(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
2021年9月23日(23.09.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/187282 A1

(51) 国際特許分類:
H01S 5/183 (2006.01)　*H01S 5/042* (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2021/009661

(22) 国際出願日：　2021年3月10日(10.03.2021)

(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：
特願 2020-048988　2020年3月19日(19.03.2020)　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: 我妻　新一 (**AGATUMA, Shinichi**); 〒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).

(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).

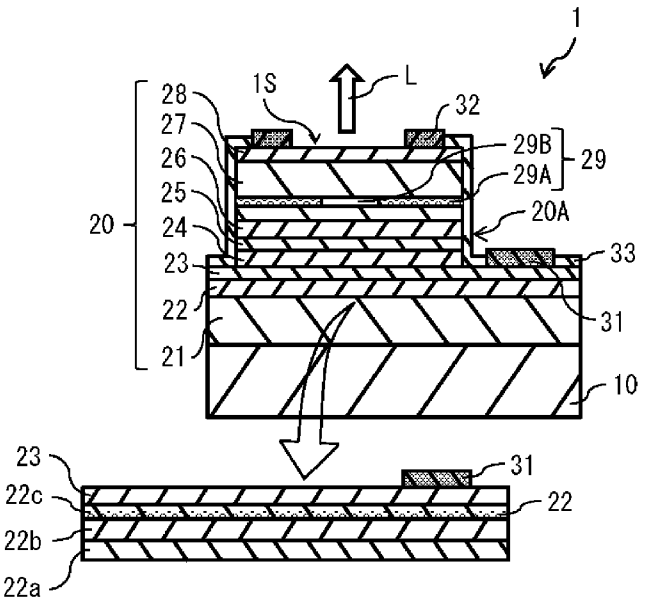
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH,

WO 2021/187282 A1

(54) **Title:** SURFACE EMITTING LASER

(54) 発明の名称： 面発光レーザ

[図1]



(57) **Abstract:** A surface emitting laser according to an embodiment of the present disclosure comprises a layered structure including a first DBR layer, an active layer, a second DBR layer and a first conductive type contact layer in this order, and further including a second conductive type contact layer and a two-dimensional electron gas generation layer between the first DBR layer and the active layer or in the first DBR layer. The surface emitting laser further comprises a first electrode layer in contact with the first conductive type contact layer, and a second electrode layer in contact with the

[続葉有]

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, 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)）

second conductive type contact layer.

(57) 要約：本開示の一実施形態に係る面発光レーザは、第１ＤＢＲ層、活性層、第２ＤＢＲ層および第１導電型コンタクト層をこの順に含み、さらに、第１ＤＢＲ層と活性層との間、または、第１ＤＢＲ層内に第２導電型コンタクト層および２次元電子ガス生成層を含む積層構造を備える。この面発光レーザは、さらに、第１導電型コンタクト層に接する第１電極層と、第２導電型コンタクト層に接する第２電極層とを備える。

明　細　書

発明の名称 ： 面発光レーザ

技術分野

[0001] 本開示は、面発光レーザに関する。

背景技術

[0002] 面発光レーザについて、例えば、特許文献１，２に開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平１１－０４６０３８号公報

特許文献2：特開２０１８－１２５４０４号公報

発明の概要

[0004] 面発光レーザでは、高光出力と低駆動電圧を両立することが求められている。従って、高光出力と低駆動電圧を両立することの可能な面発光レーザ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面発光レーザは、第１ＤＢＲ（distributed Bragg reflector）層、活性層、第２ＤＢＲ層および第１導電型コンタクト層をこの順に含み、さらに、第１ＤＢＲ層と活性層との間、または、第１ＤＢＲ層内に第２導電型コンタクト層および２次元電子ガス生成層を含む積層構造を備える。この面発光レーザは、さらに、第１導電型コンタクト層に接する第１電極層と、第２導電型コンタクト層に接する第２電極層とを備える。

[0006] 本開示の一実施形態に係る面発光レーザでは、第２電極層に接する第２導電型コンタクト層によって、面発光レーザの駆動電圧が低減され、第２導電型コンタクト層の近くに設けられた２次元電子ガス生成層によって、第２導電型コンタクト層を薄くした場合であっても、キャリアの輸送が確保される。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]本開示の一実施の形態に係る面発光レーザの断面構成例を表す図である

。

[図2]図１の面発光レーザにおける２次元電子ガス生成層およびその近傍の層の伝導帯のエネルギー準位の一例を表す図である。

[図3]比較例に係る面発光レーザの断面構成例を表す図である。

[図4]比較例に係る面発光レーザの断面構成例を表す図である。

[図5]図１の面発光レーザの断面構成の一変形例を表す図である。

[図6]図５の面発光レーザにおける２次元電子ガス生成層およびその近傍の層の伝導帯のエネルギー準位の一例を表す図である。

[図7]図１の面発光レーザの断面構成の一変形例を表す図である。

[図8]図５の面発光レーザの断面構成の一変形例を表す図である。

発明を実施するための形態

[0008] 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。

[0009] ＜実施の形態＞

[構成]

本開示の一実施の形態に係る面発光レーザ１について説明する。図１は、面発光レーザ１の断面構成例を表したものである。

[0010] 面発光レーザ１は、基板１０上に垂直共振器を備えている。垂直共振器は、基板１０の法線方向において互いに対向する２つのＤＢＲ（distributed Bragg reflector）層（ｎ型ＤＢＲ層２１、ｐ型ＤＢＲ層２７）によって発振波長λ０で発振するように構成されている。ｎ型ＤＢＲ層２１は、本開示の「第１ＤＢＲ層」の一具体例に相当する。ｐ型ＤＢＲ層２７は、本開示の「第２ＤＢＲ層」の一具体例に相当する。ｎ型ＤＢＲ層２１は、ｐ型ＤＢＲ層２７と比べて基板１０寄りの位置に形成されている。ｐ型ＤＢＲ層２７は、ｎ型ＤＢＲ層２１と比べて基板１０から離れた位置に形成されている。面発光レーザ１は、ｐ型ＤＢＲ層２７側からレーザ光Ｌが出射されるように構成

