(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
2024年12月19日(19.12.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/257152 A1

(51) 国際特許分類:
H01S 5/026 (2006.01) *H01S 5/125* (2006.01)
H01S 5/024 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/021689

(22) 国際出願日： 2023年6月12日(12.06.2023)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (**NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目５番１号 Tokyo (JP).

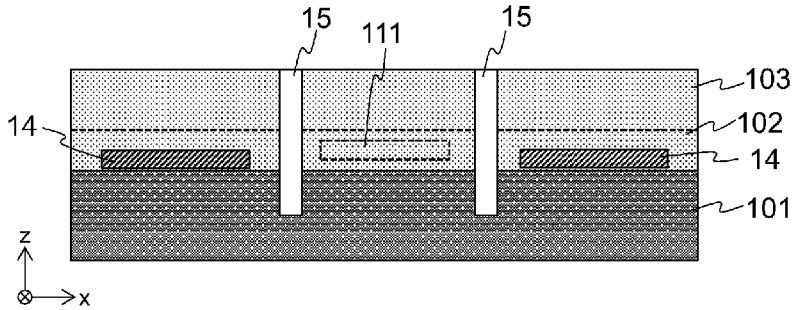
(72) 発明者: 山岡 優 (**YAMAOKA, Suguru**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 武田浩司(**TAKEDA, Koji**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 松尾 慎治(**MATSUO, Shinji**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 山川 茂樹, 外(**YAMAKAWA, Shigeki** et al.); 〒1006104 東京都千代田区永田町２丁目１１番１号 山王パークタワー４階 山川国際特許事務所内 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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,

(54) **Title:** SEMICONDUCTOR LASER

(54) 発明の名称： 半導体レーザ



(57) **Abstract:** A semiconductor laser (10) according to the present invention comprises: a substrate (101); a waveguide (102); over cladding (103) that covers the waveguide; an active layer (111) that is disposed in part of the waveguide; a heater (14) that is disposed near the side of the waveguide at a prescribed distance from the active layer; and a groove (15) that is disposed between the active layer and the heater and in a region which includes the substrate. Furthermore, the groove is disposed near the side of the waveguide, between the active layer and the heater, and from the surface of the over cladding to inside of the substrate. As a result, the present invention makes it possible to provide a semiconductor laser that can operate in a wide frequency band.

(57) 要約：本発明の半導体レーザ（１０）は、基板（１０１）と、導波路（１０２）と、導波路を覆うオーバークラッド（１０３）と、導波路の一部に配置される活性層（１１１）と、活性層から所定の距離で、導波路の側方の近傍に配置されるヒータ（１４）と、活性層とヒータの間であって、基板を含む領域に配置される溝（１５）とを備える。また、溝が、活性層とヒータの間の導波路の側方の近傍に、オーバークラッドの表面から基板内まで配置される。これにより、本発明は、広い周波数帯域で動作できる半導体レーザを提供できる。

WO 2024/257152 A1

［続葉有］

SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能):ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

明　細　書

発明の名称 ： 半導体レーザ

技術分野

[0001] 本発明は、周波数特性に優れる半導体レーザに関する。

背景技術

[0002] クラウド、スマートフォン、ＩｏＴ等の多種多様なインターネットサービスの発展により、データセンタにおけるインターネットトラフィックは年々増加している。同様に、インターネットトラフィックで消費される電力も増加している。そこで、データセンタで用いられる光デバイスの高速化と低消費電力化が必要とされている。

[0003] 直接変調半導体レーザを用いた変調は、電流注入量の変調により”０”と”１”のデータを光出力にエンコードする単純な方式に基づいており、低消費電力、低コストであることから短距離向けの光送信器として用いられている。

[0004] しかしながら、典型的な直接変調レーザの変調帯域は、３０ＧＨｚ程度に律速されている。半導体レーザの変調帯域は、主にダンピング定数、ＲＣ時定数、緩和振動周波数により決定される。この中で、帯域を律速する要因は、２０ＧＨｚ程度の緩和振動周波数である。

[0005] 緩和振動周波数を増大させるためには、（１）半導体活性層の高放熱化により電流注入時の自己発熱効果を低減させることで動作点における利得劣化を防ぐこと、または、（２）半導体活性層における光閉じ込め係数を増大させることが重要となる。

[0006] これらの条件を同時に満たす構造として、ＳｉＣ基板上メンブレンレーザが報告されている（非特許文献１）。ＳｉＣ基板は２．６程度の屈折率と４９０Ｗ／ｍ／Ｋ程度の熱伝導率を有しているので、高い光閉じ込めと高い放熱性を実現できる。これらにより、４２ＧＨｚの緩和振動周波数を実現できる。

[0007] さらなる高速化のために、例えばＤＢＲ導波路やパッシブ光導波路からの外因的な光フィードバックによる帯域の拡大が報告されている（非特許文献１～３）。帯域の拡大をもたらす効果の１つである光子一光子共鳴（ＰＰＲ）は、レーザ発振モードと光フィードバックによって形成される共振器モードの１つが相互作用して、これらのモード間周波数において周波数応答を向上される効果である。ＳｉＣ上メンブレンレーザでは９５ＧＨｚでのＰＰＲ効果による周波数応答の向上により１０８ＧＨｚの変調帯域が報告されている。

[0008] 広帯域でフラットな周波数応答を得るためには、緩和振動周波数に応じて適切にＰＰＲ周波数を制御する必要がある。とくに、緩和振動周波数は、活性層の温度上昇にともない利得劣化により低下する。

[0009] ＰＰＲ周波数を決定する因子の１つは、フィードバック光の位相である（非特許文献２、３）。位相制御のために、ＤＢＲやパッシブ導波路等のフィードバック領域の温度調整が有効である。例えば、温度調整のためにヒータが集積される。

[0010] ヒータが集積されるとき、被加熱構造（例えばフィードバック領域）を高効率に加熱し、被加熱構造以外の領域（例えば活性層）におけるヒータによる昇温を抑制する必要がある。

