（下部クラッド層２１）と、他方にｐ型導電性を有するＡｌＧａＮクラッド層（上部クラッド層１２２）が形成される。このとき、ｐ型導電性を実現するためにアクセプターとしてＭｇが上部クラッド層１２２にドーピングされることが多い。しかし、ＡｌＧａＮ中のＭｇはイオン化するための活性化エネルギーが大きく、高濃度の正孔キャリアを生成することが難しい。そのため上部クラッド層１２２の抵抗が高くなり、半導体レーザ１００の駆動電圧を上昇させる原因となり、半導体レーザ１００の電力変換効率は低下する。

[0042] 図４は、比較例Ｂに係る半導体レーザ２００の断面構成を模式的に表したものである。半導体レーザ２００では、上部クラッド層１２２およびリッジ部１２０Ａが設けられておらず、コンタクト層１２３が上部ガイド層１２１に接触し、さらに、上部電極層１３１の代わりに、ＩＴＯからなる上部クラッド層１３２が設けられている。また、上部クラッド層１３２の周囲には絶縁層１２４が設けられている。

[0043] ＩＴＯの屈折率は、例えば波長４５０ｎｍに対し２．０程度であり、上部ガイド層１２１の屈折率２．５に対し十分小さい値を有する。そのため、上部クラッド層１３２は、積層方向の光閉じ込めを実現するための屈折率段差を実現するクラッド層として機能する。半導体レーザ２００では、抵抗の高いｐ型導電性ＡｌＧａＮクラッド層を用いなくよいので、駆動電圧を低減する効果が得られる。

[0044] さらに、半導体レーザ１００では、リッジ部１２０Ａが形成され、リッジ部１２０Ａの周囲に絶縁層３２が形成されている。絶縁層３２は例えばSiO_2によって形成されており、その屈折率は、例えば波長４５０ｎｍ対し１．４６と窒化物半導体に対し十分小さい。そのため、リッジ部１２０Ａの幅方向の光閉じ込めを実現するために必要となる屈折率段差を得ることができ、安定したレーザ動作が実現できる。

[0045] これに対し、半導体レーザ２００では、コンタクト層１２３上に上部クラッド層１３２が形成され、上部クラッド層１３２の形成されていない領域では絶縁層１２４が形成されている。絶縁層１２４の屈折率は、例えば波長４５０ｎｍに対し、１．４６と上部クラッド層１３２の同波長に対する屈折率２．０に対し十分に大きい。そのため、リッジ部を形成しなくても、積層面内方向の光閉じ込めを実現でき、安定したレーザ動作が得られ、コストの低減や良好な歩留りが得られる。

[0046] さて、上部クラッド層１３２は、例えば波長４３０ｎｍ～５５０ｎｍの光に対し、有限の光吸収を有している。そのため、半導体レーザ２００では、共振器内に形成される光横モードにおいて、上部クラッド層１３２内に染み

出す光強度が大きい（図４中の光導波領域２２０Ｂ参照）。その結果、上部クラッド層１３２の光吸収による損失を受けるので、半導体レーザ２００としての特性改善が十分に得られない。また、半導体積層部２２０の構造では、積層面内方向の光閉じ込めが不十分になり、半導体レーザ２００の動作が不安定化するおそれがある。

[0047] 図５は、比較例Ｃに係る半導体レーザ３００の断面構成を模式的に表したものである。半導体レーザ３００では、膜厚の薄い上部ガイド層１２１の代わりに、膜厚の厚い上部ガイド層３２１が設けられている。このようにすることで、共振器内に形成される光横モードにおいて、上部クラッド層１３２内に染み出す光強度を低減することができる（図５の光導波領域３２０Ｂ参照）。しかし、上部クラッド層１３２が活性層２３から遠く離れてしまうので、積層面内方向の光閉じ込めが不十分となり、安定したレーザ動作が得られないおそれがある。

[0048] 一方、本実施の形態では、上部クラッド層３１が透明導電材料で形成されている。さらに、活性層２３とコンタクト層２５との間に設けられた低濃度不純物層２４において、不純物濃度が５．０×10^{17}ｃｍ$^{-3}$以下となっており、低濃度不純物層２４の総膜厚が２５０ｎｍ以上１０００ｎｍ以下となっている。さらに、低濃度不純物層２４と上部クラッド層３１との距離が１５０ｎｍ以下となっている。これにより、透明導電材料による光吸収が抑えられ、さらに、例えばＭｇドープのＡｌＧａＮからなる厚膜のクラッド層を設けなくても、透明導電材料で形成された上部クラッド層３１によって光が積層方向において閉じ込められる。本実施の形態では、さらに、帯状のリッジ部２０Ａが形成されている。これにより、横方向においても光が閉じ込められる。その結果、駆動電圧を抑えることができる。

[0049] また、本実施の形態では、上部クラッド層３１が透明導電材料で形成されている。さらに、活性層２３とコンタクト層２５との間に設けられた低濃度不純物層２４において、不純物濃度が５．０×10^{17}ｃｍ$^{-3}$以下となっている。さらに、上部クラッド層３１は、当該半導体レーザ１が駆動されたときに

半導体積層部２０内に生じる光導波領域２０Ｂから離れた位置に設けられている。つまり、上部クラッド層３１の、活性層２３に近い側の境界位置における、光強度の最大値に対する光強度比が０．００７よりも小さくなっている。

[0050] これにより、透明導電材料による光吸収が抑えられ、さらに、例えばＭｇドープのＡｌＧａＮからなる厚膜のクラッド層を設けなくても、透明導電材料で形成された上部クラッド層３１によって光が積層方向において閉じ込められる。本実施の形態では、さらに、帯状のリッジ部２０Ａが形成されている。これにより、横方向においても光が閉じ込められる。その結果、駆動電圧を抑えることができる。

[0051] 図６は、比較例Ａに係る半導体レーザ１００、比較例Ｂに係る半導体レーザ２００および実施例に係る半導体レーザ１のＩ－Ｖ特性の一例を表したものである。図６の結果は、半導体シミュレータによって導出されたものである。半導体シミュレータにおいて、実施例では、低濃度不純物層２４の不純物濃度を２．０×10^{16}ｃｍ$^{-3}$とし、低濃度不純物層２４の膜厚を５００ｎｍとした。半導体シミュレータにおいて、比較例Ａ，Ｂでは、上部ガイド層１２１の不純物濃度を２．０×10^{16}ｃｍ$^{-3}$とし、上部ガイド層１２１の膜厚を２００ｎｍとした。図６から、実施例では、比較例Ａ，Ｂと比べて、駆動電圧が低くなっていることがわかる。

[0052] 図７は、比較例Ａに係る半導体レーザ１００、比較例Ｂに係る半導体レーザ２００および実施例に係る半導体レーザ１のＩ－Ｌ特性の一例を表したものである。図７から、実施例では、比較例Ａ，Ｂと比べて、高い光出力が得られていることがわかる。

[0053] 図８は、比較例Ａに係る半導体レーザ１００、比較例Ｂに係る半導体レーザ２００および実施例に係る半導体レーザ１のＬ－ＷＰＥ（電力変換効率）特性の一例を表したものである。図８から、実施例では、比較例Ａ，Ｂと比べて、高い電力変換効率が得られていることがわかる。

[0054] また、本実施の形態では、半導体積層部２０（下部クラッド層２１、活性

層２３、低濃度不純物層２４およびコンタクト層２５）が窒化物半導体で形成されており、さらに、半導体積層部２０上の上部クラッド層３１がＩＴＯ、または、ＩＴｉＯによって形成されている。これにより、ＭｇドープのＡＩＧａＮからなる厚膜のクラッド層を設けなくても、上部クラッド層３１によって光が積層方向において閉じ込められる。これにより、ＭｇドープのＡＩＧａＮからなる厚膜のクラッド層を設けた場合と比べて、駆動電圧を抑えることができる。

[0055] ＜２．変形例＞

次に、上記実施の形態に係る半導体レーザ１の変形例ついて説明する。図９～図１４は、半導体レーザ１の断面構成の一変形例を表したものである。

[0056] [変形例Ａ]

上記実施の形態において、コンタクト層２５は、例えば、図９に示したように、厚膜で形成されていてもよい。このとき、リッジ部２０Ａは、例えば、コンタクト層２５の一部をエッチングすることにより形成されていてもよい。また、コンタクト層２５において、リッジ部２０Ａの直下の部分の膜厚が、リッジ部２０Ａの脇の部分の膜厚よりも厚くなっていてもよい。このようにした場合であっても、透明導電材料による光吸収が抑えられ、さらに、例えばＭｇドープのＡＩＧａＮからなる厚膜のクラッド層を設けなくても、透明導電材料で形成された上部クラッド層３１によって光が積層方向において閉じ込められる。さらに、リッジ部２０Ａにより横方向においても光が閉じ込められる。その結果、駆動電圧を抑えることができる。

[0057] [変形例Ｂ]