されている。従って、面発光レーザ１は、上面にレーザ光Ｌの光出射面１Ｓを有する上面出射型のレーザである。

[0011] 面発光レーザ１は、基板１０上に、基板１０を結晶成長基板としてエピタキシャル結晶成長法により形成されたエピタキシャル積層構造２０を備えている。エピタキシャル積層構造２０は、例えば、ｎ型ＤＢＲ層２１、２次元電子ガス生成層２２、ｎ型コンタクト層２３、スペーサ層２４、活性層２５、スペーサ層２６、ｐ型ＤＢＲ層２７およびｐ型コンタクト層２８を、基板１０側からこの順に含んで構成されている。ｎ型コンタクト層２３は、本開示の「第１導電型コンタクト層」の一具体例に相当する。ｐ型コンタクト層２８は、本開示の「第２導電型コンタクト層」の一具体例に相当する。

[0012] エピタキシャル積層構造２０において、少なくとも、スペーサ層２４、活性層２５、スペーサ層２６、ｐ型ＤＢＲ層２７およびｐ型コンタクト層２８は、基板１０の法線方向に延在する柱状のメサ部２０Ａを構成している。２次元電子ガス生成層２２およびｎ型コンタクト層２３は、メサ部２０Ａとの位置関係で、ｎ型ＤＢＲ層２１側の領域に設けられている。２次元電子ガス生成層２２は、ｎ型コンタクト層２３を間にして、少なくとも、メサ部２０Ａおよび電極層３１と対向する位置に設けられている。ｎ型コンタクト層２３は、２次元電子ガス生成層２２よりも活性層２５寄りの位置に形成されている。２次元電子ガス生成層２２およびｎ型コンタクト層２３は、ｎ型ＤＢＲ層２１と活性層２５との間に設けられている。基板１０は、２次元電子ガス生成層２２およびｎ型コンタクト層２３を介して、メサ部２０Ａと対向する位置に配置されている。

[0013] 面発光レーザ１は、メサ部２０Ａの頂部（つまり、ｐ型コンタクト層２８）に接する電極層３２を備えており、メサ部２０Ａのすそ野に広がるｎ型コンタクト層２３に接する電極層３１を備えている。ｐ型コンタクト層２８は、ｐ型ＤＢＲ層２７と電極層３２とを互いにオーミック接触させるための層である。ｎ型コンタクト層２３は、電極層３１とメサ部２０Ａの中心部分との間の電流経路となる層である。電極層３２は、例えば、少なくとも、活性

層２５の発光領域と対向する位置に開口を有するリング形状となっている。ｎ型コンタクト層２３のうち、電極層３２の開口内に露出している表面が光出射面１Ｓとなる。電極層３１は、ｎ型コンタクト層２３の、活性層２５側の表面のうち、メサ部２０Ａのすそ野に相当する箇所（つまり、メサ部２０Ａに被覆されずに露出している露出面）に接している。電極層３２は、本開示の「第１電極層」の一具体例に相当する。電極層３１は、本開示の「第２電極層」の一具体例に相当する。

[0014] 面発光レーザ１は、例えば、砒化物半導体によって形成されている。砒化物半導体とは、砒素（Ａｓ）元素を含み、またアルミニウム（ＡＩ）、ガリウム（Ｇａ）、インジウム(Ｉｎ)のうちの少なくとも１元素以上を含んで構成された化合物半導体を指す。基板１０は、例えば、ｎ型半導体基板である。基板１０に用いられ得るｎ型半導体基板としては、例えば、ｎ型ＧａＡｓ基板が挙げられる。基板１０は、半絶縁性半導体基板であってもよい。基板１０に用いられ得る半絶縁性半導体基板としては、例えば、ＧａＡｓ基板が挙げられる。基板１０は、活性層２５から発せられた光の吸収を低減する観点からは、半絶縁性半導体基板であってもよい。基板１０に用いられ得る半絶縁性半導体基板としては、例えば、半絶縁性ＧａＡｓ基板が挙げられる。

[0015] ｎ型ＤＢＲ層２１は、低屈折率層（図示せず）および高屈折率層（図示せず）を交互に積層して構成されたものである。ｎ型ＤＢＲ層２１において、低屈折率層は例えば光学厚さがλ０×１／４（λ０は発振波長）のｎ型ＡＩｘ１Ｇａ１－ｘ１Ａｓ（０＜ｘ１＜１）からなり、高屈折率層は例えば光学厚さがλ０×１／４のｎ型ＡＩｘ２Ｇａ１－ｘ２Ａｓ（０≦ｘ２＜ｘ１）からなる。

[0016] ２次元電子ガス生成層２２は、半導体層内で２次元状に電子が分布する状態を生成可能に構成されている。２次元電子ガス生成層２２は、例えば、積層された２種類の半導体層の境界で伝導帯に障壁を作り、電圧やドーピングの調整により、フェルミ準位が伝導帯より上に来るように構成されている。２次元電子ガス生成層２２は、例えば、ノンドープＧａＡｓ層２２ｃ、ノン

ドープＡｌＧａＡｓ層２２ｂおよびｎ型ＡｌＧａＡｓ層２２ａをｎ型コンタクト層２３側からこの順に含んで構成された積層体内に形成されている。２次元電子ガス生成層２２は、例えば、ｎ型ＤＢＲ層２１上に、ｎ型ＡｌＧａＡｓ層２２ａ、ノンドープＡｌＧａＡｓ層２２ｂおよびノンドープＧａＡｓ層２２ｃをこの順に積層して構成された積層体内に形成されている。例えば、図１、図２に示したように、ノンドープＧａＡｓ層２２ｃのうち、ノンドープＧａＡｓ層２２ｃとノンドープＡｌＧａＡｓ層２２ｂとの境界付近では、伝導帯に障壁が形成されており、フェルミ準位ＥＦが伝導帯より上に来ている。従って、ノンドープＧａＡｓ層２２ｃのうち、ノンドープＧａＡｓ層２２ｃとノンドープＡｌＧａＡｓ層２２ｂとの境界付近に、２次元電子ガス生成層２２が形成されている。

[0017] ｎ型コンタクト層２３は、例えば、ｎ型ＧａＡｓからなる。スペーサ層２４は、例えばｎ型ＡｌｘＧａ１－ｘＡｓ（０≦ｘ＜１）からなる。ｎ型ＤＢＲ層２１、ｎ型ＡｌＧａＡｓ層２２ａ、ｎ型コンタクト層２３およびスペーサ層２４におけるｎ型不純物としては、例えば、ケイ素（Ｓｉ）が挙げられる。