[0011] この昇温を抑制する方法、換言すれば、熱的なアイソレーションを向上する方法として、例えば、光スイッチとして用いられるマッハツェンダ干渉計では、一方のアームの温度調整のためにクラッドを介して導波路コア上に薄膜ヒータが配置される。このヒータにより効率的に加熱してヒータの消費電力を低減するために、ヒータの両脇のクラッド領域に断熱性の溝が形成される（非特許文献４）。

先行技術文献

非特許文献

[0012] 非特許文献1：S. Yamaoka, N. -P. Diamantopoulos, H. Nishi, R. Nakao, T. Fujii, K. Takeda, T. Hiraki, T. Tsurugaya, S. Kanazawa, H. Tanobe,

T. Kakitsuka, T. Tsuchizawa, F. Koyama, and S. Matsuo, “Directly modulated membrane lasers with 108 GHz bandwidth on a high-thermal-conductivity silicon carbide substrate,” Nature Photonics volume 15, pages28-35(2021).

非特許文献2：Y. Matsui et al., “55 GHz bandwidth distributed reflector laser,” J. Lightw. Technol., vol. 35, no. 3, pp. 397-403, Feb. 2017.

非特許文献3：Y. Matsui, R. Schatz, Di Che, F. Khan, M. Kwakernaak, and T. Sudo, “Low-chirp isolator-free 65-GHz-bandwidth directly modulated lasers,” Nature Photon., vol. 15, no. 1, pp. 59-63, Jan. 2021.

非特許文献4：S. Sohma, T. Goh, H. Okazaki, M. Okuno, and A. Sugita: “Low switching power silica-based super high delta thermo-optic switch with heat insulating grooves,” Electronics. Letters, Vol. 38, No. 3, pp. 127-128, 2002.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0013] 上述のように、従来技術では、ヒータの断熱性を高めるために、クラッド領域のみに断熱性の溝が形成される。この断熱性の溝は、SiO_2等と半導体間の選択江エッチングにより容易に形成できる。しかしながら、この構成では、基板を介した経路により放熱されるので、十分な断熱性を得られないことが問題となっている。とくに、放熱性の基板を用いる場合にこの問題は顕著である。

[0014] また、ヒータが被加熱部分（例えば、導波路コア）の上部に配置される場合には、応力の強い金属材料で構成されるヒータでは、その内部応力により金属の膜剥がれ等が生じるという問題がある。

[0015] また、多層配線を用いる構造では、積層の高さを抑えるために、ヒータの高さを活性層又はパッシブ導波路領域と同程度にして集積することが必要となる。

課題を解決するための手段

[0016] 上述したような課題を解決するために、本発明に係る半導体レーザは、基板と、導波路と、前記導波路を覆うオーバークラッドと、前記導波路の一部に配置される活性層と、前記活性層から所定の距離で、前記導波路の側方の近傍に配置されるヒータと、前記活性層と前記ヒータの間であって、前記基板を含む領域に配置される溝とを備える。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、広い周波数帯域で動作できる半導体レーザを提供できる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1A]図１Ａは、本発明の第１の実施の形態に係る半導体レーザの構成を示す上面概要図である。

[図1B]図１Ｂは、本発明の第１の実施の形態に係る半導体レーザの構成を示すＩＢ－ＩＢ’断面概要図である。

[図1C]図１Ｃは、本発明の第１の実施の形態に係る半導体レーザの構成を示すＩＣ－ＩＣ’断面概要図である。

[図1D]図１Ｄは、本発明の第１の実施の形態に係る半導体レーザの構成を示すＩＤ－ＩＤ’断面概要図である。

[図1E]図１Ｅは、本発明の第１の実施の形態に係る半導体レーザの構成を示すＩＥ－ＩＥ’断面概要図である。

[図2]図２は、本発明の第１の実施の形態に係る半導体レーザの効果を説明するための図である。

[図3]図３は、本発明の第１の実施の形態に係る半導体レーザの効果を説明するための図である。

[図4A]図４Ａは、本発明の第２の実施の形態に係る半導体レーザの構成を示す上面概要図である。

[図4B]図４Ｂは、本発明の第２の実施の形態に係る半導体レーザの構成を示すＩＶＢ－ＩＶＢ’断面概要図である。

発明を実施するための形態

[0019] ＜第１の実施の形態＞

本発明の第１の実施の形態に係る半導体レーザ１０について、図１～図３を参照して説明する。以下、図中、ｘ方向が「長さ」方向を示し、ｙ方向が「幅」方向を示し、ｚ方向が「高さ」方向、「厚さ」方向又は垂直方向を示す。

[0020] ＜半導体レーザの構成＞

本実施の形態に係る半導体レーザ１０は、図１Ａ～Ｅに示すように、活性層１１１を有する活性領域１１と、活性層１１１の一端に接続する前段導波路を有する前段導波路領域１２と、活性層１１１の他端に接続する後段導波路を有する後段導波路領域１３と、前段導波路および後段導波路の近傍に配置されるヒータ１４と、ヒータ１４と活性領域１１との間に配置される溝１５とを備える。

[0021] 半導体レーザ１０は、図１Ｂに示すように、順に、基板１０１と、半導体からなる導波路１０２と、導波路１０２を覆うオーバークラッド１０３とを備え、導波路１０２の１部に活性層１１１を備える。

[0022] また、半導体レーザ１０は、図１Ｃに示すように、活性領域１１では、横型ｐ－ｉ－ｎダイオードが形成されている。ｉ（ｉｎｔｒｉｎｓｉｃ）型半導体層（下部）１１２と活性層１１１とｉ型半導体層（上部）１１３からなる層構造と、層構造の一方の側壁に配置されるｐ型半導体層１１４と、層構造の他方の側壁に配置されるｎ型半導体層１１５とを備える。ｐ型半導体層１１４とｎ型半導体層１１５それぞれの表面に電極１１６、１１７を備える。これにより、半導体レーザ１０は、活性層１１１に横方向に電流が注入され動作する。また、活性層１１１に信号電流が注入される場合、信号に応じて光変調信号を出力する。