上記実施の形態およびその変形例において、半導体レーザ１は、例えば、図１０に示したように、低濃度不純物層２４に対して、低濃度不純物層２４とは異なる層であるキャリアブロック層２６が挿入されていてもよい。このとき、キャリアブロック層２６は、活性層２３とコンタクト層２５との間に挿入されている。このとき、低濃度不純物層２４において、リッジ部２０Ａの直下の部分の膜厚が、リッジ部２０Ａの脇の部分の膜厚よりも厚くなって

いる。キャリアブロック層２６は、基板１０側から注入されたキャリアが活性層２３を越えてリッジ部２０Ａに侵入することを妨げる。キャリアブロック層２６を設けることにより、キャリアの利用効率が向上し、半導体レーザ１の電力変換効率を改善することができる。

[0058] キャリアブロック層２６は、例えば、ｐ型半導体層によって構成されている。キャリアブロック層２６は、例えば、ＧａＮ層、ＡｌＧａＮ層、ＩｎＧａＮ層およびＡｌＧａＩｎＮ層のうちのいずれか、またはこれらのうち少なくとも２つの層によって構成されている。キャリアブロック層２６において、ｐ型導電性が得られるためのドーパントとして例えばＭｇが用いられている。キャリアブロック層２６の膜厚は、例えば、３ｎｍ～５０ｎｍである。

[0059] 本変形例では、低濃度不純物層２４に対して、低濃度不純物層２４とは異なる層であるキャリアブロック層２６が挿入されている。このようにした場合であっても、透明導電材料による光吸収が抑えられ、さらに、例えばＭｇドープのＡｌＧａＮからなる厚膜のクラッド層を設けなくても、透明導電材料で形成された上部クラッド層３１によって光が積層方向において閉じ込められる。さらに、リッジ部２０Ａにより横方向においても光が閉じ込められる。その結果、駆動電圧を抑えることができる。

[0060] [変形例Ｃ]

上記変形例Ｂにおいて、リッジ部２０Ａは、例えば、図１１に示したように、コンタクト層２５、キャリアブロック層２６、および低濃度不純物層２４の一部をエッチングすることにより形成されていてもよい。このとき、キャリアブロック層２６と活性層２３の間に位置する低濃度不純物層２４において、リッジ部２０Ａの直下の部分の膜厚が、リッジ部２０Ａの脇の部分の膜厚よりも厚くなっている。このような構成にすることで、リッジ部２０Ａによる横方向における光閉じ込めがより強まり、良好な光出力特性が得られる。また透明導電材料による光吸収が抑えられ、さらに、例えばＭｇドープのＡｌＧａＮからなる厚膜のクラッド層を設けなくても、透明導電材料で形成された上部クラッド層３１によって光が積層方向において閉じ込められる。

その結果、駆動電圧を抑えることができる。

[0061] [変形例Ｄ]

上記変形例Ｃにおいて、キャリアブロック層２６のバンドギャップエネルギーがコンタクト層２５側に向って減少するように、キャリアブロック層２５の組成を傾斜させてもよい。このとき、キャリアブロック層２６は、例えば，図１２に示したように、バンドギャップエネルギーがコンタクト層２５側に向って減少するように、キャリアブロック層２５の組成を傾斜させたグレーデッド層２６Ａを有している。例えば，ＡｌＩ組成１０％のＡｌＧａＮをキャリアブロック層２６とし、その上にＧａＮのコンタクト層２５を積層した場合、キャリアブロック層２６の組成傾斜（グレーデッド層２６Ａ）によってエレクトロンのオーバーフローを抑制することができる。加えて、キャリアブロック層２６とコンタクト層２５との界面にたまるホールの濃度も、キャリアブロック層２５の組成傾斜（グレーデッド層２６Ａ）によって低減することができる。例えば、図１３に示したシミュレーション結果からは、グレーデッド層２６Ａを設けることで、キャリアブロック層２６とコンタクト層２５との界面におけるホール濃度が減少することがわかる。また、グレーデッド層２６Ａを厚くするにつれて、キャリアブロック層２６とコンタクト層２５との界面におけるホール濃度の減少量が増えることがわかる。

[0062] 上記変形例Ｃにおいて、リッジ部２０Ａは、キャリアブロック層２６をエッチングすることで形成される。このとき、キャリアブロック層２６とコンタクト層２５との界面にたまったホールは、エッチングされたリッジ部２０Ａの表面で起きる非発光再結合によって消失してしまう。キャリアブロック層２６とコンタクト層２５との界面にたまったホールは、２次元電子ガスとしてリッジ部２０Ａ内を容易に移動することができる。そのため、キャリアブロック層２６とコンタクト層２５との界面にたまるホールの濃度が高いほど，非発光再結合過程で消失するホールが増え、発光効率が低くなってしまう。

[0063] しかし、本変形例では、キャリアブロック層２６のバンドギャップエネル

ギーがコンタクト層２５側に向って減少するように、キャリアブロック層２６の組成を傾斜させることで、キャリアブロック層２６とコンタクト層２５との界面にたまるホールの濃度が減少する。このように、本変形例では、キャリアブロック層２６の組成を傾斜させることで、エレクトロンのオーバーフローを抑制できることに加え，リッジ部２０Ａの表面で起きる非発光再結合を抑制できる。その結果、発光効率を大幅に向上させることができる。

[0064] [変形例Ｅ]

上記変形例Ｂにおいて、例えば、図１４に示したように、キャリアブロック層２６が活性層２３と低濃度不純物層２４との間に挿入されていてもよい。このようにした場合であっても、透明導電材料による光吸収が抑えられ、さらに、例えばＭｇドープのＡｌＧａＮからなる厚膜のクラッド層を設けなくても、透明導電材料で形成された上部クラッド層３１によって光が積層方向において閉じ込められる。さらに、リッジ部２０Ａにより横方向においても光が閉じ込められる。その結果、駆動電圧を抑えることができる。

[0065] [変形例Ｆ]

上記変形例Ａにおいて、例えば、図１５に示したように、キャリアブロック層２６が低濃度不純物層２４とコンタクト層２５との間に挿入されていてもよい。このとき、コンタクト層２５が厚膜で構成され、コンタクト層２５の一部がエッチングされることにより、リッジ部２０Ａが形成され、キャリアブロック層２６がコンタクト層２５に接して形成されていてもよい。このようにした場合であっても、透明導電材料による光吸収が抑えられ、さらに、例えばＭｇドープのＡｌＧａＮからなる厚膜のクラッド層を設けなくても、透明導電材料で形成された上部クラッド層３１によって光が積層方向において閉じ込められる。さらに、リッジ部２０Ａにより横方向においても光が閉じ込められる。その結果、駆動電圧を抑えることができる。

[0066] [変形例Ｇ]

上記実施の形態および変形例Ａ～Ｆにおいて、半導体レーザ１は、例えば、図１６に示したように、コンタクト層２５と低濃度不純物層２４との間に

上部クラッド層２７を備えていてもよい。上部クラッド層２７は、例えば、ＭｇドープのＡｌＧａＮ層であり、リッジ部２０Ａと対向する部分における低濃度不純物層２４の膜厚よりも薄い膜厚となっている。コンタクト層２５および上部クラッド層３１の合計膜厚は、例えば、１５０ｎｍ以下となっている。このようにした場合であっても、透明導電材料による光吸収が抑えられ、さらに、例えばＭｇドープのＡｌＧａＮからなる厚膜のクラッド層を設けなくても、透明導電材料で形成された上部クラッド層３１によって光が積層方向において閉じ込められる。さらに、リッジ部２０Ａにより横方向においても光が閉じ込められる。その結果、駆動電圧を抑えることができる。

[0067] [変形例Ｈ]

上記実施の形態および変形例Ａ～Ｇにおいて、半導体積層部２０は、Ａｓ，Ｂ，Ｓｂ，Ｐのうちのいずれか、またはこれらのうち少なくとも２つ以上を含む、ＩＩＩ－Ｖ族半導体によって構成されていてもよい。このようにした場合であっても、上部クラッド層３１によって光が積層方向において閉じ込められ、リッジ部２０Ａによって光が横方向において閉じ込められる。その結果、駆動電圧を抑えることができる。

[0068] [変形例Ｉ]

上記実施の形態および変形例Ａ～Ｈにおいて、絶縁層３２の代わりに、金属層または樹脂層が設けられていてもよい。また、上記実施の形態および変形例Ａ～Ｇにおいて、絶縁層３２が省略され、さらに、半導体積層部２０のうち、リッジ部２０Ａの周囲および裾野の部分（つまり、絶縁層３２が接していた部分）が、大気に露出していてもよい。このようにした場合であっても、上部クラッド層３１によって光が積層方向において閉じ込められ、リッジ部２０Ａによって光が横方向において閉じ込められる。その結果、駆動電圧を抑えることができる。