[0018] 活性層２５は、例えば、アンドープのＩｎｘ４Ｇａ１－ｘ４Ａｓ（０＜ｘ４＜１）からなる井戸層（図示せず）およびアンドープのＡｌｘ５Ｇａ１－ｘ５Ａｓ（０≦ｘ５＜１）からなる障壁層（図示せず）を交互に積層してなる多重量子井戸構造となっている。なお、活性層２５のうち電流注入領域２９Ｂ（後述）との対向領域が発光領域となる。

[0019] スペーサ層２６は、例えばｐ型ＡｌｘＧａ１－ｘＡｓ（０≦ｘ６＜１）からなる。ｐ型ＤＢＲ層２７は、低屈折率層（図示せず）および高屈折率層（図示せず）を交互に積層して構成されたものである。ｐ型ＤＢＲ層２７において、低屈折率層は例えば光学厚さがλ０×１／４のｐ型ＡｌｘＧａ１－ｘＡｓ（０＜ｘ７＜１）からなり、高屈折率層は例えば光学厚さがλ０×１／４のｎ型ＡｌｘＧａ１－ｘＡｓ（０≦ｘ８＜ｘ７）からなる。ｐ型ＤＢＲ層２７は、ｎ型ＤＢＲ層２１と比較して、メサ部２０Ａ内の垂直

共振器の発振波長λ０に対して小さな反射率を有するよう構成されている。ｐ型ＤＢＲ層２７は、例えば、ｎ型ＤＢＲ層２１と比較して薄く形成されている。ｐ型コンタクト層２８は、例えば、ｐ型Ａｌｘ９Ｇａ１－ｘ９Ａｓ（０≦ｘ９＜１）からなる。スペーサ層２６、ｐ型ＤＢＲ層２７およびｐ型コンタクト層２８におけるｐ型不純物としては、例えば、カーボン（Ｃ）が挙げられる。

[0020] エピタキシャル積層構造２０は、ｐ型ＤＢＲ層２７内、または、ｐ型ＤＢＲ層２７とスペーサ層２６との間に、電流狭窄層２９を有している。電流狭窄層２９は、電流注入領域２９Ｂおよび電流狭窄領域２９Ａを有する。電流狭窄領域２９Ａは、電流注入領域２９Ｂの周辺領域に形成されている。電流注入領域２９Ｂは、例えばｐ型Ａｌｘ１０Ｇａ１－ｘ１０Ａｓ（０＜ｘ１０≦１）からなる。電流狭窄領域２９Ａは、例えば、Ａｌ２Ｏ３（酸化アルミニウム）を含んで構成されており、例えば、後述のＡｌＡｓ層に含まれる高濃度のＡｌを、側面から酸化することにより得られる。従って、電流狭窄層２９は電流を狭窄する機能を有している。

[0021] 電極層３１は、ｎ型コンタクト層２３のうち、メサ部２０Ａ側の表面に接している。電極層３１は、合金を含んで構成されており、例えば、ＡｕＧｅ、Ｎｉ、Ａｕをｎ型コンタクト層２３側から順に積層して構成された積層体となっている。電極層３２は、非合金によって構成されており、例えば、Ｔｉ、Ｐｔ、Ａｕをｐ型コンタクト層２８側から順に積層して構成された積層体となっている。メサ部２０Ａの周囲には、絶縁層３３が形成されている。絶縁層３３は、メサ部２０Ａを保護するための層であり、例えば、ＳｉＯ２またはＳｉ３Ｎ４で構成されている。

[0022] [製造方法]

次に、本実施の形態に係る面発光レーザ１の製造方法について説明する。

[0023] 面発光レーザ１を製造するためには、例えばＧａＡｓからなる基板１０上に、化合物半導体を、例えばＭＯＣＶＤ（Metal Organic Chemical Vapor Deposition ：有機金属気相成長）法などのエピタキシャル結晶成長法により一

括に形成する。この際、化合物半導体の原料としては、例えば、トリメチルアルミニウム（ＴＭＡｌ）、トリメチルガリウム（ＴＭＧａ）、トリメチルインジウム（ＴＭＩｎ）などのメチル系有機金属ガスと、アルシン(ＡｓＨ３)ガスを用い、ドナー不純物の原料としては、例えばジシラン（Ｓｉ２Ｈ６）を用い、アクセプタ不純物の原料としては、例えば四臭化炭素（ＣＢｒ４）を用いる。

[0024] まず、基板１０の表面上に、例えばＭＯＣＶＤ法などのエピタキシャル結晶成長法により、ｎ型ＤＢＲ層２１、２次元電子ガス生成層２２、ｎ型コンタクト層２３、スペーサ層２４、活性層２５、スペーサ層２６、ｐ型ＤＢＲ層２７およびｐ型コンタクト層２８を含むエピタキシャル積層構造２０を形成する。

[0025] 次に、例えば、円形状のレジスト層（図示せず）を形成したのち、このレジスト層をマスクとして、エピタキシャル積層構造２０を選択的にエッチングするとともに、ｎ型コンタクト層２３に達する深さまでエピタキシャル積層構造２０をエッチングする。このとき、例えばＣｌ系ガスによるＲＩＥ（Reactive Ion Etching）を用いることが好ましい。このようにして、柱状のメサ部２０Ａを形成する。このとき、メサ部２０Ａのすそ野には、ｎ型コンタクト層２３が露出している。また、電流狭窄層２９が形成される箇所にＡｌＡｓ層が形成されており、メサ部２０Ａの側面にはＡｌＡｓ層が露出している。その後、レジスト層を除去する。

[0026] 次に、水蒸気雰囲気中において、高温で酸化処理を行い、メサ部２０Ａの側面からＡｌＡｓ層に含まれるＡｌを選択的に酸化する。または、ウエット酸化法により、メサ部２０Ａの側面からＡｌＡｓ層に含まれるＡｌを選択的に酸化する。これにより、メサ部２０Ａ内において、ＡｌＡｓ層の外縁領域が絶縁層（酸化アルミニウム）となり、電流狭窄層２９が形成される。

[0027] 次に、メサ部２０Ａ（例えばｐ型コンタクト層２８）の上面に接する電極層３２を形成したのち、メサ部２０Ａを覆う絶縁層３３を形成する。このとき、メサ部２０Ａのすそ野の所定の箇所に開口を形成しておく。次に、その

開口内に、ｎ型コンタクト層２３のうち、メサ部２０Ａ側の表面（露出面）に接する電極層３１を形成する。このようにして、面発光レーザ１が製造される。

[0028] [動作]