[0023] オーバークラッド１０３は、SiO_2等の低屈折率媒質である。オーバークラッド１０３は、例えば、支持基板とＩｎＰ基板の表面活性化接合等に形成されてもよく、他の方法で形成されてもよい。

[0024] 層構造の一例として、活性層１１１は、１．３１μｍ波長帯のＩｎＧａＡｓＰ系多重量子井戸構造であり６層の量子井戸層を有する。活性層１１１の厚さは１５０ｎｍである。ｉ型半導体層１１２、１１３はそれぞれ５０ｎｍ厚のアンドープＩｎＰである。

[0025] ｐ型半導体層１１４は、例えば、Ｚｎドープ（$1\times10^{18}cm^{-3}$）ｐ型ＩｎＰである。ｎ型半導体層１１５は、例えば、Ｓｉドープ（$2\times10^{18}cm^{-3}$）ｎ型ＩｎＰである。

[0026] 活性層１１１の長さは０．７μｍ、厚さは０．３２μｍである。活性層１１１の厚さ０．３２μｍは、活性層１１１内を伝搬する１．３１μｍの波長の光が活性層１１１の厚さ方向に対してシングルモードとなるおおよそ上限の値である。

[0027] 導波路１０２は、アンドープＩｎＰから構成され、層厚が３５０μｍである。導波路１０２の一部に、ｉ型半導体層１１２、１１３を含む。

[0028] 層構造や導波路の寸法はこの限りではなく。他の寸法でもよい。

[0029] 動作波長や活性層１１１に用いる材料を変更する場合、活性層１１１の厚さ方向にシングルモードとなるためには、動作波長をλ、活性層１１１の平均的な屈折率をn_{core}、第２クラッド層の屈折率をn_{clad}とすると、活性層１１１の厚さｔは、おおよそ式（１）の関係を満たせばよい。

[0030] [数1]

$$t<\frac{3}{2\pi}\frac{\lambda}{\sqrt{n_{core}^2-n_{clad}^2}} \qquad \text{式（１）}$$

[0031] 例えば、１．５５μｍ帯の波長の光を利用する場合には、活性層（コア層）１１１の厚さｔは０．３６４μｍ以下となる。

[0032] 半導体レーザ１０において、図１Ｂ、Ｅに示すように、活性層１１１から離れた位置でオーバークラッド１０３内における導波路１０２の側方の近傍に、ヒータ１４が配置される。

[0033] ヒータ１４と活性層１１１との距離は、基板１０１の温度伝導性に依存する。例えば、基板１０１がSiO_2の場合は、ヒータ１４と活性層１１１との

距離は１～１０μｍ程度であり、数μｍ程度が望ましい。また、基板１０１がＳｉＣの場合は、ヒータ１４と活性層１１１との距離は１０～１００μｍ程度であり、数１０μｍ程度が望ましい。

[0034] ヒータ１４と導波路１０２との距離は、例えば、１～１０μｍ程度であり、３μｍ程度が望ましい。

[0035] ヒータ１４の高さは、導波路１０２の高さと略同等であることが望ましい。換言すれば、垂直方向において、ヒータ１４の表面の位置が、導波路１０２の表面の位置と略同等であることが望ましい。これにより、半導体レーザに多層配線を用いる場合、ヒータの高さと導波路の高さを同程度にして集積できるので、多層配線の積層構造の高さを低減できる。

[0036] 半導体レーザ１０において、図１Ｂ、Ｄに示すように、活性領域１１とヒータ１４との間のオーバークラッド１０３内に、溝１５が形成される。溝１５は、オーバークラッド１０３から導波路１０２を貫通して基板１０１内まで形成される。

[0037] 溝１５は、導波路１０２の側方に、導波路１０２とヒータ１４との距離と同程度の距離で配置される。溝１５の位置は、これに限らず、活性領域１１とヒータ１４との間の熱の伝導経路を含むように配置されればよい。

[0038] 溝１５の長さは、例えば、１～１０μｍ程度であり、数μｍ程度が望ましい。溝１５の幅は、ヒータ１４の幅以上であり、長い方が望ましい。溝１５の深さは、例えば、２００～３００μｍ程度である。

[0039] 溝１５は、例えば、空気等の気体で充填されている。または、熱伝導率の低い材料が充填されてもよい。

[0040] 半導体レーザ１０では、ヒータ１４が前段導波路および後段導波路を加熱し温度制御する。これによりＰＰＲ周波数を制御し、緩和振動周波数を増大でき、半導体レーザの変調帯域を拡大できる。

[0041] 半導体レーザ１０では、溝１５により活性層１１１とヒータ１４との間の熱的なアイソレーションが向上するので、活性層１１１の温度上昇を抑制できる。また、ヒータ１４近傍の断熱性が向上するので、所望の温度上昇を得

るための消費電力を低減できる。

[0042] したがって、ヒータ１４と溝１５の位置は、ヒータ１４から導波路１０２まで導波路１０２の温度を変化できる程度に熱伝導できる距離であって、ヒータ１４から溝１５を介して活性層１１１までの熱伝導を抑制できる距離で設定される。

[0043] 支持基板１０１に、Ｓｉ又はSiO_2／Ｓｉを用いる。支持基板１０１には、ＳｉＣ、ＧａＮ、ＡｌＮ、Al_2O_3、ダイヤモンド等の放熱性基板を用いてもよい。これらに限らず、他の材料の基板を用いてもよい。

[0044] ＜効果＞

本実施の形態に係る半導体レーザ１０の効果について、図２、図３を参照して説明する。

[0045] 本実施の形態に係る半導体レーザ１０において、ヒータ１４による加熱時のヒータ１４および活性層１１１における温度上昇量の基板（ＳｉＣ）１０１での溝１５の深さに対する依存性を、有限要素法により計算した。

