

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年6月29日(29.06.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/119366 A1

(51) 国際特許分類:
H01S 5/12 (2021.01) *H01S 5/065* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/047031

(22) 国際出願日: 2021年12月20日(20.12.2021)

(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).

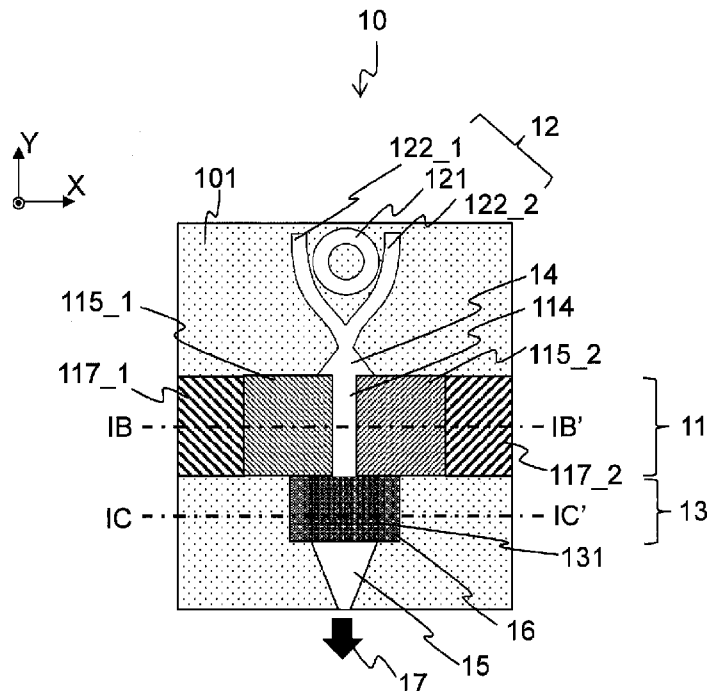
(72) 発明者: 武田 浩司 (TAKEDA, Koji); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 松尾 慎治

(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). 藤井 拓郎 (FUJII, Takuro); 〒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). 瀬川 徹 (SEGAWA, Toru); 〒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). 前田 圭穂 (MAEDA, Yoshiho); 〒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).

(54) Title: SEMICONDUCTOR LASER

(54) 発明の名称: 半導体レーザ



(57) Abstract: This semiconductor laser (10) comprises, in the following order, a waveguide structure equipped with a first semiconductor layer (112), an active layer (113), and a second semiconductor layer (114), a p-type semiconductor layer (115_1) arranged in contact with the active layer on one side surface thereof, an n-type semiconductor layer (115_2) arranged in contact with the active layer on the other side surface thereof, a reflector (12) optically coupled with one end of the active layer in the waveguide direction, a waveguide layer (132) optically coupled with the other end of the active

(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, 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))

layer in the waveguide direction, diffraction grating (131) arranged on one of the lower surface and the upper surface of the waveguide layer, and a refractive index control unit (16) that changes the refractive index of the waveguide layer. As a result, the semiconductor laser of the present invention makes it possible to provide suitable operation at high temperatures by means of a simple configuration.

(57) 要約: 本発明の半導体レーザ(10)は、順に、第1の半導体層(112)と、活性層(113)と、第2の半導体層(114)とを備える導波路構造と、活性層の一方の側面に接して配置されるp型半導体層(115_1)と、活性層の他方の側面に接して配置されるn型半導体層(115_2)と、活性層の導波方向の一端に光学的に結合される反射器(12)と、活性層の導波方向の他端に光学的に結合される導波路層(132)と、導波路層の下面と上面とのいずれか一方に配置される回折格子(131)と、導波路層の屈折率を変化させる屈折率制御部(16)とを備える。これにより、本発明の半導体レーザは、簡易な構成で良好な高温動作を提供できる。

明 細 書

発明の名称：半導体レーザ

技術分野

[0001] 本発明は、回折格子を有し、高温動作できる半導体レーザに関する。

背景技術

[0002] 近年、インターネットにおいて急激に増大する伝送容量に対応するため、光デバイスの省電力化が必要とされ、とくに、室温から高温の広い温度範囲で動作できる半導体レーザが必要とされている。

[0003] また、光電子デバイスのモジュール実装の高密度化にともない、デバイス温度が増加するので、高温で動作できる半導体レーザが必要とされている。

[0004] 従来、半導体レーザは、例えば、DFBレーザ（Distributed feedback laser diode、分布帰還型レーザ）は、量子井戸構造の活性層と回折格子などの共振器構造からなる構成により、単一モードで発振できる（非特許文献1、2）。ここで、良好なレーザ特性を得るためには、活性層の利得波長と共振波長とが一致することが必要である。

先行技術文献

非特許文献

[0005] 非特許文献1：T. Fujii et al., “Heterogeneously Integrated Membrane Lasers on Si Substrate for Low Operating Energy Optical Links,” in IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, vol. 24, no. 1, pp. 1-8, Jan.-Feb. 2018, Art no. 1500408, doi: 10.1109/JSTQE.2017.2778510.