このような構成の面発光レーザ１では、ｎ型コンタクト層２３と電気的に接続された電極層３１と、ｐ型コンタクト層２８と電気的に接続された電極層３２との間に所定の電圧が印加されると、電流狭窄層２９で狭窄された電流が活性層２５に注入され、これにより電子と正孔の再結合による発光が生じる。その結果、メサ部２０Ａ内の垂直共振器により、発振波長λ０でレーザ発振が生じる。そして、ｐ型ＤＢＲ層２７から漏れ出た光がビーム状のレーザ光Ｌとなって光出射面１Ｓから外部に出力される。

[0029] [効果]

次に、比較例と対比しつつ、本実施の形態に係る面発光レーザ１の効果について、説明する。

[0030] 図３、図４は、比較例に係る面発光レーザ１００，２００の断面構成例を表したものである。図３に記載の面発光レーザ１００では、電極層３１が基板１０の裏面に設けられている。この場合、基板１０を例えばｎ型ＧａＡｓ基板で構成し、メサ部２０Ａ上の電極層３２と、基板１０の裏面に設けられた電極層３１との間に所定の電圧を印加することにより、レーザ発振が生じる。このとき、基板１０およびｎ型ＤＢＲ層２１の厚さ方向の抵抗成分によって、駆動電圧が高くなる。

[0031] 図４に記載の面発光レーザ２００では、ｎ型コンタクト層２３が厚く形成されている。これにより、横方向の抵抗成分が低くなり、駆動電圧が低減される。しかし、ｎ型コンタクト層２３が厚く形成されていることから、ｎ型コンタクト層２３での光吸収が生じ、閾値電流が悪化し、光出力が低下する。

[0032] 一方、本実施の形態では、電極層３１に接するｎ型コンタクト層２３によって、面発光レーザ１の駆動電圧が低減され、ｎ型コンタクト層２３の近く

に設けられた２次元電子ガス生成層２２によって、ｎ型コンタクト層２３を薄くした場合であっても、キャリアの輸送が確保される。ｎ型コンタクト層２３が薄く形成された場合、ｎ型コンタクト層２３での光吸収が抑制され、閾値電流が小さくなり、光出力が改善する。一方で、２次元電子ガス生成層２２の存在により、横方向のキャリアの輸送が確保されるので、横方向の抵抗成分が低くなり、駆動電圧が低減される。従って、本実施の形態では、高光出力と低駆動電圧を両立することができる。

[0033] 本実施の形態では、ｎ型コンタクト層２３が２次元電子ガス生成層２２よりも活性層２５寄りの位置に形成され、電極層３１がｎ型コンタクト層２３のうち、活性層２５側の表面（露出面）に接する。これにより、製造過程において、エピタキシャル積層構造２０を選択的にエッチングすることにより、メサ部２０Ａを形成すると同時に、ｎ型コンタクト層２３の露出面を形成することができる。従って、製造過程に特別な工程を設けなくても、高光出力と低駆動電圧を両立することができる。

[0034] 本実施の形態では、２次元電子ガス生成層２２が、ノンドープＧａＡｓ層２２ｃ、ノンドープＡｌＧａＡｓ層２２ｂおよびｎ型ＡｌＧａＡｓ層２２ａをｎ型コンタクト層２３側からこの順に含んで構成されており、ノンドープＧａＡｓ層２２ｃのうち、ノンドープＧａＡｓ層２２ｃとノンドープＡｌＧａＡｓ層２２ｂとの境界付近に、２次元電子ガス生成層２２が形成されている。このように、ノンドープの層を用いて２次元電子ガス生成層２２を形成することができるので、２次元電子ガス生成層２２での光吸収が抑制され、閾値電流が小さくなり、光出力が改善する。従って、高光出力と低駆動電圧を両立することができる。

[0035] ＜変形例＞

[変形例Ａ]

上記実施の形態において、例えば、図５に示したように、２次元電子ガス生成層２２とｎ型コンタクト層２３の位置関係が入れ替わっていてもよい。このとき、２次元電子ガス生成層２２は、ｎ型コンタクト層２３よりも活性

層２５寄りの位置に形成され、ｎ型コンタクト層２３は、活性層２５側の表面のうち、メサ部２０Ａのすそ野に相当する箇所に、２次元電子ガス生成層２２に被覆されずに露出する露出面２Ｓを有している。エピタキシャル積層構造２０において、少なくとも、スペーサ層２４、活性層２５、スペーサ層２６、ｐ型ＤＢＲ層２７およびｐ型コンタクト層２８は、基板１０の法線方向に延在する柱状のメサ部２０Ａを構成している。なお、図５には、エピタキシャル積層構造２０において、少なくとも、２次元電子ガス生成層２２、スペーサ層２４、活性層２５、スペーサ層２６、ｐ型ＤＢＲ層２７およびｐ型コンタクト層２８が、基板１０の法線方向に延在する柱状のメサ部２０Ａを構成している場合が例示されている。

[0036] 本変形例では、２次元電子ガス生成層２２は、例えば、ノンドープＧａＡｓ層２２ｃ、ノンドープＡｌＧａＡｓ層２２ｂおよびｎ型ＡｌＧａＡｓ層２２ａをｎ型コンタクト層２３側からこの順に含んで構成された積層体内に形成されている。２次元電子ガス生成層２２は、例えば、ｎ型コンタクト層２３上に、ノンドープＧａＡｓ層２２ｃ、ノンドープＡｌＧａＡｓ層２２ｂおよびｎ型ＡｌＧａＡｓ層２２ａをこの順に積層して構成された積層体内に形成されている。本変形例では、例えば、図５、図６に示したように、ノンドープＧａＡｓ層２２ｃのうち、ノンドープＧａＡｓ層２２ｃとノンドープＡｌＧａＡｓ層２２ｂとの境界付近では、伝導帯に障壁が形成されており、フェルミ準位ＥＦが伝導帯より上に来ている。従って、ノンドープＧａＡｓ層２２ｃのうち、ノンドープＧａＡｓ層２２ｃとノンドープＡｌＧａＡｓ層２２ｂとの境界付近に、２次元電子ガス生成層２２が形成されている。