[0069] ＜３．第２の実施の形態＞

次に、本開示の第２の実施の形態に係るプロジェクタ２について説明する。図１７は、プロジェクタ２の概略構成の一例を表したものである。プロジ

ェクタ２は、外部から入力された映像信号Ｄｉｎに基づく映像をスクリーンなどに投影する装置である。プロジェクタ２は、ビデオ信号処理回路４１、レーザ駆動回路４２、光源部４３、スキャナ部４４およびスキャナ駆動回路４５を備えている。

[0070] ビデオ信号処理回路４１は、映像信号Ｄｉｎに基づいて色ごとに投影映像信号を生成する。レーザ駆動回路４２は、色ごとの投影映像信号に基づいて、後述の光源４３Ｒ，４３Ｇ，４３Ｂに印加する電流パルスの波高値を制御する。

[0071] 光源部４３は、複数の光源、例えば３つの光源４３Ｒ，４３Ｇ，４３Ｂを有する。３つの光源４３Ｒ，４３Ｇ，４３Ｂは、例えば、赤色（Ｒ）、緑色（Ｇ）、青色（Ｂ）の波長のレーザ光を出射するレーザ光源として用いられる。光源４３Ｂ，４３Ｇのうち、少なくとも一方が、上記実施の形態およびその変形例に係る半導体レーザ１を含んで構成されている。３つの光源４３Ｒ，４３Ｇ，４３Ｂから出射された各レーザ光は、例えば、コリメートレンズによってほぼ平行光にされた後、ビームスプリッタ４３ｓＲ，４３ｓＧ，４３ｓＢなどによって１本のレーザ光に束ねられる。ビームスプリッタ４３ｓＲは、例えば、赤色光を反射する。ビームスプリッタ４３ｓＧは、例えば、緑色光を反射するとともに、赤色光を透過する。ビームスプリッタ４３ｓＢは、例えば、青色光を反射するとともに、赤色光および緑色光を透過する。

[0072] ビームスプリッタ４３ｓＲ，４３ｓＧ，４３ｓＢで透過・反射されたレーザ光は、スキャナ部４４に入射する。スキャナ部４４は、例えば、１つの２軸スキャナを用いて構成されている。入射したレーザ光は、２軸スキャナによって水平及び垂直方向に照射角度に変調が加えられてからスクリーンに投影される。なお、スキャナ部４４は、１軸スキャナを２つ用いて水平方向及び垂直方向に走査する構成となっていてもよい。

[0073] 通常、スキャナ部４４は、２軸スキャナなどの照射角度を検出するセンサを有しており、当該センサは、水平・垂直それぞれの角度信号を出力する。

これらの角度信号は、スキャナ駆動回路４５に入力される。スキャナ駆動回路４５は、例えば、スキャナ部４４から入力される水平角度信号および垂直角度信号に基づいて、所望の照射角度になるようにスキャナ部４４を駆動する。

[0074] 本実施の形態では、光源４３Ｂにおいて、上記実施の形態およびその変形例に係る半導体レーザ１が用いられている。これにより、低消費電力で、高い発光強度を得ることができる。

[0075] ＜４．第３の実施の形態＞

次に、本開示の第３の実施の形態に係る表示装置３について説明する。図１８は、表示装置３の概略構成例を表したものである。表示装置３は、例えば、画素アレイ部４０、コントローラ５０およびドライバ６０を備えている。画素アレイ部４０は、行列状に配置された複数の表示画素４０Ａを含む。コントローラ５０およびドライバ６０は、外部から入力された映像信号Ｄｉｎおよび同期信号Ｔｉｎに基づいて、各表示画素４０Ａを駆動する。

[0076] 画素アレイ部４０は、コントローラ５０およびドライバ６０によって各表示画素４０Ａがアクティブマトリクス駆動されることにより、外部から入力された映像信号Ｄｉｎおよび同期信号Ｔｉｎに基づく画像を表示する。画素アレイ部４０は、行方向に延在する複数の走査線と、列方向に延在する複数の信号線と、走査線と信号線とが互いに交差する箇所ごとに１つずつ設けられた複数の表示画素４０Ａとを有している。

[0077] 走査線は、各表示画素４０Ａの選択に用いられるものであり、各表示画素４０Ａを所定の単位（例えば画素行）ごとに選択する選択パルスを各表示画素４０Ａに供給する。信号線は、映像信号Ｄｉｎに応じた信号電圧の、各表示画素４０Ａへの供給に用いられ、信号電圧を含むデータパルスを各表示画素４０Ａに供給する。

[0078] 各表示画素４０Ａは、各々が半導体レーザを含む複数のサブ画素を有している。各表示画素４０Ａにおいて、複数のサブ画素のうち、青色光および緑色光を発する半導体レーザのうち、少なくとも一方が、上記実施の形態およ

びその変形例に係る半導体レーザ１である。

[0079] ドライバ６０は、例えば、水平セレクタ６１およびライトスキャナ６２を有している。水平セレクタ６１は、例えば、コントローラ５０からの制御信号の入力に応じて（同期して）、映像信号処理回路５１から入力されたアナログの信号電圧を、各信号線に印加する。ライトスキャナ６２は、複数の表示画素４０Ａを所定の単位ごとに走査する。具体的には、ライトスキャナ６２は、１フレーム期間において、各走査線に選択パルスを順次、出力する。ライトスキャナ６２は、例えば、コントローラ５０からの制御信号の入力に応じて（同期して）、複数の走査線を所定のシーケンスで選択することにより、信号電圧の書き込みを所望の順番で実行させる。

[0080] コントローラ５０は、例えば、映像信号処理回路５１、タイミング生成回路５２および電源回路５３を有している。映像信号処理回路５１は、例えば、外部から入力されたデジタルの映像信号Ｄｉｎに対して所定の補正を行い、それにより得られた映像信号に基づいて、信号電圧を生成する。映像信号処理回路５１は、例えば、生成した信号電圧を水平セレクタ６１に出力する。タイミング生成回路５２は、ドライバ６０内の各回路が連動して動作するように制御するものである。タイミング生成回路５２は、例えば、外部から入力された同期信号Ｔｉｎに応じて（同期して）、ドライバ６０内の各回路に対して制御信号を出力する。電源回路５３は、水平セレクタ６１、ライトスキャナ６２、映像信号処理回路５１、タイミング生成回路５２、電源回路５３等の種々の回路で必要となる種々の固定電圧を生成し、供給する。

[0081] 本実施の形態では、各表示画素４０Ａにおいて、上記実施の形態またはその変形例に係る半導体レーザ１が用いられている。これにより、低消費電力で、高い発光強度を得ることができる。

[0082] ＜５．第４の実施の形態＞

次に、本開示の第４の実施の形態に係る電子機器４について説明する。図１９は、電子機器４の斜視構成の一例を表したものである。電子機器４は、例えば、板状の筐体の主面に表示面を備えた携帯端末である。電子機器４は

、例えば、表示面の位置に、上記第３の実施の形態に係る表示装置３を備えている。表示装置３の画素アレイ部４０が、電子機器４の表示面に配置されている。

[0083] 本実施の形態では、各表示画素４０Ａにおいて、上記実施の形態またはその変形例に係る半導体レーザ１が用いられている。これにより、低消費電力で、高い発光強度を得ることができる。

[0084] なお、上記第３の実施の形態に係る表示装置３は、テレビジョン装置、デジタルカメラ、ノート型パーソナルコンピュータ、携帯電話等の携帯端末装置あるいはビデオカメラなど、外部から入力された映像信号あるいは内部で生成した映像信号を、画像あるいは映像として表示するあらゆる分野の電子機器の表示装置に適用することが可能である。

[0085] 以上、複数の実施の形態を挙げて本開示を説明したが、本開示は上記各実施の形態に限定されるものではなく、種々変形が可能である。なお、本明細書中に記載された効果は、あくまで例示である。本開示の効果は、本明細書中に記載された効果に限定されるものではない。本開示が、本明細書中に記載された効果以外の効果を持っていてもよい。

[0086] また、例えば、本開示は以下のような構成を取ることができる。

（１）

第１クラッド層、活性層、１または複数の低濃度不純物層、コンタクト層、および、透明導電材料で形成された第２クラッド層をこの順に含み、前記コンタクト層を含む部分に積層面内の一の方向に延在するリッジ形状を有する半導体積層部を備え、

前記１または複数の低濃度不純物層において、不純物濃度が５．０×１０^{17}ｃｍ$^{-3}$以下となっており、前記低濃度不純物層の総膜厚が２５０ｎｍ以上１０００ｎｍ以下となっており、