非特許文献2：“Widely tunable laser with lattice filter on Si photonic platform,” Takuma Aihara, Tatsurou Hiraki, Takuro Fujii, Koji Takeda, Tai Tsuchizawa, Takaaki Kakitsuka, Hiroshi Fukuda, Shinji Matsuo, Compound Semiconductor Week 2021 (CSW 2021) TuA2-5 2021年05月

非特許文献3：M. Chacinski, M. Isaksson and R. Schatz, “High-speed dir

ect Modulation of widely tunable MG-Y laser,” in IEEE Photonics Technology Letters, vol. 17, no. 6, pp. 1157–1159, June 2005, doi: 10.1109/LPT.2005.846489.

非特許文献4: S. Paul et al., “10-Gb/s Direct Modulation of Widely Tunable 1550-nm MEMS VCSEL,” in IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, vol. 21, no. 6, pp. 436–443, Nov.–Dec. 2015, Art no. 1700908, doi: 10.1109/JSTQE.2015.2418218.

非特許文献5: K. Hasebe, T. Sato, K. Takeda, T. Fujii, T. Kakitsuka and S. Matsuo, “High-Speed Modulation of Lateral p-i-n Diode Structure Electro-Absorption Modulator Integrated With DFB Laser,” in Journal of Lightwave Technology, vol. 33, no. 6, pp. 1235–1240, 15 March 2015, doi: 10.1109/JLT.2014.2383385.

非特許文献6: Gladyshev, A.G., Novikov, I.I., Karachinsky, L.Y. et al., “Optical properties of InGaAs/InGaAlAs quantum wells for the 1520–1580 nm spectral range,” Semiconductors 50, 1186–1190 (2016). <https://doi.org/10.1134/S1063782616090098>.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] 従来のDFBレーザでは、利得波長の温度依存性と屈折率の温度依存性が異なるために、動作温度を変えると材料利得と発振波長の不一致が生じ、特性が劣化する。
- [0007] そこで、従来のDFBレーザでは、高温で良好な特性で動作させるために、温度コントローラを備えて低温で動作させる構成、又は半導体変調器や半導体光増幅器などを一体集積する構成、活性層に高温動作に優れる材料を用いる構成などが開示されている（非特許文献3～6）。
- [0008] しかしながら、これらの構成は複雑であるため、製造プロセスの複雑化、製造コストの増加などが問題となっていた。

課題を解決するための手段

[0009] 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、順に、第1の半導体層と、活性層と、第2の半導体層とを備える導波路構造と、前記活性層の一方の側面に接して配置されるp型半導体層と、前記活性層の他方の側面に接して配置されるn型半導体層と、前記活性層の導波方向の一端に光学的に結合される反射器と、前記活性層の導波方向の他端に光学的に結合される導波路層と、前記導波路層の下面と上面とのいずれか一方に配置される回折格子と、前記導波路層の屈折率を変化させる屈折率制御部とを備える。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、簡易な構成で良好な高温動作を実現できる半導体レーザを提供できる。

図面の簡単な説明

[0011] [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透視図である。

[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|B-|B'断面図である。

[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|C-|C'断面図である。

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

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

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

[図4]図4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透視図である。

[図5]図5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の一例を示す上面透視図である。

[図6]図6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の一例を示す上面透視図である。

発明を実施するための形態

[0012] <第1の実施の形態>

本発明の第1の実施の形態について図1A～図3を参照して説明する。

[0013] <半導体レーザの構成>

本実施の形態に係る半導体レーザは、図1Aに示すように、 SiO_2/Si 上に、利得領域11と、リング共振器12と、DBR (Distributed Bragg Reflector) 領域13と備える。

[0014] ここで、 SiO_2/Si は、 SiO_2 以外のSiN、SiNOなどの誘電体を用いてもよい。また、 SiO_2/Si は、基板上に形成される。基板には、Siが用いられ、Si以外の半導体や誘電体を用いてもよい。