[0037] 本変形例では、上記実施の形態と同様、電極層３１に接するｎ型コンタクト層２３によって、面発光レーザ１の駆動電圧が低減され、ｎ型コンタクト層２３の近くに設けられた２次元電子ガス生成層２２によって、ｎ型コンタクト層２３を薄くした場合であっても、キャリアの輸送が確保される。ｎ型コンタクト層２３が薄く形成された場合、ｎ型コンタクト層２３での光吸収が抑制され、閾値電流が小さくなり、光出力が改善する。一方で、２次元電

子ガス生成層２２の存在により、横方向のキャリアの輸送が確保されるので、横方向の抵抗成分が低くなり、駆動電圧が低減される。従って、本変形例でも、高光出力と低駆動電圧を両立することができる。

[0038] 本変形例では、２次元電子ガス生成層２２がｎ型コンタクト層２３よりも活性層２５寄りの位置に形成され、電極層３１がｎ型コンタクト層２３のうち、メサ部２０Ａのすそ野に相当する箇所（つまり、２次元電子ガス生成層２２に被覆されずに露出する露出面２Ｓ）に接する。これにより、製造過程において、エピタキシャル積層構造２０を選択的にエッチングすることにより、メサ部２０Ａを形成すると同時に、ｎ型コンタクト層２３の露出面を形成することができる。従って、製造過程に特別な工程を設けなくても、高光出力と低駆動電圧を両立することができる。また、上記実施の形態と比べて、ｎ型コンタクト層２３を活性層２５からより遠くに配置することができるので、ｎ型コンタクト層２３での光吸収をより抑制することができる。

[0039] [変形例Ｂ]

上記実施の形態およびその変形例において、２次元電子ガス生成層２２およびｎ型コンタクト層２３が、例えば、図７、図８に示したように、ｎ型ＤＢＲ層２１内に設けられていてもよい。このようにした場合であっても、上記実施の形態およびその変形例と同様に、高光出力と低駆動電圧を両立することができる。

[0040] [変形例Ｃ]

上記実施の形態およびその変形例では、面発光レーザ１はメサ部２０Ａの上面からレーザ光Ｌを出射する上面出射型となっていたが、基板１０側からレーザ光Ｌを出射する裏面出射型となっていてもよい。このとき、基板１０が省略されてもよい。基板１０は、例えば、基板１０と、エピタキシャル積層構造２０との間に、リフトオフ層を設けておき、リフトオフ層にレーザなどを照射することにより、基板１０を剥離することが可能である。このように、基板１０を剥離することにより、基板１０による光吸収損失をなくすことができる。従って、高光出力と低駆動電圧を両立することができる。

[0041] [変形例Ｄ]

上記実施の形態およびその変形例では、エピタキシャル積層構造２０においてメサ部２０Ａの頂部側に設けられた半導体層がｐ型半導体で構成され、エピタキシャル積層構造２０において基板１０側に設けられた半導体層がｎ型半導体で構成されていた。しかし、上記実施の形態およびその変形例において、エピタキシャル積層構造２０においてメサ部２０Ａの頂部側に設けられた半導体層がｎ型半導体で構成され、エピタキシャル積層構造２０において基板１０側に設けられた半導体層がｐ型半導体で構成されていてもよい。

[0042] [変形例Ｅ]

上記実施の形態およびその変形例では、面発光レーザ１が、砒化物半導体によって形成されている場合が例示されていた。しかし、上記実施の形態およびその変形例において、面発光レーザ１は、例えば、窒素（Ｎ）、ホウ素（Ｂ）、アンチモン（Ｓｂ）、リン（Ｐ）を含むＩＩＩ-Ｖ族半導体によって形成されていてもよい。

[0043] 例えば、上記実施の形態およびその変形例において、２次元電子ガス生成層２２が、例えば、ノンドープＧａＮ層、ノンドープＡＩＧａＮ層およびｎ型ＡＩＧａＮ層をｎ型コンタクト層２３側からこの順に含んで構成された積層体内に形成されていてもよい。このとき、例えば、ノンドープＧａＮ層のうち、ノンドープＧａＮ層とノンドープＡＩＧａＮ層との境界付近では、伝導帯に障壁が形成されており、フェルミ準位が伝導帯より上に来ている。従って、ノンドープＧａＮ層のうち、ノンドープＧａＮ層とノンドープＡＩＧａＮ層との境界付近に、２次元電子ガス生成層２２が形成されている。従って、本変形例においても、上記実施の形態およびその変形例と同様、高光出力と低駆動電圧を両立することができる。

[0044] 以上、実施の形態およびその変形例を挙げて本開示を説明したが、本開示は上記実施の形態等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。

[0045] 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１ＤＢＲ（distributed Bragg reflector）層、活性層、第２ＤＢＲ層および第１導電型コンタクト層をこの順に含み、さらに、前記第１ＤＢＲ層と前記活性層との間、または、前記第１ＤＢＲ層内に第２導電型コンタクト層および２次元電子ガス生成層を含む積層構造と、