前記第２クラッド層に最も近い前記低濃度不純物層と前記第２クラッド層との距離が１５０ｎｍ以下となっている

半導体レーザ。

（２）

前記第１クラッド層、前記活性層、前記低濃度不純物層および前記コンタクト層は、ともに、窒化物系の半導体材料で形成されている

（１）に記載の半導体レーザ。

（３）

前記透明導電材料は、ＩＴＯ、または、ＩＴｉＯである

（１）または（２）に記載の半導体レーザ。

（４）

前記低濃度不純物層に含まれる不純物は、Ｍｇ，Ｃ，Ｓｉ，Ｏのうち少なくとも１つ以上の元素で構成されている

（１）ないし（３）のいずれか１つに記載の半導体レーザ。

（５）

前記活性層と前記コンタクト層との間に挿入されたキャリアブロック層をさらに備え、

前記低濃度不純物層において、前記リッジ形状の直下の部分の膜厚が、前記リッジ形状の脇の部分の膜厚よりも厚くなっている

（１）ないし（４）のいずれか１つに記載の半導体レーザ。

（６）

前記キャリアブロック層は，当該キャリアブロック層のエネルギーバンドギャップが前記コンタクト層側に向って減少するように組成傾斜されたグレーデッド層を有する

（５）に記載の半導体レーザ。

（７）

第１クラッド層、活性層、不純物濃度が５．０×１０^{17}ｃｍ$^{-3}$以下の１または複数の低濃度不純物層、コンタクト層、および、透明導電材料で形成された第２クラッド層をこの順に含み、前記コンタクト層を含む部分に積層面内の一の方向に延在するリッジ形状を有する半導体積層部を備えた半導体レーザであって、

前記第２クラッド層は、当該半導体レーザが駆動されたときに前記半導体積層部内に生じる光導波領域から離れた位置に設けられており、

前記第２クラッド層の、前記活性層に近い側の境界位置における、光強度の最大値に対する光強度比が０．００７よりも小さくなっている

半導体レーザ。

（８）

半導体レーザを光源として備え、

前記半導体レーザは、

第１クラッド層、活性層、１または複数の低濃度不純物層、コンタクト層、および、透明導電材料で形成された第２クラッド層をこの順に含み、前記コンタクト層を含む部分に積層面内の一の方向に延在するリッジ形状を有する半導体積層部を備え、

前記１または複数の低濃度不純物層において、不純物濃度が５．０×10^{17}ｃｍ$^{-3}$以下となっており、前記低濃度不純物層の総膜厚が２５０ｎｍ以上１０００ｎｍ以下となっており、

前記第２クラッド層に最も近い前記低濃度不純物層と前記第２クラッド層との距離が１５０ｎｍ以下となっている

電子機器。

（９）

半導体レーザを光源として備え、

前記半導体レーザは、

第１クラッド層、活性層、不純物濃度が５．０×10^{17}ｃｍ$^{-3}$以下の１または複数の低濃度不純物層、コンタクト層、および、透明導電材料で形成された第２クラッド層をこの順に含み、前記コンタクト層を含む部分に積層面内の一の方向に延在するリッジ形状を有する半導体積層部を備えた半導体レーザであって、

前記第２クラッド層は、当該半導体レーザが駆動されたときに前記半導体積層部内に生じる光導波領域から離れた位置に設けられており、

前記第２クラッド層の、前記活性層に近い側の境界位置における、光強度の最大値に対する光強度比が０．００７よりも小さくなっている

電子機器。

[0087] 本開示の一実施形態に係る第１の半導体レーザ、第２の半導体レーザ、第１の電子機器および第２の電子機器によれば、透明導電材料による光吸収を抑え、さらに、例えばＭｇドープのＡｌＧａＮからなる厚膜のクラッド層を設けなくても、透明導電材料で形成された第２クラッド層によって光を積層方向において閉じ込め、帯状のリッジによって横方向においても光を閉じ込めることができるようにしたので、駆動電圧を抑えることができる。なお、本開示の効果は、ここに記載された効果に必ずしも限定されず、本明細書中に記載されたいずれの効果であってもよい。

[0088] 本出願は、日本国特許庁において２０１８年１月２３に出願された日本特許出願番号第２０１８－００８９５５号を基礎として優先権を主張するものであり、この出願のすべての内容を参照によって本出願に援用する。

[0089] 当業者であれば、設計上の要件や他の要因に応じて、種々の修正、コンビネーション、サブコンビネーション、および変更を想到し得るが、それらは添付の請求の範囲やその均等物の範囲に含まれるものであることが理解される。

請求の範囲

[請求項1] 第１クラッド層、活性層、１または複数の低濃度不純物層、コンタクト層、および、透明導電材料で形成された第２クラッド層をこの順に含み、前記コンタクト層を含む部分に積層面内の一の方向に延在するリッジ形状を有する半導体積層部を備え、

前記１または複数の低濃度不純物層において、不純物濃度が５．０×１０^{17}ｃｍ$^{-3}$以下となっており、前記低濃度不純物層の総膜厚が２５０ｎｍ以上１０００ｎｍ以下となっており、

前記第２クラッド層に最も近い前記低濃度不純物層と前記第２クラッド層との距離が１５０ｎｍ以下となっている

半導体レーザ。

[請求項2] 前記第１クラッド層、前記活性層、前記低濃度不純物層および前記コンタクト層は、ともに、窒化物半導体で形成されている

請求項１に記載の半導体レーザ。

[請求項3] 前記透明導電材料は、ＩＴＯ（Indium Tin Oxide）、または、ＩＴｉＯ（Indium Titanium Oxide）である

請求項２に記載の半導体レーザ。

[請求項4] 前記低濃度不純物層に含まれる不純物は、Ｍｇ，Ｃ，Ｓｉ，Ｏのうち少なくとも１つ以上の元素で構成されている

請求項１に記載の半導体レーザ。

[請求項5] 前記活性層と前記コンタクト層との間に挿入されたキャリアブロック層をさらに備え、

前記低濃度不純物層において、前記リッジ形状の直下の部分の膜厚が、前記リッジ形状の脇の部分の膜厚よりも厚くなっている

請求項１に記載の半導体レーザ。

[請求項6] 前記キャリアブロック層は，当該キャリアブロック層のエネルギーバンドギャップが前記コンタクト層側に向って減少するように組成傾斜されたグレーデッド層を有する

請求項５に記載の半導体レーザ。

[請求項7] 第１クラッド層、活性層、不純物濃度が５．０×１０^{17}ｃｍ$^{-3}$以下の１または複数の低濃度不純物層、コンタクト層、および、透明導電材料で形成された第２クラッド層をこの順に含み、前記コンタクト層を含む部分に積層面内の一の方向に延在するリッジ形状を有する半導体積層部を備えた半導体レーザであって、

前記第２クラッド層は、当該半導体レーザが駆動されたときに前記半導体積層部内に生じる光導波領域から離れた位置に設けられており、

前記第２クラッド層の、前記活性層に近い側の境界位置における、光強度の最大値に対する光強度比が０．００７よりも小さくなっている

半導体レーザ。

[請求項8] 半導体レーザを光源として備え、

前記半導体レーザは、

第１クラッド層、活性層、１または複数の低濃度不純物層、コンタクト層、および、透明導電材料で形成された第２クラッド層をこの順に含み、前記コンタクト層を含む部分に積層面内の一の方向に延在するリッジ形状を有する半導体積層部を備え、

前記１または複数の低濃度不純物層において、不純物濃度が５．０×１０^{17}ｃｍ$^{-3}$以下となっており、前記低濃度不純物層の総膜厚が２５０ｎｍ以上１０００ｎｍ以下となっており、

前記第１クラッド層に最も近い前記低濃度不純物層と前記第１クラッド層との距離が１５０ｎｍ以下となっている

電子機器。

[請求項9] 半導体レーザを光源として備え、

前記半導体レーザは、

第１クラッド層、活性層、不純物濃度が５．０×１０^{17}ｃｍ$^{-3}$以下

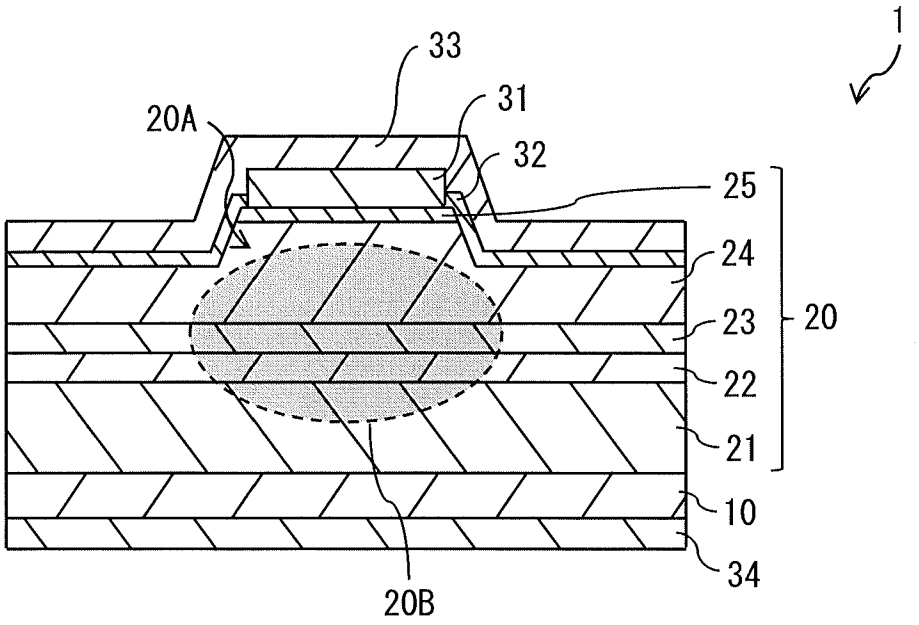
の１または複数の低濃度不純物層、コンタクト層、および、透明導電材料で形成された第２クラッド層をこの順に含み、前記コンタクト層を含む部分に積層面内の一の方向に延在するリッジ形状を有する半導体積層部を備えた半導体レーザであって、