[0046] 図２に、計算に用いた構造を示す。ヒータ１４をプラチナとして抵抗値を１．１４Ωとした。活性層１１１をＩｎＰとし、オーバークラッド１０３をSiO_2とし、基板１０１をＳｉＣとした。ヒータ１４と活性層１１１を同じ高さに配置して、ヒータ１４と活性層１１１との間隔を３０μｍとし、その中間に溝（長さ：１０μｍ）１５を配置した。溝１５には空気が充填されているとした。

[0047] この構造において、ヒータ１４に７００ｍＷの電力を投入したときのヒータ１４および活性層１１１における温度上昇量を、溝１５の深さを０～５０μｍで変化させて計算した。このとき、プラチナ１４が加熱され、ＩｎＰ１１１は加熱されない。以下に、その他の設定値を示す。

[0048] ・第１オーバークラッド１０３＿１の厚さ（T_{OC1}）：３μｍ

・第２オーバークラッド１０３＿２の厚さ（T_{OC2}）：５μｍ

・プラチナ１４の長さ（L_{Pr}）：３μｍ

・プラチナ１４の厚さ（T_{Pr}）：０．３６μｍ

・ＩｎＰ１１１の長さ（L_{InP}）：０．５μｍ

・ＩｎＰ１１１の厚さ（T_{InP}）：０．３６μｍ

・$SiO_2$１０１＿２の厚さ（T_{SiO2}）：４０ｎｍ

・ＳｉＣ１０１の厚さ（T_{SiC}）：３００μｍ

[0049] 図３に、ヒータ１４および活性層１１１における温度上昇量の基板（ＳｉＣ）での溝１５の深さに対する依存性の計算結果を示す。図中、黒丸と点線がヒータ１４における温度上昇量、白丸と実線が活性層（ＩｎＰ）１１１における温度上昇量を示す。

[0050] 基板（ＳｉＣ）１０１での溝１５の深さの増加に伴い、ヒータ１４における温度上昇量が増加する。一方で、活性層（ＩｎＰ）１１１における温度上昇量は減少する。例えば、ＳｉＣに５０μｍの溝１５が形成される場合、溝が形成されない場合（溝の深さが零の場合）と比較して、ヒータ１４における温度上昇量は２８％増加し、活性層（ＩｎＰ）１１１における温度上昇量は２３％減少する。

[0051] このように、ヒータ１４と活性層１１１の間に溝１５を形成することにより、所望の温度上昇量を得るためのヒータ１４の消費電力を低減でき、熱的なアイソレーションを向上できる。

[0052] 本実施の形態に係る半導体レーザによれば、溝により活性層とヒータとの間の熱的なアイソレーションが向上するので、活性層の温度上昇を抑制できる。また、ヒータ近傍の断熱性が向上するので、所望の温度上昇を得るための消費電力を低減できる。これにより、半導体レーザは広い周波数帯域で動作できる。

[0053] 本実施の形態では、ヒータ１４と活性層１１１との間に配置される溝１５とともに、導波路近傍に溝１５＿２を備える例を示したが、これに限らない。ヒータ１４と活性層１１１との間に配置される溝１５のみを備える構成でもよい。

[0054] また、ヒータは２個に限らず、１個でもよく、３個以上でもよい。溝の数も２個、４個に限らず、１個でもよく、３個以上でもよい。

[0055] ＜第２の実施の形態＞

本発明の第２の実施の形態に係る半導体レーザについて、図４Ａ、Ｂを参照して説明する。

[0056] ＜半導体レーザの構成＞

本形態に係る半導体レーザ２０は、図４Ａ、Ｂに示すように、基板１０１と、活性層１１１と、前段導波路と、後段導波路と、オーバークラッド１０３と、ヒータ１４と、溝構造２５とを備える。

[0057] 基板１０１と、活性層１１１と、導波路１０２（前段導波路と後段導波路を含む）、オーバークラッド１０３と、ヒータ１４は、第１の実施の形態と同様の構成を有する。

[0058] 溝構造２５は、周期的に配置される複数の溝から構成され、基板１０１において、前段導波路領域と後段導波路領域の導波路と導波路の側方のオーバークラッド１０３の下に配置される。それぞれの溝には、例えば、空気等の気体が充填されている。または、熱伝導率の低い材料が充填されてもよい。

[0059] これにより、第１の実施の形態と同様に、溝により活性層１１１とヒータ１４との間の熱的なアイソレーションが向上するので、活性層１１１の温度上昇を抑制できる。また、ヒータ１４近傍の断熱性が向上するので、所望の温度上昇を得るための消費電力を低減できる。これにより、半導体レーザは広い周波数帯域で動作できる。

[0060] さらに、溝構造２５を回折格子として機能させることができる。例えば、溝構造２５における周期を、導波路を導波する光の波長に応じて設定することにより、前段導波路および後段導波路をＤＢＲ導波路として機能させることができる。

[0061] 本発明の実施の形態では、半導体レーザの活性層に１．３１μｍ波長帯のＩｎＧａＡｓＰ系多重量子井戸構造を用いる例を示したが、これに限らない。１．５５μｍ波長帯などの他の波長帯であってもよく、ＡｌＧａＡｓ、ＧａＡｓ、ＧａＮなどの他の材料を用いてもよい。

[0062] 本発明の実施の形態では、半導体レーザの構成、製造方法などにおいて、

各構成部の構造、寸法、材料等の一例を示したが、これに限らない。半導体レーザの機能を発揮し効果を奏するものであればよい。

[0063] なお、本発明は、上述の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想内で、当分野において通常の知識を有する者により、多くの変形および組み合わせが実施可能であることは明白である。

[0064] 上述の実施の形態又はその一例の一部又は全部は、以下の付記のようにも記載されうるが、以下には限られない。

[0065] （付記１）基板と、導波路と、前記導波路を覆うオーバークラッドと、前記導波路の一部に配置される活性層と、前記活性層から所定の距離で、前記導波路の側方の近傍に配置されるヒータと、前記活性層と前記ヒータの間であって、前記基板を含む領域に配置される溝とを備える半導体レーザ。