前記第１導電型コンタクト層に接する第１電極層と、

前記第２導電型コンタクト層に接する第２電極層と

を備えた

面発光レーザ。

（２）

前記第２導電型コンタクト層は、前記２次元電子ガス生成層よりも前記活性層寄りの位置に形成され、

前記積層構造のうち、少なくとも、前記活性層、前記第２ＤＢＲ層および前記第１導電型コンタクト層が柱状のメサ部となっており、

前記第２電極層は、前記第２導電型コンタクト層のうち、前記活性層側の表面に接する

（１）に記載の面発光レーザ。

（３）

前記２次元電子ガス生成層は、前記第２導電型コンタクト層よりも前記活性層寄りの位置に形成され、

前記積層構造のうち、少なくとも、前記活性層、前記第２ＤＢＲ層および前記第１導電型コンタクト層が柱状のメサ部となっており、

前記第２導電型コンタクト層は、前記活性層側の表面のうち、前記メサ部のすそ野に相当する箇所に、前記２次元電子ガス生成層に被覆されずに露出する露出面を有し、

前記第２電極層は、前記前記露出面に接する

（１）に記載の面発光レーザ。

（４）

前記積層構造は、ノンドープＧａＡｓ層、ノンドープＡｌＧａＡｓ層および第２導電型ＡｌＧａＡｓ層を前記第２導電型コンタクト層側からこの順に有し、

前記２次元電子ガス生成層は、前記ノンドープＧａＡｓ層のうち、前記ノンドープＡｌＧａＡｓ層と前記ノンドープＡｌＧａＡｓ層との境界付近に形成される

（１）ないし（３）のいずれか１つに記載の面発光レーザ。

（５）

前記積層構造は、ノンドープＧａＮ層、ノンドープＡｌＧａＮ層および第２導電型ＡｌＧａＮ層を前記第２導電型コンタクト層側からこの順に有し、

前記２次元電子ガス生成層は、前記ノンドープＧａＮ層のうち、前記ノンドープＡｌＧａＮ層と前記ノンドープＡｌＧａＮ層との境界付近に形成される

（１）ないし（３）のいずれか１つに記載の面発光レーザ。

[0046] 本開示の一実施形態に係る面発光レーザによれば、２電極層に接する第２導電型コンタクト層によって、面発光レーザの駆動電圧を低減し、第２導電型コンタクト層の近くに設けられた２次元電子ガス生成層によって、第２導電型コンタクト層を薄くした場合であっても、キャリアの輸送を確保できるようにしたので、高光出力と低駆動電圧を両立することができる。

[0047] 本出願は、日本国特許庁において２０２０年３月１９日に出願された日本特許出願番号第２０２０－０４８９８８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。

[0048] 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１ＤＢＲ（distributed Bragg reflector）層、活性層、第２ＤＢＲ層および第１導電型コンタクト層をこの順に含み、さらに、前記第１ＤＢＲ層と前記活性層との間、または、前記第１ＤＢＲ層内に第２導電型コンタクト層および２次元電子ガス生成層を含む積層構造と、

前記第１導電型コンタクト層に接する第１電極層と、

前記第２導電型コンタクト層に接する第２電極層と

を備えた

面発光レーザ。

[請求項2] 前記第２導電型コンタクト層は、前記２次元電子ガス生成層よりも前記活性層寄りの位置に形成され、

前記積層構造のうち、少なくとも、前記活性層、前記第２ＤＢＲ層および前記第１導電型コンタクト層が柱状のメサ部となっており、

前記第２電極層は、前記第２導電型コンタクト層のうち、前記活性層側の表面に接する

請求項１に記載の面発光レーザ。

[請求項3] 前記２次元電子ガス生成層は、前記第２導電型コンタクト層よりも前記活性層寄りの位置に形成され、

前記積層構造のうち、少なくとも、前記活性層、前記第２ＤＢＲ層および前記第１導電型コンタクト層が柱状のメサ部となっており、

前記第２導電型コンタクト層は、前記活性層側の表面のうち、前記メサ部のすそ野に相当する箇所に、前記２次元電子ガス生成層に被覆されずに露出する露出面を有し、

前記第２電極層は、前記前記露出面に接する

請求項１に記載の面発光レーザ。

[請求項4] 前記積層構造は、ノンドープＧａＡｓ層、ノンドープＡｌＧａＡｓ層および第２導電型ＡｌＧａＡｓ層を前記第２導電型コンタクト層側

からこの順に有し、

前記２次元電子ガス生成層は、前記ノンドープＧａＡｓ層のうち、前記ノンドープＡｌＧａＡｓ層と前記ノンドープＡｌＧａＡｓ層との境界付近に形成される

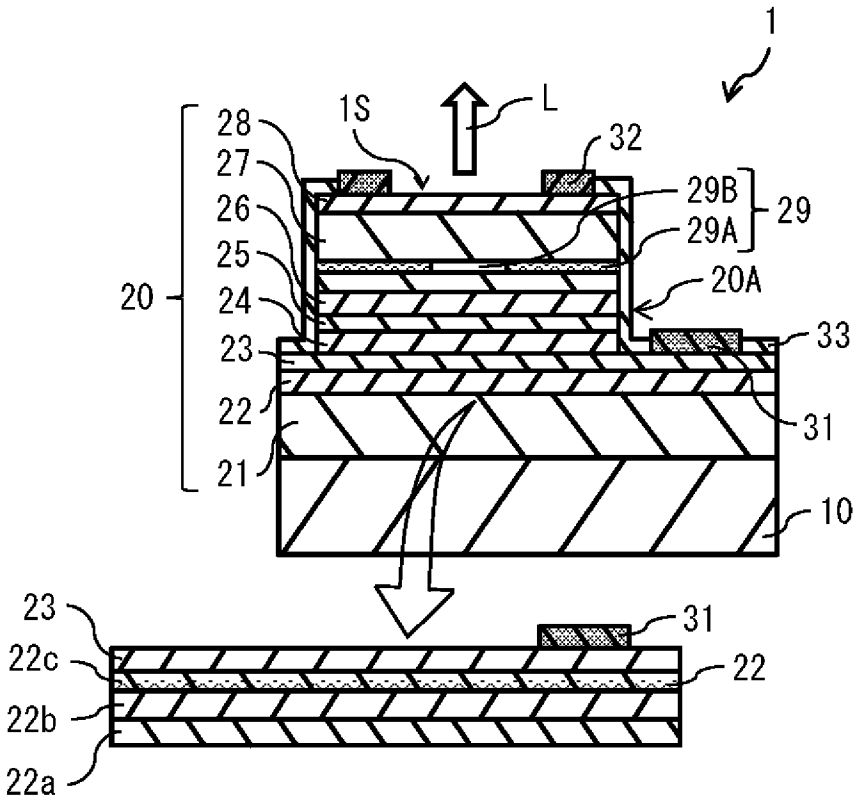
請求項１に記載の面発光レーザ。

[請求項5] 前記積層構造は、ノンドープＧａＮ層、ノンドープＡｌＧａＮ層および第２導電型ＡｌＧａＮ層を前記第２導電型コンタクト層側からこの順に有し、

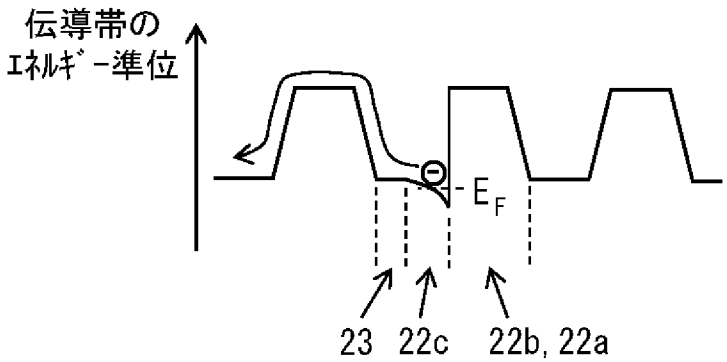
前記２次元電子ガス生成層は、前記ノンドープＧａＮ層のうち、前記ノンドープＡｌＧａＮ層と前記ノンドープＡｌＧａＮ層との境界付近に形成される