前記第２クラッド層は、当該半導体レーザが駆動されたときに前記半導体積層部内に生じる光導波領域から離れた位置に設けられており、

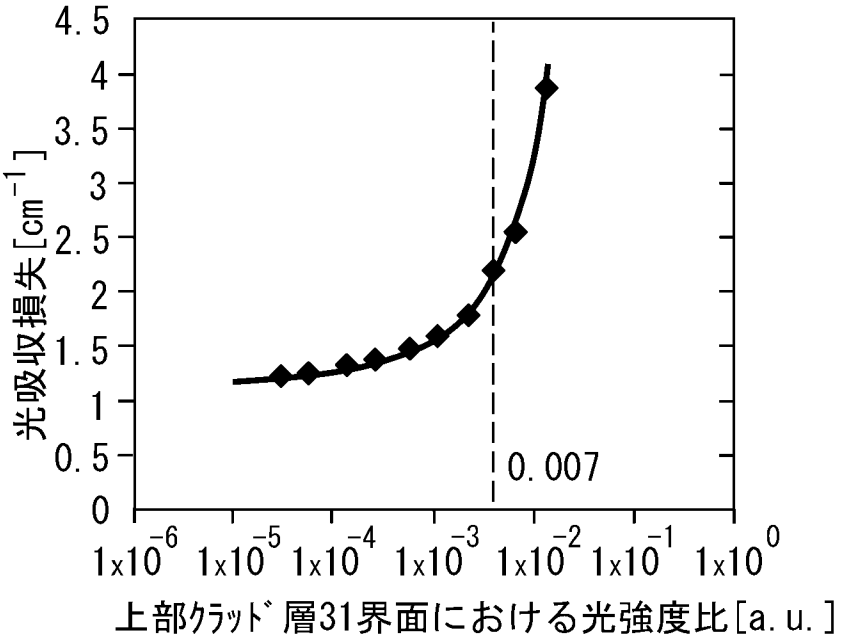
前記第２クラッド層の、前記活性層に近い側の境界位置における、光強度の最大値に対する光強度比が０．００７よりも小さくなっている

電子機器。

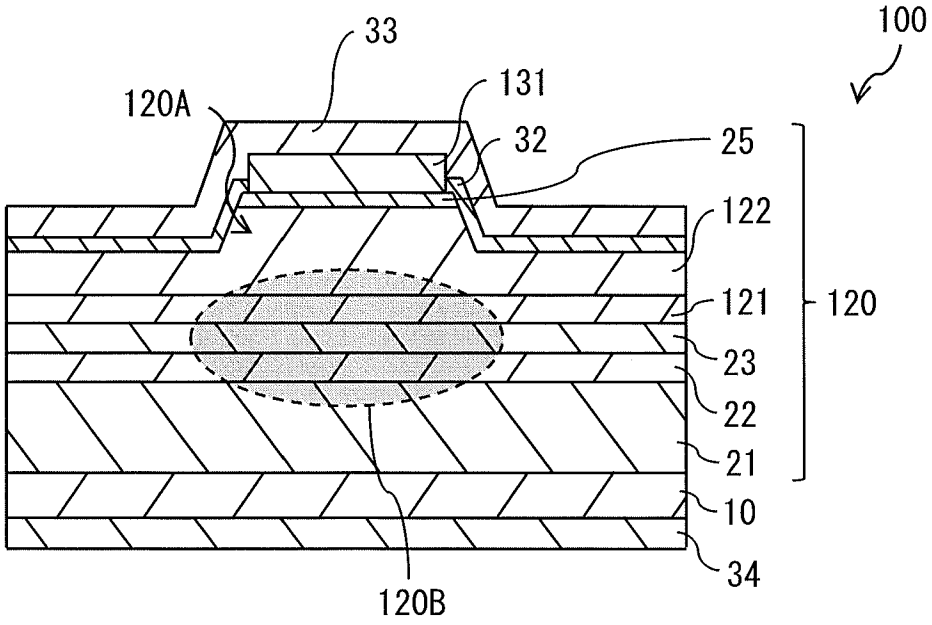
[図1]


1
33
31
20A
32
25
24
23
20
22
21
10
34
20B

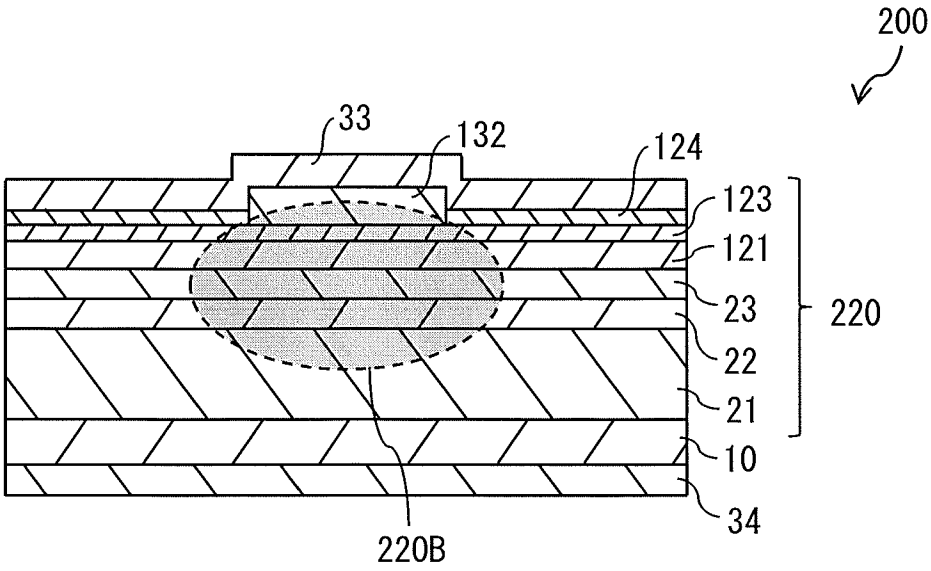
[図2]


4.5
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
光吸収損失[cm^{-1}]
0.007
1x10^{-6} 1x10^{-5} 1x10^{-4} 1x10^{-3} 1x10^{-2} 1x10^{-1} 1x10^{0}
上部ｸﾗｯﾄﾞ層31界面における光強度比[a.u.]

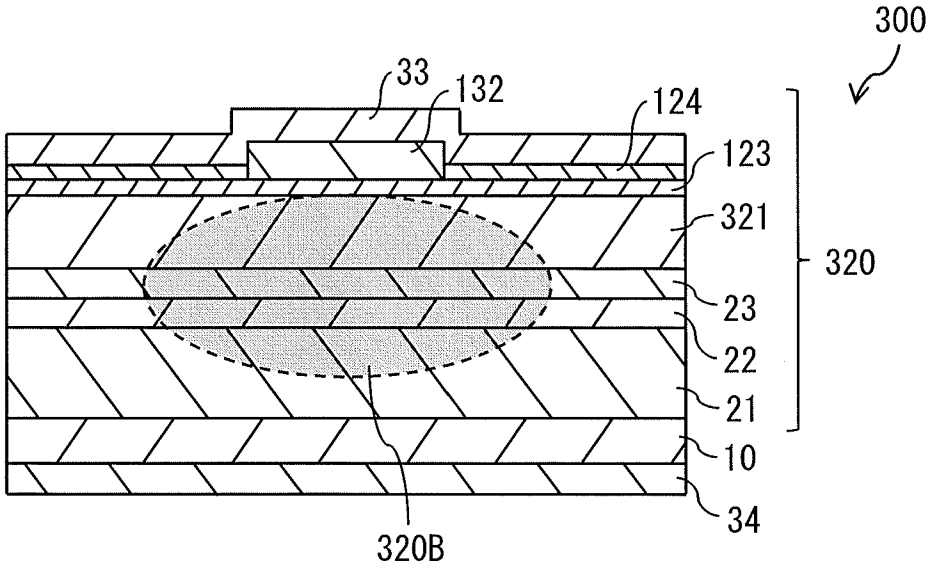
[図3]