[0066] （付記２）前記溝が、前記活性層と前記ヒータの間の前記導波路の側方の近傍に、前記オーバークラッドの表面から前記基板内まで配置される、付記１に記載の半導体レーザ。

[0067] （付記３）前記活性層の一方の側壁に配置されるｐ型半導体層と、前記活性層の他方の側壁に配置されるｎ型半導体層と、前記ｐ型半導体層と前記ｎ型半導体層それぞれの表面に配置される電極とをさらに備える、付記１又は付記２に記載の半導体レーザ。

[0068] （付記４）前記ヒータの高さと、前記導波路との高さが略同等である、付記１～付記３のいずれかに記載の半導体レーザ。

[0069] （付記５）前記溝が、前記基板内で前記ヒータの下に周期的に配置される、付記１、付記３又は付記４に記載の半導体レーザ。

産業上の利用可能性

[0070] 本発明は、半導体レーザに関するものであって、光通信システムや光送信機に適用することができる。

符号の説明

[0071] １０　半導体レーザ

１０１　基板

１０２　導波路

１０３　オーバークラッド

１１１　活性層

１４　ヒータ

１５　溝

請求の範囲

[請求項1] 基板と、

導波路と、

前記導波路を覆うオーバークラッドと、

前記導波路の一部に配置される活性層と、

前記活性層から所定の距離で、前記導波路の側方の近傍に配置されるヒータと、

前記活性層と前記ヒータの間であって、前記基板を含む領域に配置される溝と

を備える半導体レーザ。

[請求項2] 前記溝が、前記活性層と前記ヒータの間の前記導波路の側方の近傍に、前記オーバークラッドの表面から前記基板内まで配置される、請求項１に記載の半導体レーザ。

[請求項3] 前記活性層の一方の側壁に配置されるｐ型半導体層と、

前記活性層の他方の側壁に配置されるｎ型半導体層と、

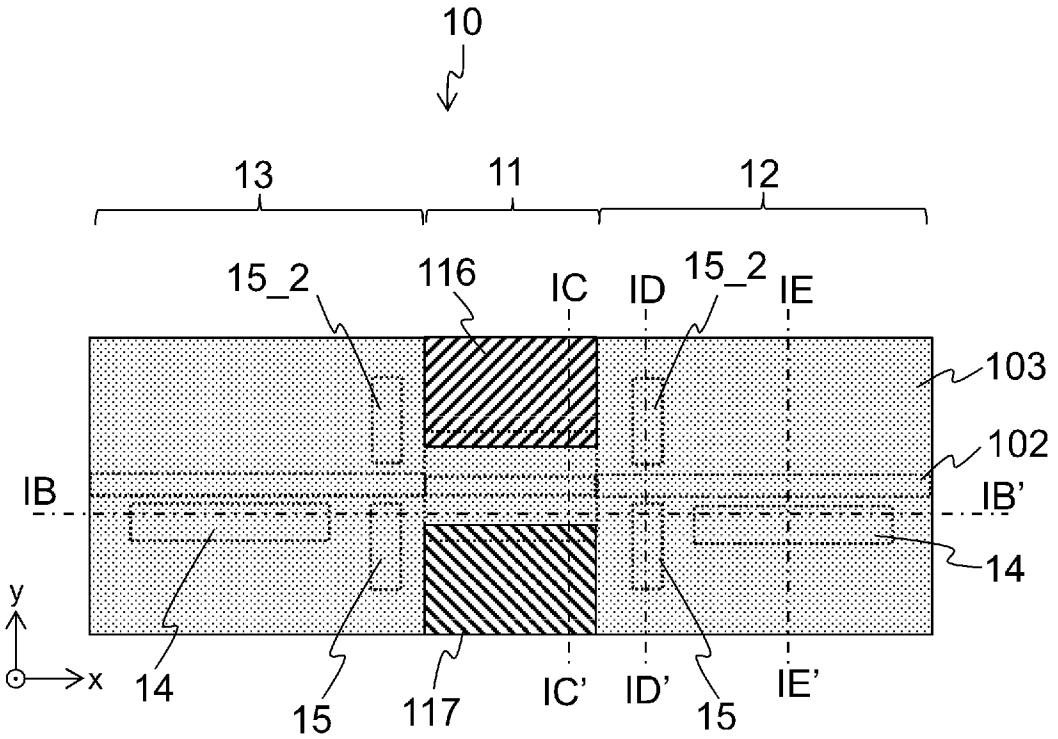
前記ｐ型半導体層と前記ｎ型半導体層それぞれの表面に配置される電極と

をさらに備える、請求項１又は請求項２に記載の半導体レーザ。

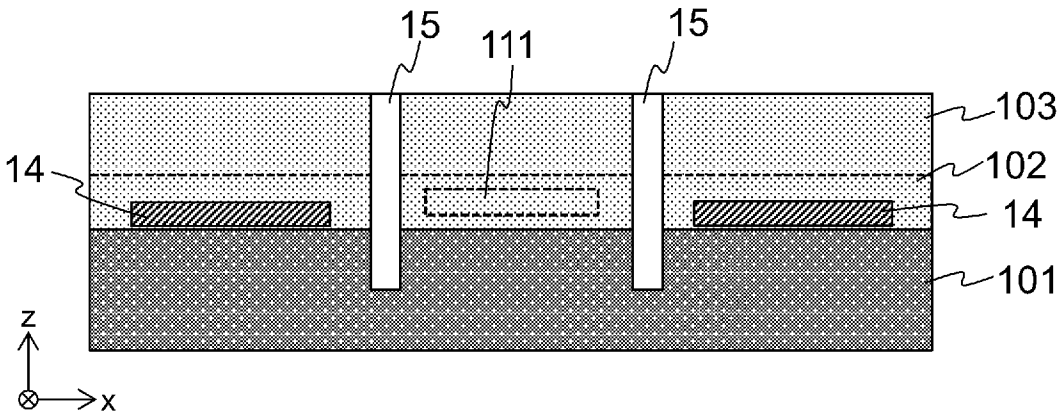
[請求項4] 前記ヒータの高さと、前記導波路との高さが略同等である、請求項１又は請求項２に記載の半導体レーザ。