請求項１に記載の面発光レーザ。

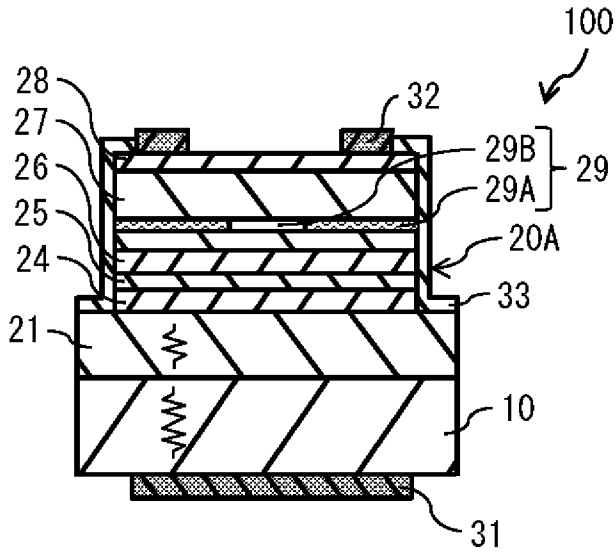
[図1]


1
1S
L
28
27
26
25
24
23
22
21
20
32
29B
29A
29
20A
33
31
10
23
22c
22b
22a
31
22

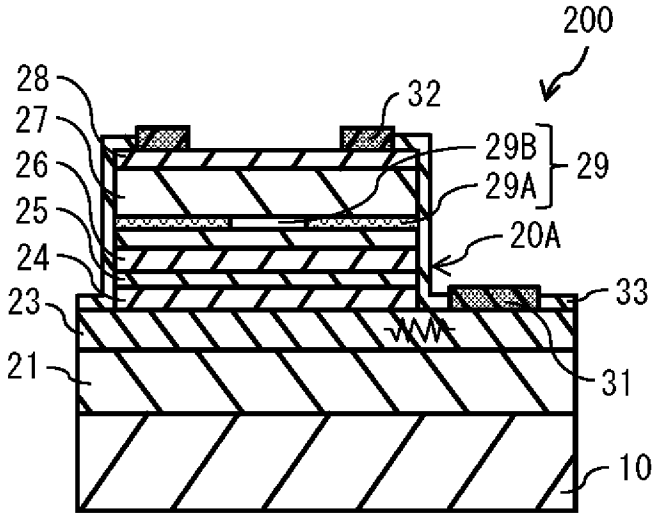
[図2]


伝導帯の
ｴﾈﾙｷﾞｰ準位
E_F
23
22c
22b, 22a

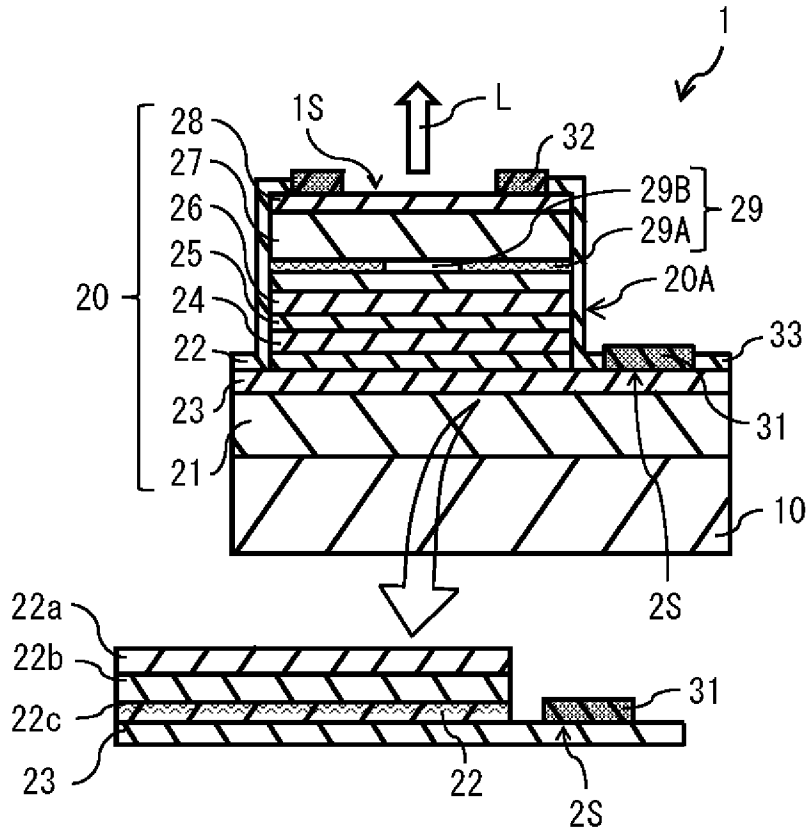
[図3]


100
28
27
26
25
24
21
32
29B
29A
29
20A
33
10
31

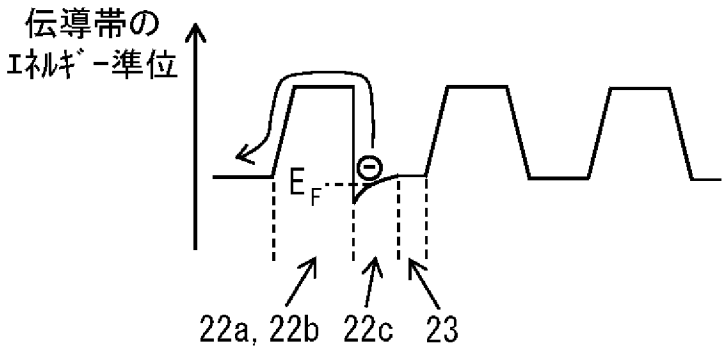
[図4]