100
33
131
120A
32
25
122
121
120
23
22
21
10
34
120B

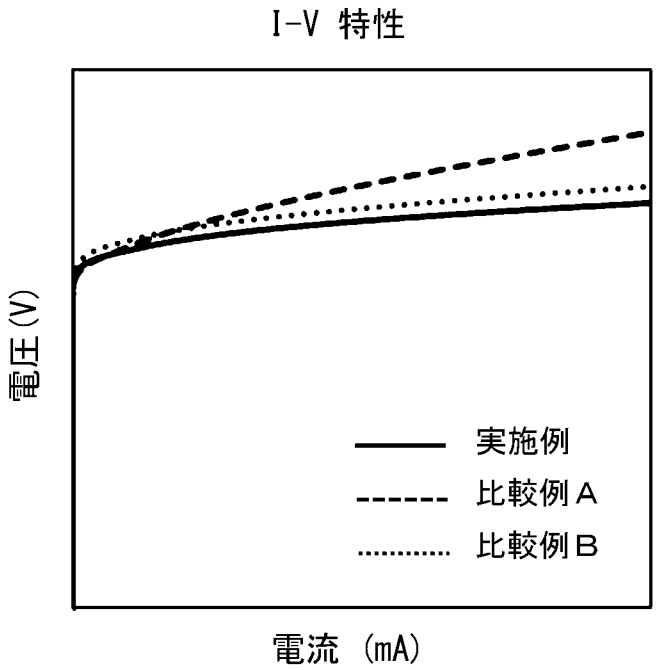
[図4]


200
33
132
124
123
121
23
220
22
21
10
34
220B

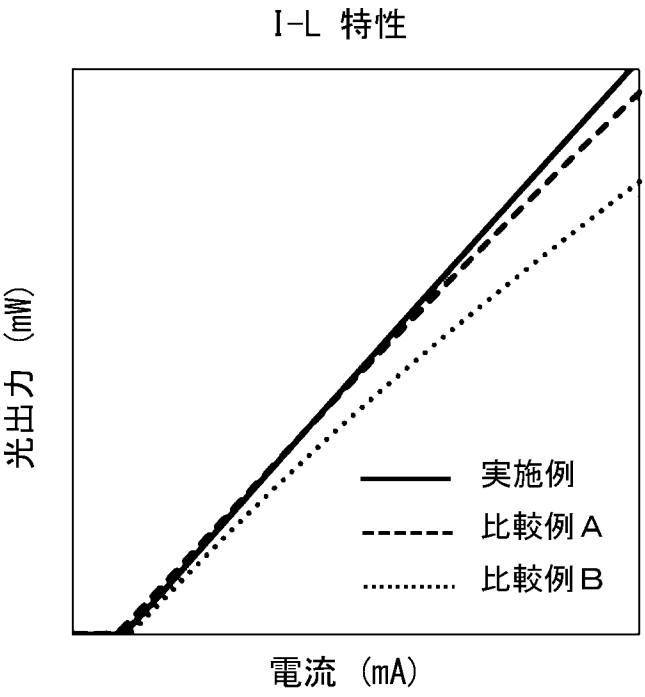
[図5]


300
33
132
124
123
321
320
23
22
21
10
34
320B

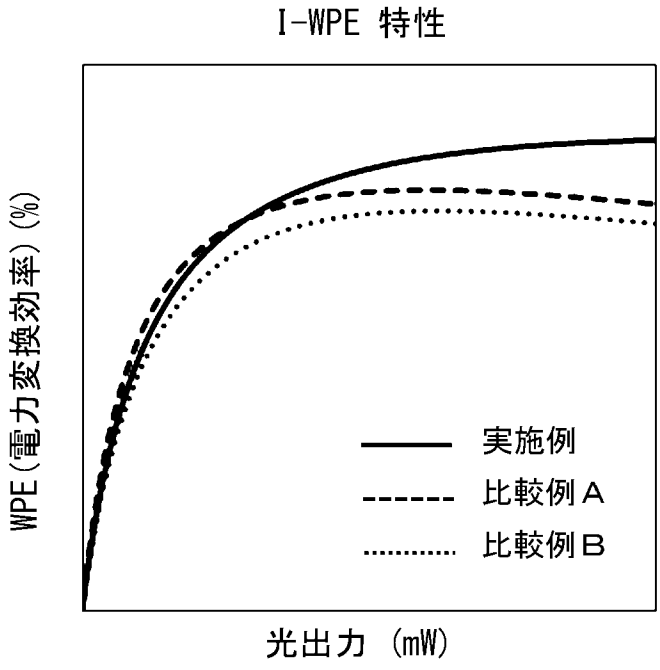
[図6]


I-V 特性
電圧 (V)
実施例
比較例A
比較例B
電流 (mA)

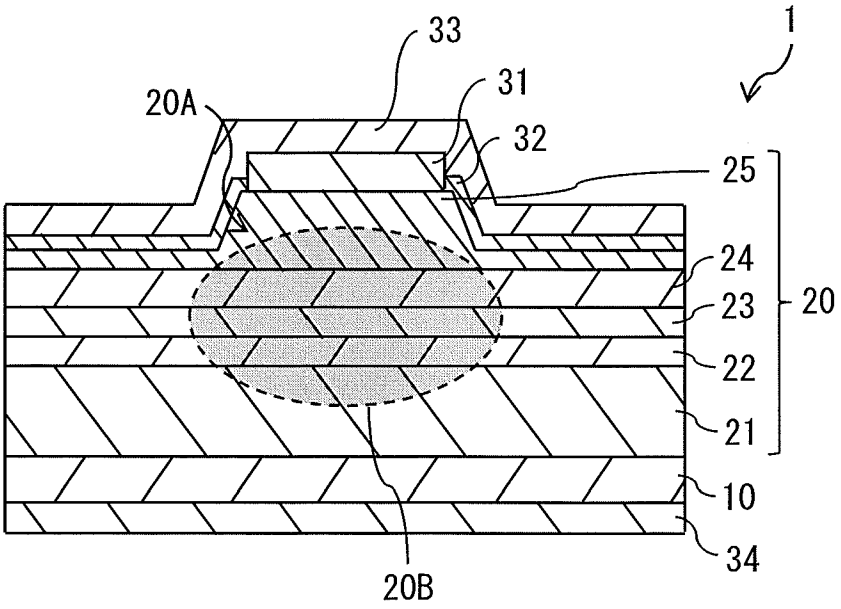
[図7]


I-L 特性
光出力 (mW)
実施例
比較例A
比較例B
電流 (mA)

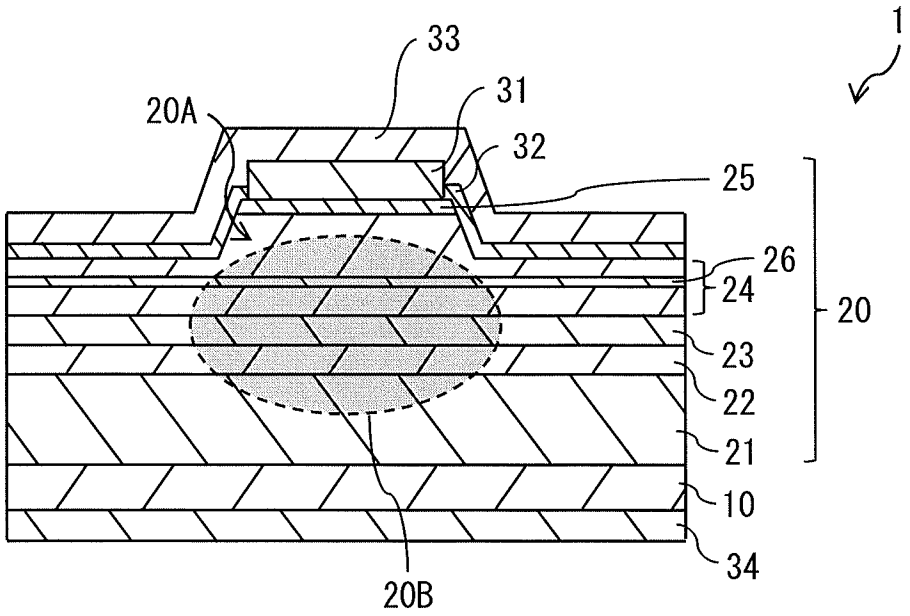
[図8]


I-WPE 特性
WPE(電力変換効率)(%)
実施例
比較例A
比較例B
光出力 (mW)