[請求項5] 前記溝が、前記基板内で前記ヒータの下に周期的に配置される、請求項１に記載の半導体レーザ。

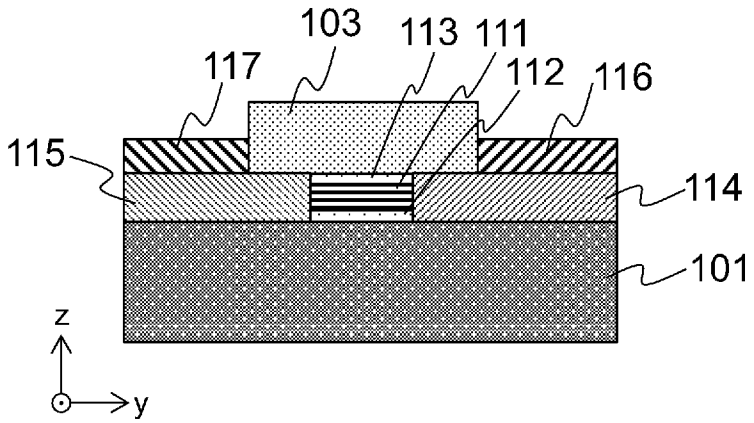
[図1A]


10
13
11
12
15_2
116
IC
ID
15_2
IE
103
102
IB
IB'
14
y
x
14
15
117
IC'
ID'
15
IE'

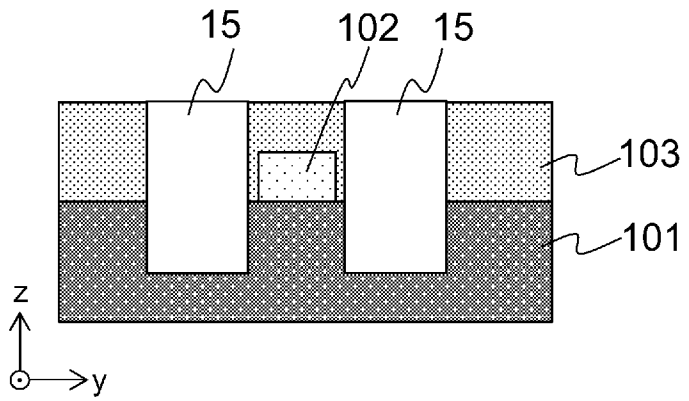
[図1B]


15
111
15
103
14
102
14
101
z
x

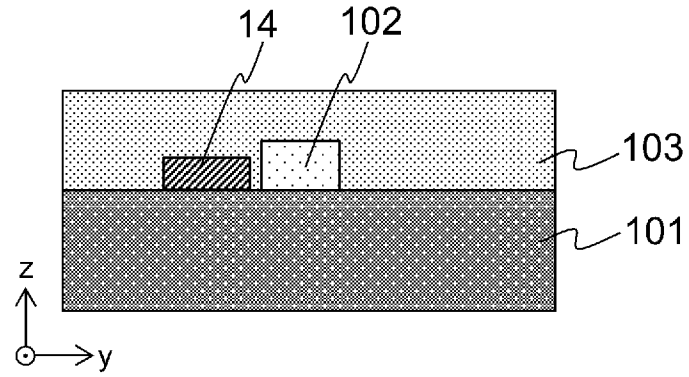
[図1C]


103
113
111
117
112
116
115
114
101
z
y

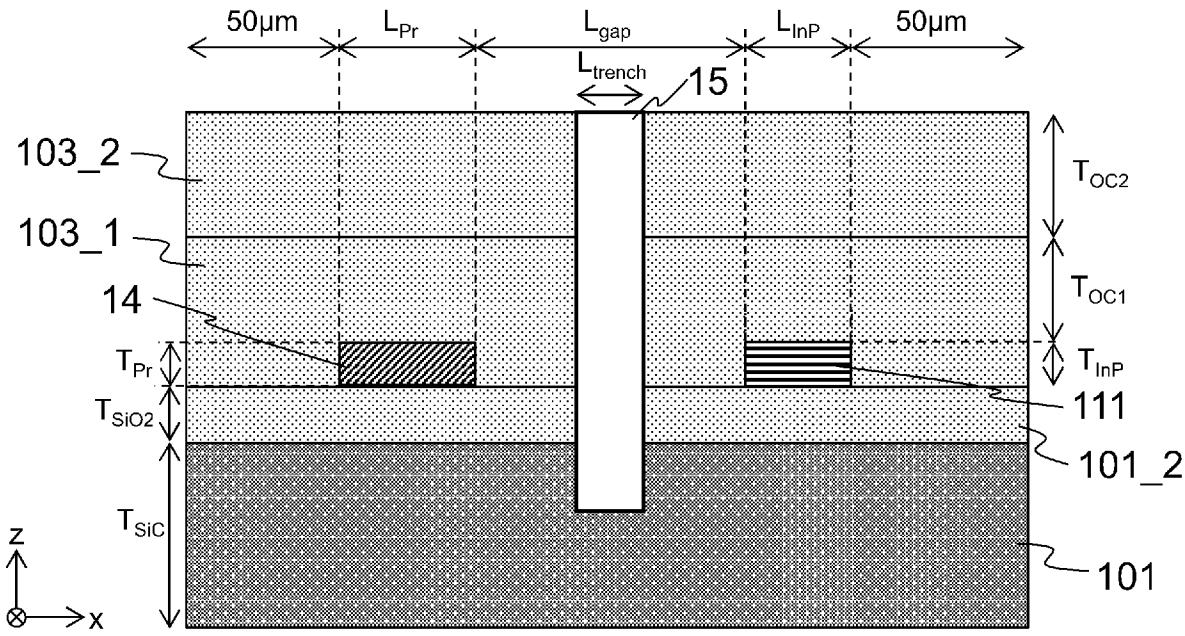
[図1D]