200
28
27
26
25
24
23
21
32
29B
29A
29
20A
33
31
10

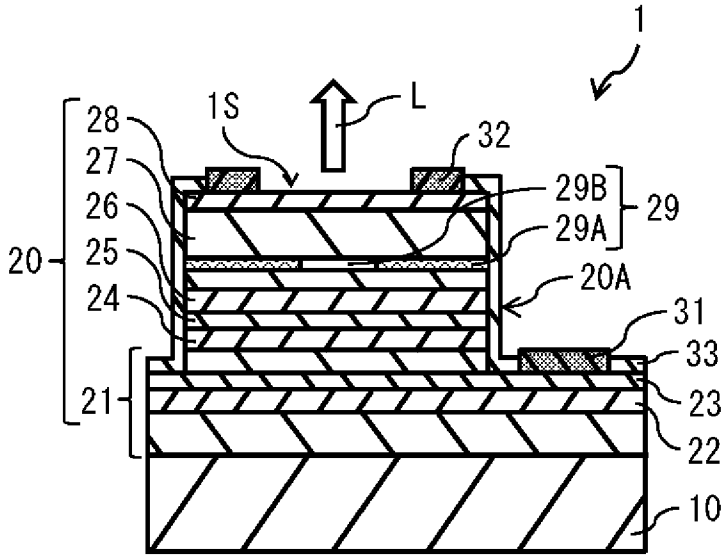
[図5]


1
1S
L
28
27
26
25
24
22
23
21
20
32
29B
29A
29
20A
33
31
10
2S
22a
22b
22c
23
22
2S
31

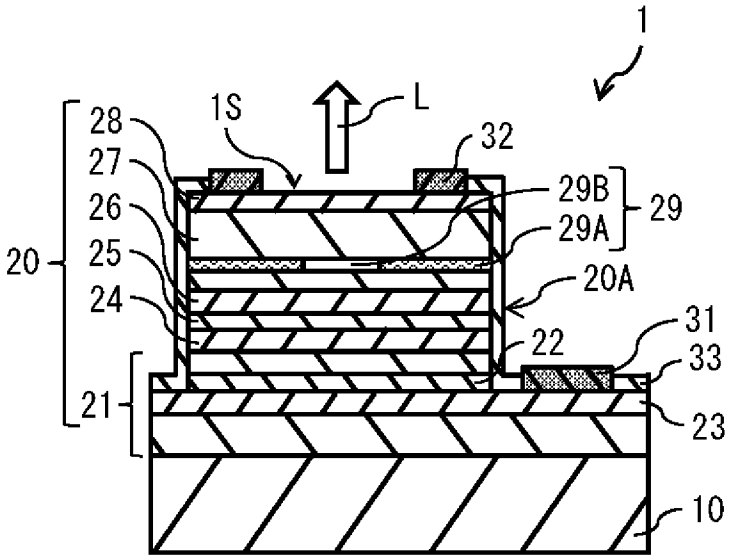
[図6]


伝導帯の
ｴﾈﾙｷﾞｰ準位
E_F
22a, 22b
22c
23

[図7]


1
1S
L
28
27
26
25
24
20
21
32
29B
29A
29
20A
31
33
23
22
10

[図8]


1
1S
L
28
27
26
25
24
20
21
32
29B
29A
29
20A
22
31
33
23
10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/009661

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. H01S5/183(2006.01)i, H01S5/042(2006.01)i
FI: H01S5/183, H01S5/042 614

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. H01S5/00-H01S5/50

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021
Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2004-31669 A (SEIKO EPSON CORP.) 29 January 2004, paragraphs [0030]-[0035], [0042], [0047]-[0063], fig. 1, 5-8	1-2 1-5
Y	JP 2018-64061 A (RICOH CO., LTD.) 19 April 2018, paragraphs [0071]-[0080], fig. 13	1-5
Y	US 2015/0194789 A1 (SUNNYVALE) 09 July 2015, paragraphs [0071], [0072], [0074], [0091], fig. 2A, 2C	3
Y	JP 8-204037 A (NEC CORP.) 09 August 1996, paragraph [0018], fig. 6	4

☒ 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
07.05.2021	18.05.2021
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/009661

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-324363 A (RITSUMEIKAN) 13 December 2007, paragraphs [0002], [0022], [0025], fig. 1, 4	5
A	JP 11-135770 A (SUMITOMO CHEMICAL CO., LTD.) 21 May 1999, paragraphs [0026]-[0031], [0053]-[0059], fig. 6, 9	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/009661

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2004-31669 A	29.01.2004	(Family: none)	
JP 2018-64061 A	19.04.2018	(Family: none)	
US 2015/0194789 A1	09.07.2015	(Family: none)	
JP 8-204037 A	09.08.1996	(Family: none)	
JP 2007-324363 A	13.12.2007	US 2009/0173969 A1 paragraphs [0002], [0031], [0034], fig. 1, 4 WO 2007/139231 A1 CN 101461046 A TW 200818544 A	
JP 11-135770 A	21.05.1999	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/009661

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01S 5/183(2006.01)i; H01S 5/042(2006.01)i
FI: H01S5/183; H01S5/042 614

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01S5/00 - H01S5/50

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 2004-31669 A (セイコーエプソン株式会社) 29.01.2004 (2004-01-29) [0030]-[0035],[0042],[0047]-[0063],図1,5-8	1-2
Y		1-5
Y	JP 2018-64061 A (株式会社リコー) 19.04.2018 (2018-04-19) [0071]-[0080],図13	1-5
Y	US 2015/0194789 A1 (SUNNYVALE) 09.07.2015 (2015-07-09) [0071]-[0072],[0074],[0091],図2A,図2C	3
Y	JP 8-204037 A (日本電気株式会社) 09.08.1996 (1996-08-09) [0018],図6	4
Y	JP 2007-324363 A (学校法人立命館) 13.12.2007 (2007-12-13) [0002],[0022],[0025],図1,4	5
A	JP 11-135770 A (住友化学工業株式会社) 21.05.1999 (1999-05-21) [0026]-[0031],[0053]-[0059],図6,9	1-5

☐ 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	国際調査報告の発送日
07.05.2021	18.05.2021

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）
右田　昌士 2K 9513
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/JP2021/009661

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2004-31669 A	29.01.2004	（ファミリーなし）	
JP 2018-64061 A	19.04.2018	（ファミリーなし）	
US 2015/0194789 A1	09.07.2015	（ファミリーなし）	
JP 8-204037 A	09.08.1996	（ファミリーなし）	
JP 2007-324363 A	13.12.2007	US 2009/0173969 A1 [0002],[0031],[0034],図1, 4 WO 2007/139231 A1 CN 101461046 A TW 200818544 A	
JP 11-135770 A	21.05.1999	（ファミリーなし）	