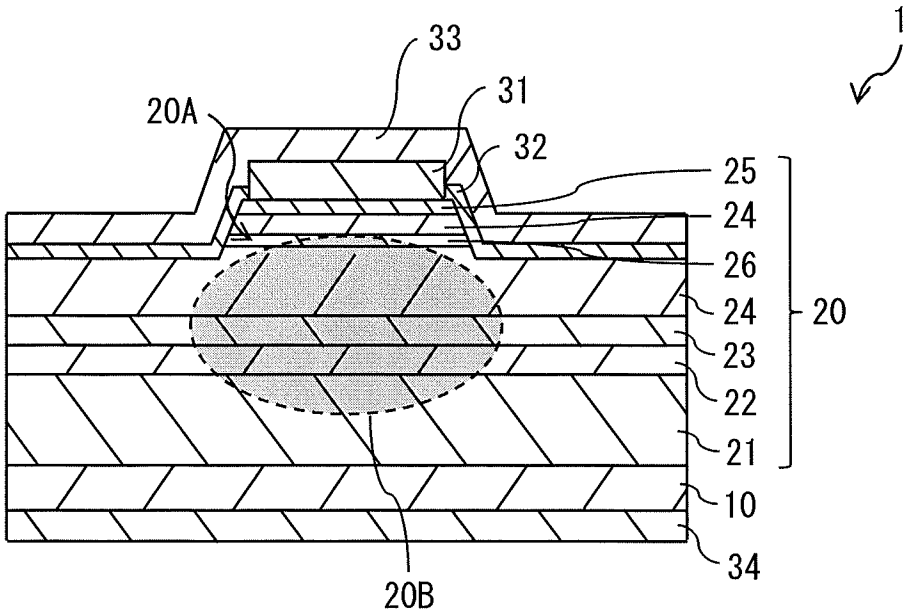
[図9]


1
33
31
20A
32
25
24
23
20
22
21
10
34
20B

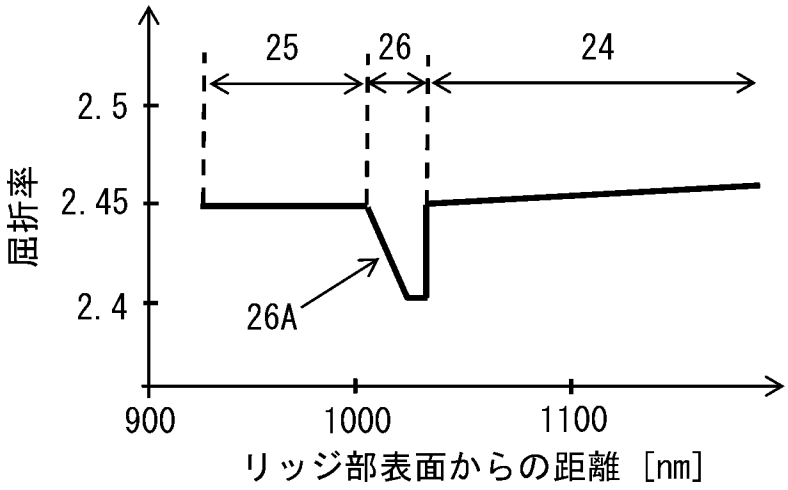
[図10]


1
33
31
20A
32
25
26
24
20
23
22
21
10
34
20B

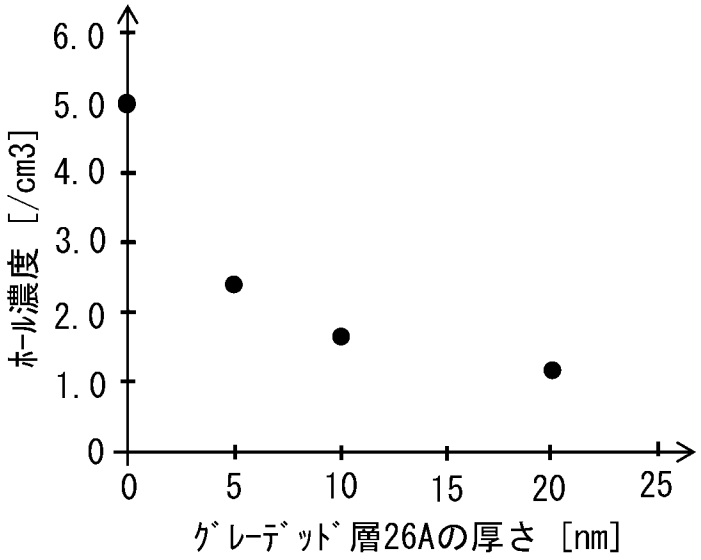
[図11]


1
33
31
20A
32
25
24
26
24
20
23
22
21
10
34
20B

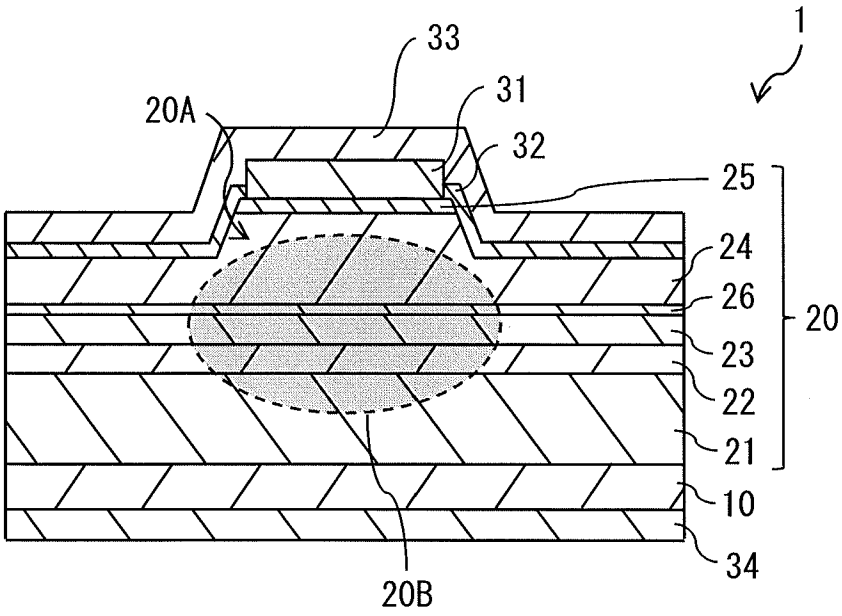
[図12]


25
26
24
2.5
2.45
2.4
屈折率
26A
900
1000
1100
リッジ部表面からの距離 [nm]

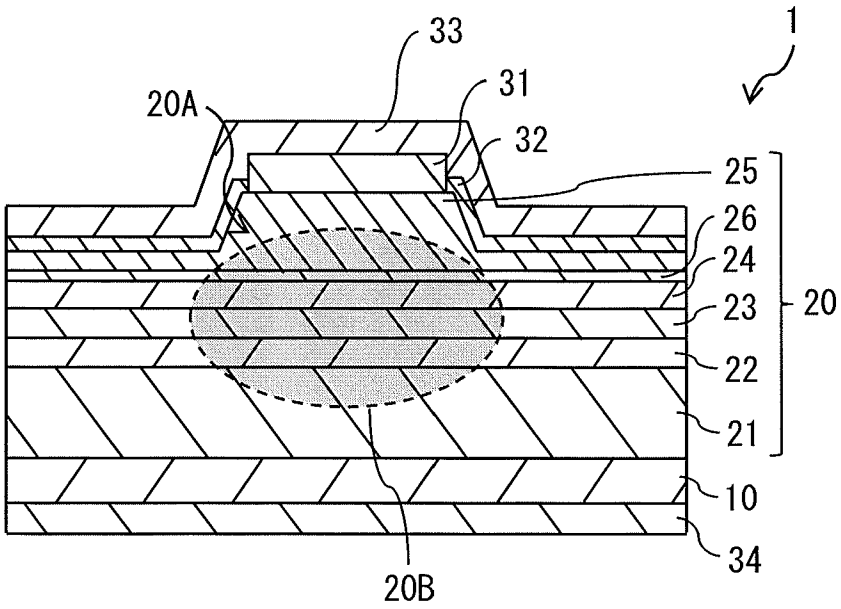
[図13]


6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0
ホール濃度 [/cm3]
0
5
10
15
20
25
グレーデッド層26Aの厚さ [nm]

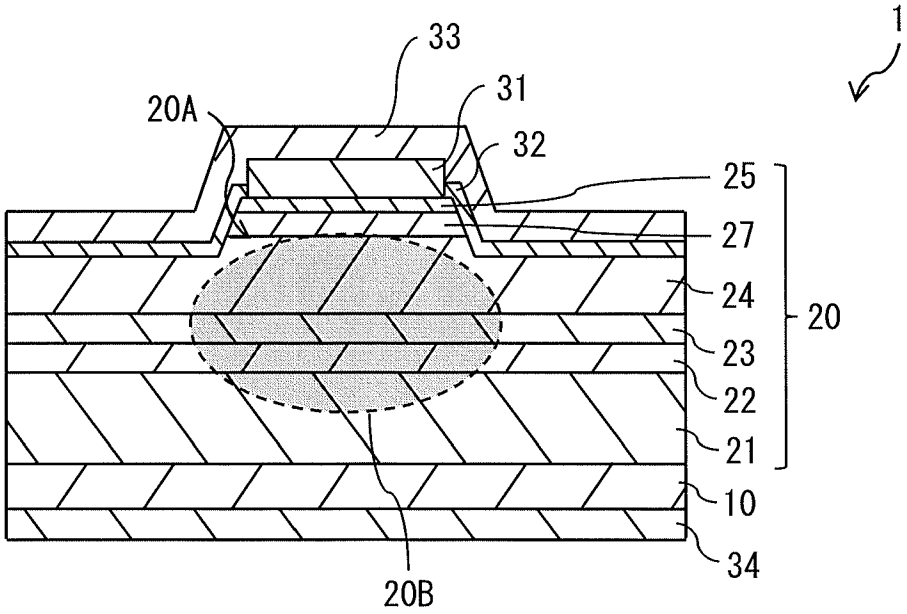
[図14]