[0015] 利得領域11は、図1Bに示すように、 SiO_2/Si 上に、第1の半導体層(InP)112と、活性層として多重量子井戸(MQW、multi quantum well)113と、第2の半導体層(InP)114とが積層され、導波路構造に形成される。この導波路構造の幅方向(図中X方向)の一方の側面に、p型InP層115_1が接して配置され、その上にp型コンタクト層(例えば、p型InGaAs)116_1を介して、p型電極(例えば、金)117_1を備える。また、他方の側面に、n型InP層115_2が接して配置され、その上にn型コンタクト層(例えば、n型InGaAs)116_2を介して、n型電極(例えば、金)117_2を備える。

[0016] ここで、例えば、MQW活性層113は、1.55 μm 波長帯のInGaAsP井戸層とInGaAsP障壁層とからなり、6周期で厚さが105 nm程度である。第1の半導体層(InP)112と第2の半導体層(InP)114との厚さはそれぞれ165 nm、80 nmである。また、 SiO_2/Si

01の厚さは $2\mu\text{m}$ 、p型InP層115__1およびn型InP層115__2の厚さは 350nm である。

[0017] ここで、MQW活性層113は、 $1.31\mu\text{m}$ 波長帯でもよい。MQWには、InGaAsP以外でもInGaAs、InGaAlAs、GaInNAsなどを用いてもよい。MQWの周期、厚さなどの構成は、他の構成でもよい。

[0018] リング共振器12は、図1Aに示すように、導波方向に、テーパ・光カプラ14を介して、利得領域11と光学的に結合する。

[0019] リング共振器12では、リング導波路121に2本の導波路122__1、122__2が光学的に結合し、2本の導波路122__1、122__2がテーパ・光カプラ14で合分波される。

[0020] ここで、リング導波路121とテーパ・光カプラ14とは、InPで構成される。

[0021] DBR領域13は、図1Aに示すように、利得領域11に、導波方向（図中、Y方向）で、リング共振器12と反対側に接続される。ここで、DBR領域13は、利得領域11に光学的に結合されればよい。

[0022] DBR領域13は、図1Cに示すように、 SiO_2 101上に、InP導波路層132と、InP導波路層132を覆う SiO_2 クラッド133とを備え、 SiO_2 クラッド133の上面にヒータ16を備える。

[0023] また、DBR領域13では、InP導波路層132の上面と SiO_2 クラッド133と境界にDBR回折格子131を備える。または、InP導波路層132の下面と SiO_2 101との境界に、DBR回折格子131を備えてもよい。

[0024] ここで、DBR回折格子131において、例えば、ピッチ（周期）は $200\text{nm}\sim 300\text{nm}$ 程度であり、深さは $10\text{nm}\sim 50\text{nm}$ 程度であり、所望の発光（発振）波長や結合係数によって設定される。結合係数は、DBRが有するストップバンド幅が、後述のリング共振器が有するFSR間隔と同程度となるように設定することが望ましい。

- [0025] DBR領域13において、ヒータ16によりInP導波路層132の温度を変化させ、屈折率を変化させる。これにより、InP導波路層132の回折格子131の結合係数が変化して、ピーク波長が変化する。
- [0026] ヒータ16は、金属製でも樹脂製でもよい。また、ヒータ16をSiO₂クラッド133の上面に配置する例を示したが、これに限らず、SiO₂クラッド133またはSiO₂101内に埋め込んでもよく、InP導波路層132の温度を変化させることができる構成であればよい。
- [0027] ここで、例えば、利得領域11とDBR領域13の長さはそれぞれ75 μ m、10 μ mであり、利得領域11の活性層113の幅およびDBR領域13のInP導波路122の幅は1.0 μ m程度である。ここで、DBR領域13は光の出射側に配置されるので、長すぎると反射率が高くなり光が効率的に出射されない（取り出せない）。そこで、DBR領域13の反射率が5～50%となるように設定することが望ましい。
- [0028] リング導波路121の幅とリング導波路121に結合する導波路の幅は、0.4 μ m程度である。また、リング導波路121の直径は、5.0～10.0 μ m程度である。
- [0029] 出力用導波路15は、出力端に向けて幅が狭くなるテーパ形状を有する。先端（出射端）の幅は0.1 μ m程度である。これにより、例えば導波路15の上部または下部に導波路を配置した導波路に対して光結合させ、レーザー光が出射される。
- [0030] また、出力用導波路15は単なる直線導波路として、この導波路を介してレーザー光を出射させても良い。
- [0031] <半導体レーザーの動作>
- 本実施の形態に係る半導体レーザー10の動作を、以下に説明する。
- [0032] 半導体レーザー10では、利得領域11において電流注入により発光が生じ、リング共振器12側に出射され、テーパ・光カプラ14で分波され、リング共振器12において、2本の導波路122__1、122__2それぞれを伝搬して、リング導波路121に結合する。