15
102
15
103
101
z
y

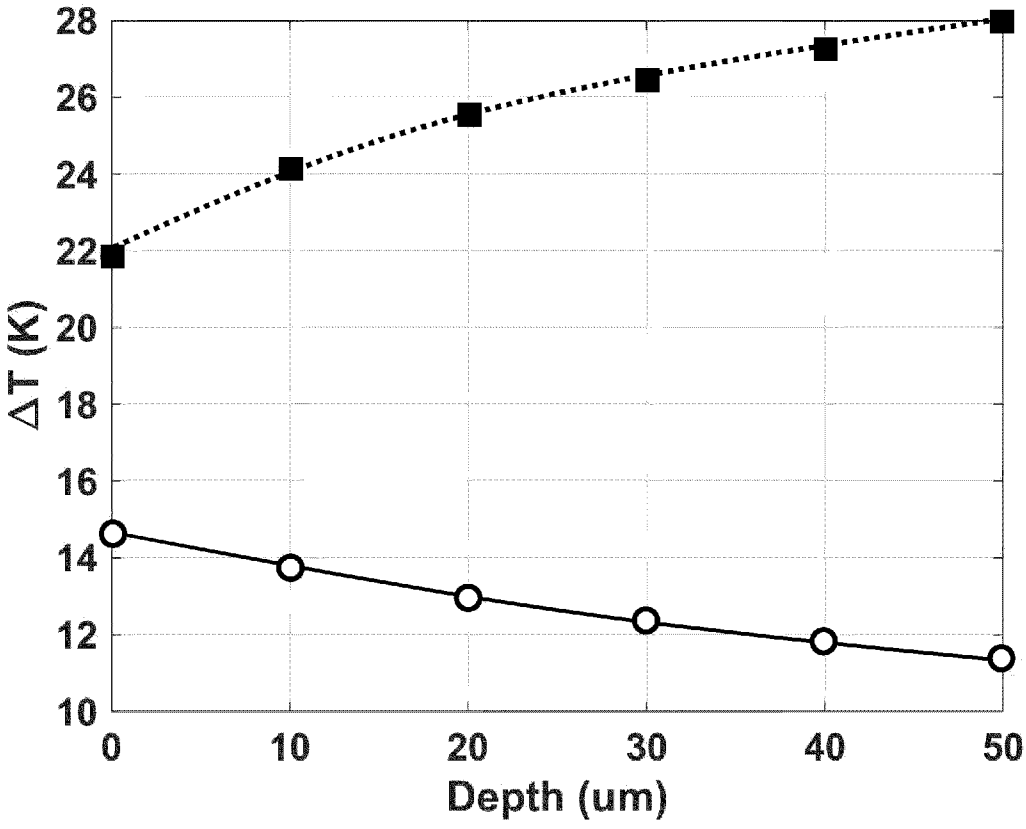
[図1E]


14
102
103
101
z
y

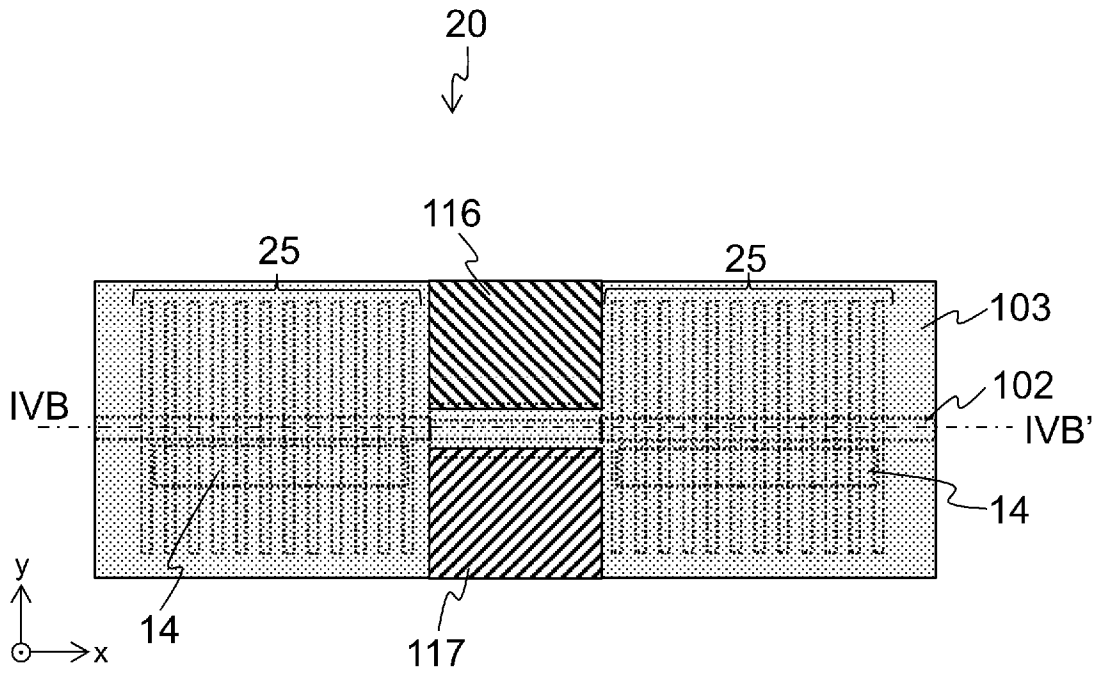
[図2]


50μm
L_{Pr}
L_{gap}
L_{InP}
50μm
L_{trench}
15
103_2
103_1
14
T_{Pr}
T_{SiO2}
T_{SiC}
T_{OC2}
T_{OC1}
T_{InP}
111
101_2
101
z
x