1
33
31
20A
32
25
24
26
20
23
22
21
10
34
20B

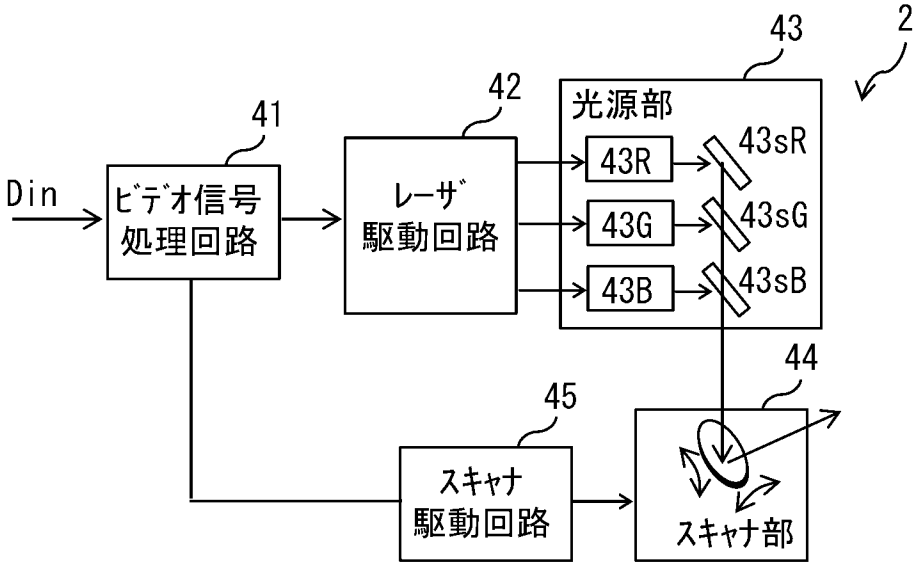
[図15]


1
33
31
20A
32
25
26
24
23
20
22
21
10
34
20B

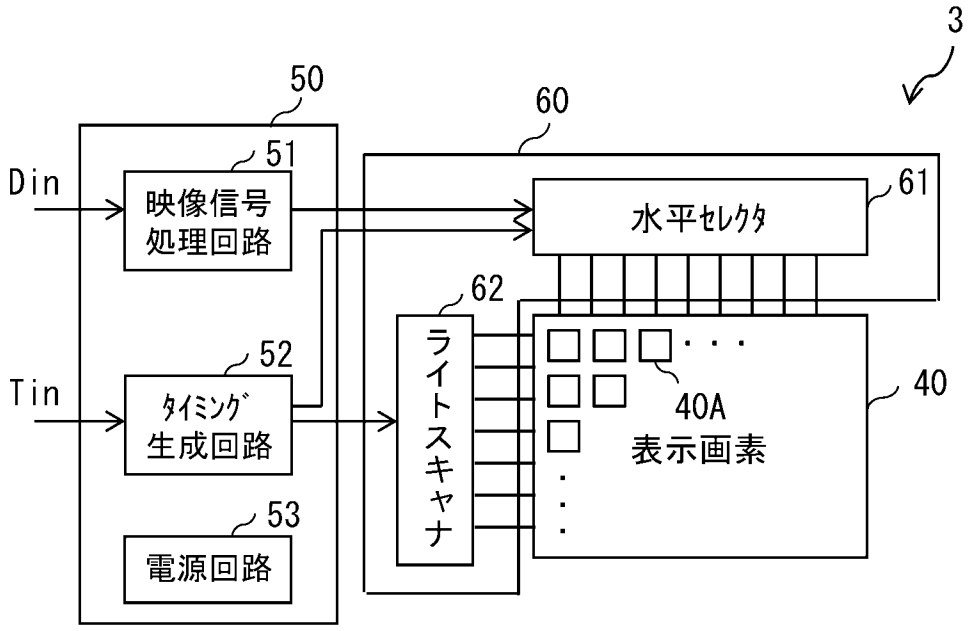
[図16]


1
33
31
20A
32
25
27
24
20
23
22
21
10
34
20B

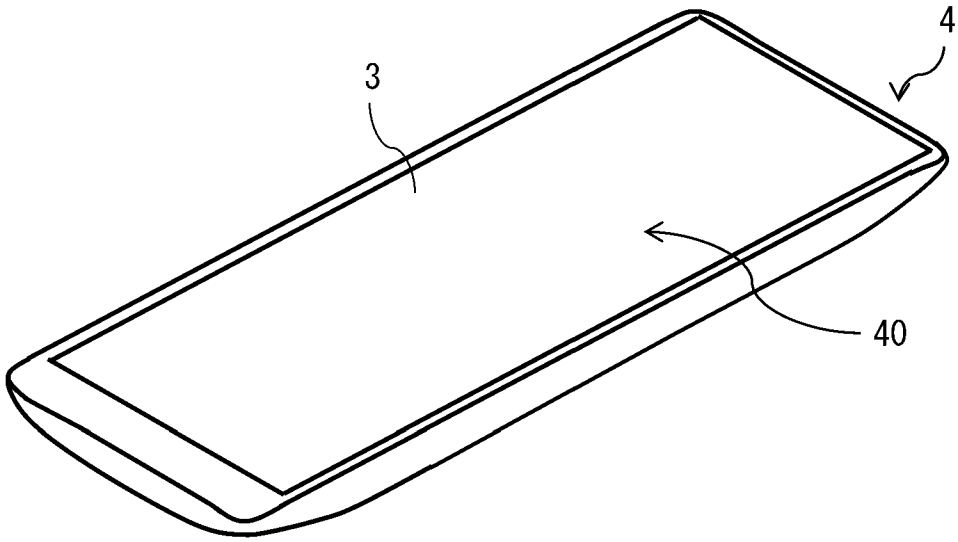
[図17]


2
43
光源部
42
41
Din
ビデオ信号
処理回路
レーザ
駆動回路
43R
43G
43B
43sR
43sG
43sB
44
45
スキャナ
駆動回路
スキャナ部

[図18]


3
50
60
51
Din
映像信号
処理回路
61
水平セレクタ
62
52
Tin
タイミング
生成回路
ライトスキャナ
40A
表示画素
40
53
電源回路

[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/001192

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. H01S5/20(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl. H01S5/20

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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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.
Y	WO 2013/157176 A1 (PANASONIC CORP.) 24 October 2013, paragraphs [0017]-[0040], [0044], [0094]-[0098], fig. 7 & US 2014/0014998 A1, paragraphs [0042]-[0065], [0069], [0116]-[0126], fig. 7 & CN 103477513 A	1-9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ 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	Date of mailing of the international search report
05 March 2019 (05.03.2019)	26 March 2019 (26.03.2019)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/001192

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2017/017928 A1 (PANASONIC CORP.) 02 February 2017, paragraphs [0020]-[0024], [0046], fig. 1, 5 & US 2018/0131161 A1, paragraphs [0029]-[0033], [0055]-[0057], fig. 1, 5 & CN 107851969 A	1-9
Y	JP 2005-150568 A (SHARP CORP.) 09 June 2005, paragraphs [0055]-[0056] (Family: none)	5-6
A	US 2017/0077677 A1 (SORAA LASER DIODE, INC.) 16 March 2017, entire text all drawings & CN 104836118 A	1-9

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１９／００１１９２

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01S5/20(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01S5/20

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	１９７１－２０１９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１９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
Y	WO 2013/157176 A1 (パナソニック株式会社) 2013.10.24, [0017]-[0040],[0044],[0094]-[0098], 図７ & US 2014/0014998 A1, [0042]-[0065], [0069], [0116]-[0126], FIG.7 & CN 103477513 A	1-9

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０５．０３．２０１９	２６．０３．２０１９

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｋ　６２０４
皆藤　彰吾
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５５

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	WO 2017/017928 A1 (パナソニック株式会社) 2017.02.02, [0020]-[0024], [0046], 図 1, 5 & US 2018/0131161 A1, [0029]-[0033], [0055]-[0057], FIGS.1, 5 & CN 107851969 A	1-9
Y	JP 2005-150568 A (シャープ株式会社) 2005.06.09, [0055]-[0056] (ファミリーなし)	5-6
A	US 2017/0077677 A1 (SORAA LASER DIODE, INC.) 2017.03.16, 全文全図 & CN 104836118 A	1-9