- [0033] 2本の導波路122__1、122__2のうち、一方の導波路122__1を伝搬して、リング導波路121に結合される光は、リング導波路121を時計回りで周回したのち、他方の導波路122__2と結合してテーパ・光カプラ14へ戻っていく。また、他方の導波路122__2を伝搬して、リング導波路121に結合される光は、リング導波路121を反時計回りで周回したのち、一方の導波路122__1と結合して光カプラ14へ戻っていく。
- [0034] リング導波路12から戻ってきた光は、テーパ・光カプラ14で合波される。リング共振器では、リングが有する共振波長と一致する波長の光のみが利得領域に戻る。共振波長は1つではなく、リングの周回数に応じた複数の共振波長が存在する。
- [0035] 一方、利得領域11からDBR領域13方向に出射した光は、DBR回折格子131が有する反射スペクトルと一致するモードが選択的に利得領域に戻る。反射スペクトルは、回折格子のブラッグ波長を中心とし、回折格子結合係数および回折格子長さで決まる有限のストップバンド幅を有する形状である。したがって、リング共振器12が有する共振波長のうち、DBR回折格子131で選択される波長において発振が起こり、レーザ光として出射する（図1A中、矢印17）。
- [0036] 図2A、Bに、利得領域にリング共振器12とDBR回折格子131が集積される半導体レーザにおける、リング共振器12の共振波長S11（図中、実線矢印と点線矢印）と、DBR回折格子131の反射スペクトルS12と、MQW活性層の利得スペクトルS113とを示す。
- [0037] 図2Aに、ヒータにより温度を制御しない場合における室温時の各波長・スペクトル（1__1）と、高温時の各波長・スペクトル（1__2）とを示す。
- [0038] この場合、DBR回折格子131が、リング共振器12が有する共振波長のうち一つの波長（例えば、 λ 1__1）を選択して発振する（図中、1__1）。
- [0039] 高温では、MQW活性層の利得ピークS113が長波長側にシフトして（

波長 λ_{1_a} ）、強度が減少する。一方、リング共振器12とDBR回折格子131による発振波長も長波長側にシフトするが、この波長（ $\lambda_{1_1'}$ ）のシフト量は利得ピークのシフト量より小さい。その結果、MQW活性層の利得ピーク（ λ_{1_a} ）と発振波長のピーク（ $\lambda_{1_1'}$ ）には、ずれが生じる（図中、1__2）。これにより、このレーザの高温時の特性は劣化する。

[0040] 図2Bに、本実施の形態に係る半導体レーザ10を用いて、ヒータにより温度を制御する場合における室温時の各波長・スペクトル（1__3）と、高温時の各波長・スペクトル（1__4）とを示す。

[0041] 半導体レーザ10では、室温では、ヒータ16がオフの状態で、リング共振器12とDBR回折格子131による発振波長と、MQW活性層113の利得ピークの波長とが、波長 λ_{1_1} で一致する（図中、1__3）。

[0042] 高温時には、DBR回折格子131を有するInP導波路層132の近傍に配置されるヒータ16をONにして昇温して（例えば、100℃程度）、DBR回折格子131のInP導波路層132の温度を増加させる。これにより、DBR回折格子131のInP導波路層132の屈折率が増加して、DBR回折格子131のブラッグ波長が長波長側にシフトする。

[0043] その結果、半導体レーザ10では、DBR回折格子131のブラッグ波長がリング共振器12の長波長側の共振波長と一致して、長波長側の発光波長（ λ_{1_2} ）で発振する。

[0044] 高温時には、MQW活性層113の利得ピークも、上述の通り、長波長側にシフトする（図中、1__4）。

[0045] このように、半導体レーザ10では、高温時に、DBR回折格子131のブラッグ波長と一致するリング共振器12の長波長側の共振波長と、MQW活性層113の利得ピークとが一致して発振するので、高温時の出力の低下が抑制され、良好な高温動作特性が得られる。

[0046] 本実施の形態に係る半導体レーザによれば、高温時の出力の低下が抑制され、良好な高温動作特性が得られる。

[0047] 半導体レーザ10において、リング共振器12では、周回長すなわち直径を小さくすることにより、自由スペクトル帯域幅(FSR; free-spectral range)を増加できる。さらに、リング共振器12にInPやシリコンなどの半導体を、クラッドに空気やSiO₂、SiN、SiONなどの誘電体を用いれば、コアとクラッドとの屈折率差が大きく、光導波路内に強く光を閉じ込められるので、曲げ半径を小さくすることが可能となり、FSRの大きなリング共振器が得られる。このように、半導体レーザ10はリング共振器12を用いるので、広帯域で動作できる。