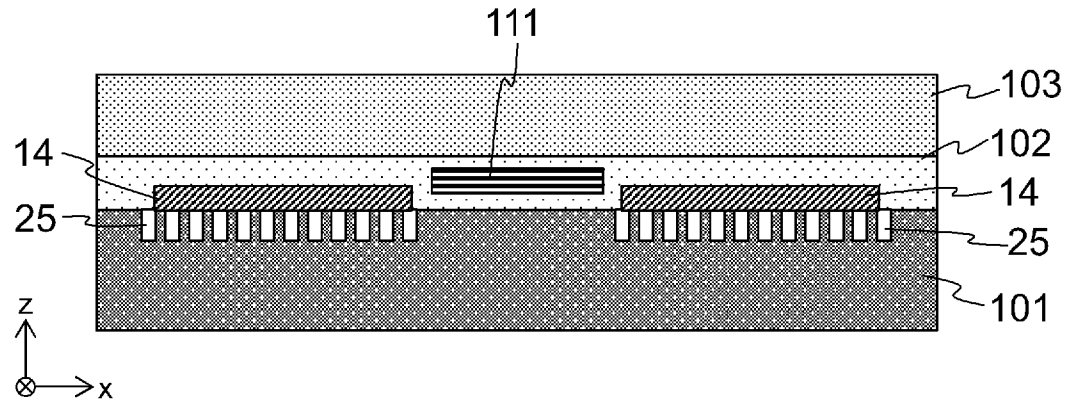
[図3]


28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
ΔT (K)
0
10
20
30
40
50
Depth (um)

[図4A]


20
116
25
25
103
IVB
102
IVB'
14
y
x
14
117

[図4B]


111
103
14
102
14
25
25
101
z
x

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/021689

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S 5/026(2006.01)i; ***H01S 5/024***(2006.01)i; ***H01S 5/125***(2006.01)i
FI: H01S5/026 650; H01S5/026 618; H01S5/125; H01S5/024

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01S5/026; H01S5/024; H01S5/125

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-158636 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 03 June 2004 (2004-06-03) paragraphs [0018]-[0027], fig. 1-5	1-5
Y	US 2003/0086448 A1 (DEACON, David A. G.) 08 May 2003 (2003-05-08) paragraphs [0056]-[0062], fig. 2	1-5
Y	JP 2015-12176 A (SUMITOMO ELECTRIC DEVICE INNOVATIONS INC.) 19 January 2015 (2015-01-19) paragraphs [0042]-[0053], fig. 2-4	1-5
Y	JP 7-211984 A (CANON KABUSHIKI KAISHA) 11 August 1995 (1995-08-11) paragraphs [0038]-[0042], fig. 3	1-5
Y	JP 2019-204904 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 28 November 2019 (2019-11-28) paragraphs [0027]-[0042], fig. 1	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 August 2023	**15 August 2023**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/021689

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2021-72299 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 06 May 2021 (2021-05-06) entire text, all drawings	1-5
A	JP 2014-17481 A (JDS UNIPHASE CORP.) 30 January 2014 (2014-01-30) entire text, all drawings	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/021689

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2004-158636 A	03 June 2004	(Family: none)	
US 2003/0086448 A1	08 May 2003	(Family: none)	
JP 2015-12176 A	19 January 2015	(Family: none)	
JP 7-211984 A	11 August 1995	US 5728605 A column 7, line 52 to column 8, line 29, fig. 5 EP 663710 A2	
JP 2019-204904 A	28 November 2019	US 2021/0203125 A1 paragraphs [0039]-[0053], fig. 1 WO 2019/225447 A1	
JP 2021-72299 A	06 May 2021	US 2021/0126428 A1 entire text, all drawings CN 112821189 A	
JP 2014-17481 A	30 January 2014	US 2014/0010248 A1 entire text, all drawings EP 2682794 A1 CN 103532009 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/021689

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01S 5/026(2006.01)i; H01S 5/024(2006.01)i; H01S 5/125(2006.01)i
FI: H01S5/026 650; H01S5/026 618; H01S5/125; H01S5/024

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））

H01S5/026; H01S5/024; H01S5/125

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2004-158636 A (住友電気工業株式会社) 03.06.2004 (2004-06-03) [0018]-[0027],図1-5	1-5
Y	US 2003/0086448 A1 (DEACON,David A.G) 08.05.2003 (2003-05-08) [0056]-[0062],図2	1-5
Y	JP 2015-12176 A (住友電工デバイス・イノベーション株式会社) 19.01.2015 (2015-01-19) [0042]-[0053],図2-4	1-5
Y	JP 7-211984 A (キヤノン株式会社) 11.08.1995 (1995-08-11) [0038]-[0042],図3	1-5
Y	JP 2019-204904 A (日本電信電話株式会社) 28.11.2019 (2019-11-28) [0027]-[0042],図1	4
A	JP 2021-72299 A (住友電気工業株式会社) 06.05.2021 (2021-05-06) 全文全図	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
07.08.2023	15.08.2023

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
右田　昌士 2K 9513

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

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 2014-17481 A (ジェイディーエス ユニフェイズ コーポレーション) 30.01.2014 (2014-01-30) 全文全図	1-5

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/JP2023/021689

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2004-158636 A	03.06.2004	（ファミリーなし）	
US 2003/0086448 A1	08.05.2003	（ファミリーなし）	
JP 2015-12176 A	19.01.2015	（ファミリーなし）	
JP 7-211984 A	11.08.1995	US 5728605 A 7欄52行-8欄29行，図5 EP 663710 A2	
JP 2019-204904 A	28.11.2019	US 2021/0203125 A1 [0039]-[0053]，図1 WO 2019/225447 A1	
JP 2021-72299 A	06.05.2021	US 2021/0126428 A1 全文全図 CN 112821189 A	
JP 2014-17481 A	30.01.2014	US 2014/0010248 A1 全文全図 EP 2682794 A1 CN 103532009 A	