[0048] また、DBR領域13では、リング共振器12の共振波長のうち1つを選択できればよい。DBR共振器131のストップバンド幅が広すぎると2モード以上で発振する可能性があり、狭すぎるといずれのモードでも発振しない可能性があり、リング共振器のFSR間隔と同程度とすることで、安定して1つのモードを選択することが容易となる。DBRミラーの反射率は所望の特性に応じて決定すればよい。ストップバンド幅が約20nmとなる、回折格子結合係数 $\kappa=1000\text{ cm}^{-1}$ の回折格子の反射率を計算した結果を図2Cに示す。所望の反射率は所望の特性によって異なるが、おおよそ5%~60%程度とすればよく、このときのDBR領域長は2.5~10.5 μm である。

[0049] <半導体レーザの効果>

図3に、半導体レーザにおける発振ピーク波長と利得ピーク波長との温度依存性の計算結果を示す。

[0050] 計算では、利得の温度特性と発振波長の温度依存性に、半導体(DBF)レーザで得られた実験データを用い、それぞれ0.4nm/K、0.085nm/Kとした。また、透過屈折率は、1.55 μm 波長帯について2.7、1.31 μm 波長帯について2.9とした。また、 $K \cdot L=5$ となるように活性層長を変化させて計算した。

[0051] 図3に示すように、半導体レーザにおける1つの発振波長1__5を利得ピーク波長1__6と室温で一致させ温度を増加するとき、発振波長1__5と利

得ピーク波長 1__6 とともに長波長側にシフトする。

[0052] ここで、利得ピーク波長 1__6 のシフト量が発振波長 1__5 のシフト量よりも大きく、その差は 80℃において 18.9 nm である（図中、矢印）。このとき、通常の MQW 活性層 113 の利得スペクトルの半値全幅は 40 nm 程度なので、利得が半分程度まで低下すると推定される。

[0053] このように、半導体レーザにおいて、室温と高温（例えば、80℃程度）で温度変化するときの動作を想定すると、発振波長を 20 nm 程度シフトできる構造にすることが望ましい。本発明では、リングの直径を変えることで FSR 間隔を自由に設定できるため、所望の波長間隔での波長スイッチングが可能となる。

[0054] 例えば、DFB レーザを用いてレーザ発振させる構成において、類似の波長スイッチング機能を実現する場合、DFB のストップバンド幅を広くした均一回折格子とすることで、2つの発振波長を得ることができる。室温で発振させる波長と高温で発振させる波長との差は DFB 回折格子のストップバンド幅で決まる。ここで、DFB ストップバンド幅は、ほぼ回折格子の結合係数に依存する。

[0055] そこで、レーザの動作波長範囲すなわちストップバンド幅を広くするためには、回折格子の結合係数を大きくする必要がある。

[0056] しかしながら、回折格子の結合係数を大きくする場合、活性層長との積 κL が大きくなり、空間ホールバーニング等の影響から安定的に単一モード発振させるのが難しくなる。この問題は、例えば 300 μm を超えるような長い活性層を有するレーザにおいて顕著である。

[0057] 一方、本実施の形態に係る半導体レーザでは、リング共振器の FSR 間隔により共振波長間隔が決まることから、回折格子の結合係数に関係なく、レーザの動作波長範囲を広くすることができる。したがって、活性層の長いレーザにおいても、容易に安定的に単一モードで、かつ広帯域で発振させることができる。

[0058] <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4を参照して説明する。

[0059] <半導体レーザの構成>

本実施の形態に係る半導体レーザ20は、図4に示すように、 SiO_2 101上に、利得領域11と、リング共振器22と、DBR (Distributed Bragg Reflector) 領域13と、ループミラー23とを備える。

[0060] リング共振器22では、リング導波路221に2本の導波路222__1、222__2が光学的に結合し、2本の導波路222__1、222__2のうち、一方の導波路222__1がテーパ14を介して、利得領域11と光学的に結合する。他方の導波路222__2は、一端にループミラー23を備える。ここで、リング導波路221とテーパ14とループミラー23とは、InPで構成される。その他の構成は、第1の実施の形態と同様である。

[0061] 半導体レーザ20では、利得領域11において電流注入により発光が生じ、リング共振器22側にテーパ14を介して出力される。リング共振器22において、一方の導波路222__1を伝搬して、リング導波路221に結合する。

[0062] リング導波路221に結合される光は、リング導波路221を時計回りで周回する。周回した光の一部は、他方の導波路222__2へ結合し、他方の導波路222__2を伝搬して、ループミラー23で反射される。反射された光は、再びリング導波路221に結合し、リング導波路221を反時計回りに周回する。周回した光の一部は、一方の導波路222__1と結合し、一方の導波路222__1を伝搬して、テーパ14を介して、利得領域11に戻る。

[0063] 一方、第1の実施の形態と同様に、利得領域からDBR領域13方向に射出する光は、DBR回折格子131が有する反射スペクトルと一致するモードが選択的に利得領域に戻る。したがって、リング共振器22が有する共振波長のうち、DBR回折格子131で選択される波長において発振が起こり

、レーザ光として出射する。

[0064] 本実施の形態では、ループミラー 2 3 を用いる例を示したが、これに限らず、ループミラー 2 3 の代わりに、図 5 に示すように、他方の導波路 2 2 2 2 の端部に D B R 回折格子 3 3 を形成してもよく、リング共振器 2 2 から出射される発振光を反射する構成（光反射部）であればよい。

[0065] 本発明の実施の形態では、リング共振器 2 2 を用いる例を示したが、これに限らず、図 6 に示すように、利得領域 1 1 と光学的に結合する導波路 4 1 にサンプルド・グレーティング 4 2 を形成して用いてもよい。サンプルド・グレーティングも、リング共振器と同様に、多モードで利得領域 1 1 の発光を反射して発振光を生成できるので、本発明の実施の形態と同様の効果を奏する。このように、利得領域 1 1 と光学的に結合して、多モードで利得領域 1 1 の発光を反射して発振光を生成して、反射器として機能すればよい。

[0066] 本発明の実施の形態では、ヒータにより D B R 領域の波長をシフトさせる例を示したが、これに限らない。電源に接続される電極を D B R 領域の導波路層に配置して逆バイアスを印加してキャリアを引き抜いて、屈折率を変化させて、D B R 領域の波長をシフトさせてもよい。このように、D B R 領域の屈折率を変化させる構成（以下、「屈折率制御部」という。）を備えればよい。

[0067] ここで、屈折率制御部がヒータである場合には、ヒータをオンにして D B R 領域の温度を増加して、屈折率を増加できる。また、屈折率制御部をオンにして D B R 領域に逆バイアスを印加してキャリアを引き抜いて、屈折率を増加できる。このように、屈折率制御部がオンの状態で、D B R 領域の屈折率を増加させ、D B R 領域の波長を長波長側にシフトできる。

[0068] 本発明の実施の形態では、リング共振器の発光波長と D B R 回折格子のブラッグ波長等が一致する状態とは、例えば、図 2 A に示すように、リング共振器の発光スペクトルにおける発光ピークと、D B R 回折格子の反射スペクトルにおけるブロードなピークが重なる状態をいう。このとき、リング共振器の一の発光（例えば、短波長側）のみが D B R 回折格子による帰還を受け

るため、リング共振器において、短波長側の発光を取り出すことができる。

[0069] 本発明の実施の形態では、リング共振器、D B R領域が利得領域と光学的に結合する例を示したが、この場合、リング共振器、D B R領域における導波路が、利得領域の活性層とが光学的に結合すればよい。

[0070] 本発明の実施の形態では、 $1.55\mu\text{m}$ と $1.31\mu\text{m}$ との波長帯の半導体レーザの構成の一例を示したが、他の波長帯であってもよい。また、活性層、導波路層、p型およびn型半導体層などの半導体レーザの層構成として、I n P系の化合物半導体を用いる構成の一例を示したが、他のI n P系の化合物半導体を用いてもよく、G a A s系、S i系などの他の半導体を用いてもよく、半導体レーザを構成できる材料を用いればよい。

[0071] 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。

産業上の利用可能性

[0072] 本発明は、インターネット通信システムやコンピュータシステム等における発光デバイスに適用することができる。

符号の説明

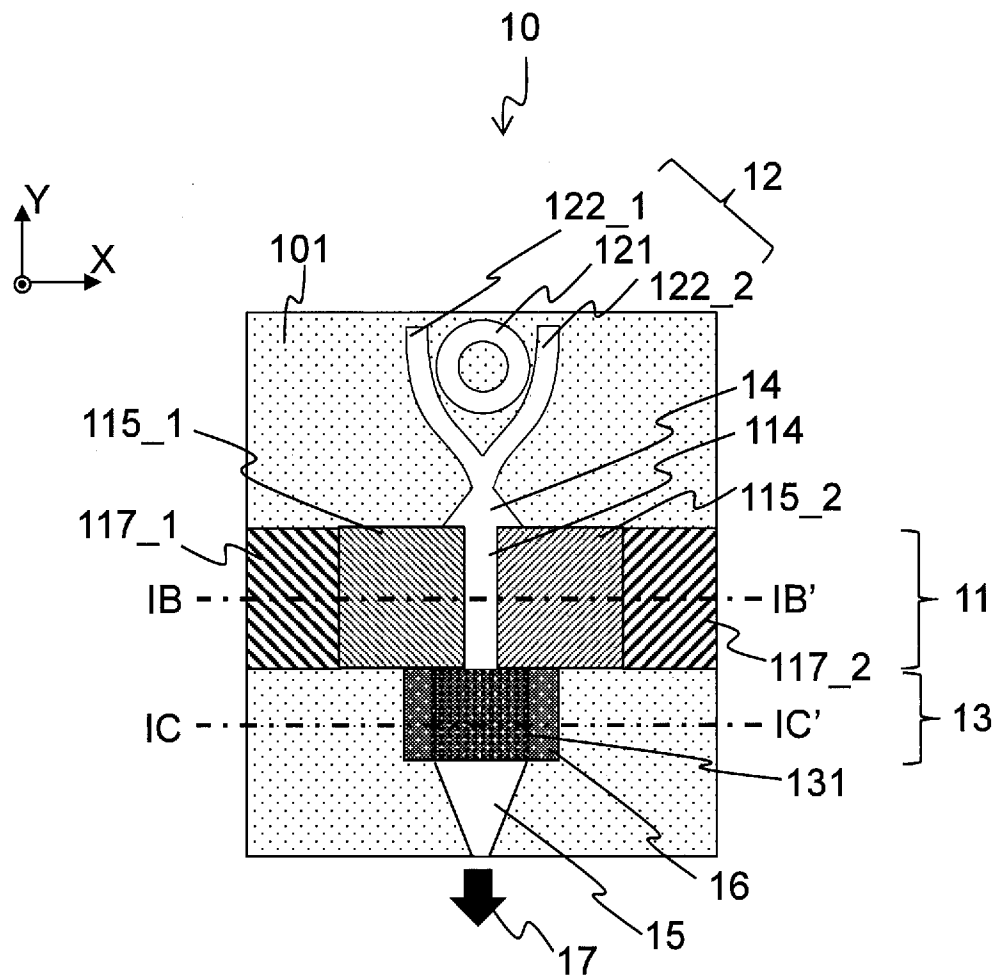
- [0073] 1 0 半導体レーザ
- 1 1 2 第1の半導体層
- 1 1 3 活性層
- 1 1 4 第2の半導体層
- 1 1 5__1 p型半導体層
- 1 1 5__2 n型半導体層
- 1 2 反射器（リング共振器）
- 1 3 1 回折格子
- 1 3 2 導波路層
- 1 6 屈折率制御部

請求の範囲

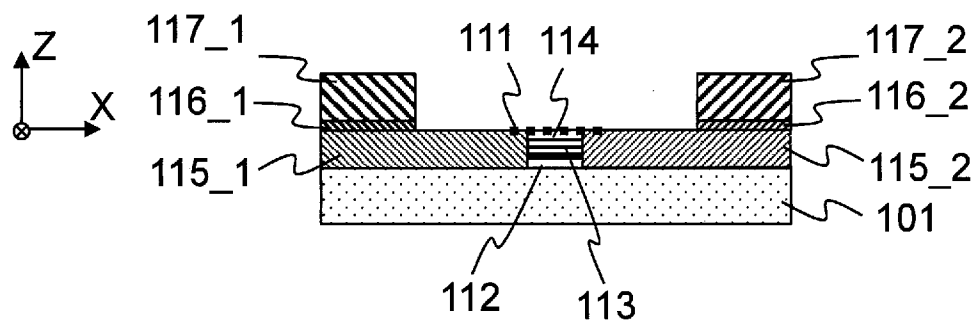
- [請求項1] 順に、第1の半導体層と、活性層と、第2の半導体層とを備える導波路構造と、
- 前記活性層の一方の側面に接して配置されるp型半導体層と、
- 前記活性層の他方の側面に接して配置されるn型半導体層と、
- 前記活性層の導波方向の一端に光学的に結合される反射器と、
- 前記活性層の導波方向の他端に光学的に結合される導波路層と、
- 前記導波路層の下面と上面とのいずれか一方に配置される回折格子と、
- 前記導波路層の屈折率を変化させる屈折率制御部と
- を備える半導体レーザ。
- [請求項2] 前記反射器が複数のモードの発振光を発生させ、
- 前記屈折率制御部がオフの状態、前記複数のモードの発振光のうち、所定の波長の前記発振光が、前記回折格子により選択され発振し、
- 前記屈折率制御部がオンの状態で、前記複数のモードの発振光のうち、所定の波長より長波長側の前記発振光が、前記回折格子により選択され発振する
- ことを特徴とする請求項1に記載の半導体レーザ。
- [請求項3] 前記反射器が、リング共振器である
- ことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の半導体レーザ。
- [請求項4] 前記リング共振器に光学的に結合するループミラーを備える
- ことを特徴とする請求項3に記載の半導体レーザ。
- [請求項5] 前記リング共振器に光学的に結合し、一方の端部に回折格子を有する導波路を備える
- ことを特徴とする請求項3に記載の半導体レーザ。
- [請求項6] 前記反射器が、サンプルド・グレーティングを有する導波路である
- ことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の半導体レーザ。

- [請求項7] 前記屈折率制御部が、ヒータであることを特徴とする請求項1から請求項6のいずれか一項に記載の半導体レーザ。
- [請求項8] 前記屈折率制御部が、電源に接続され、前記導波路層に配置される電極であって、前記電極にバイアスを印加して、前記導波路層のキャリア密度を変化させることを特徴とする請求項1から請求項6のいずれか一項に記載の半導体レーザ。

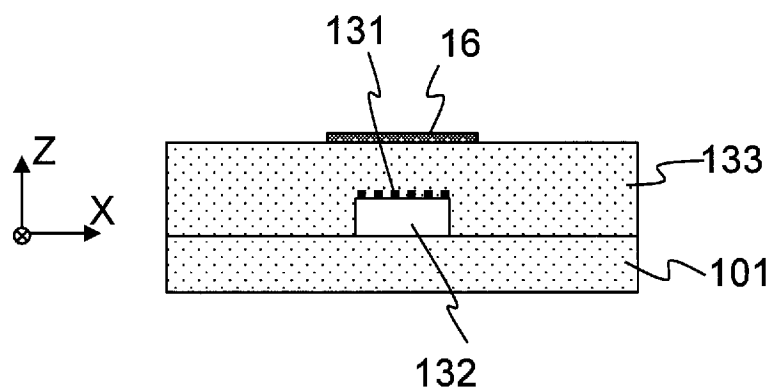
[図1A]



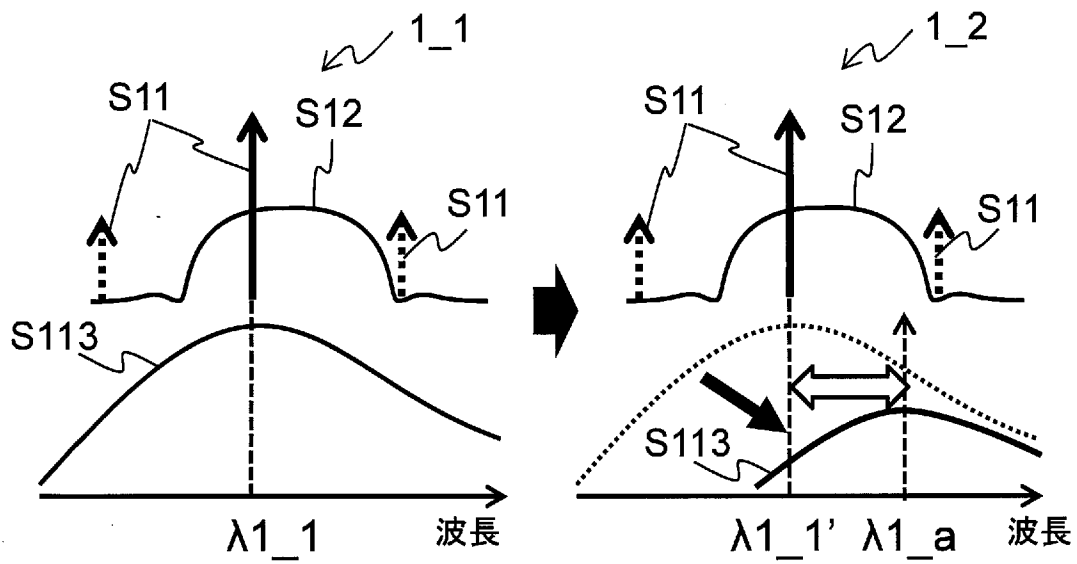
[図1B]



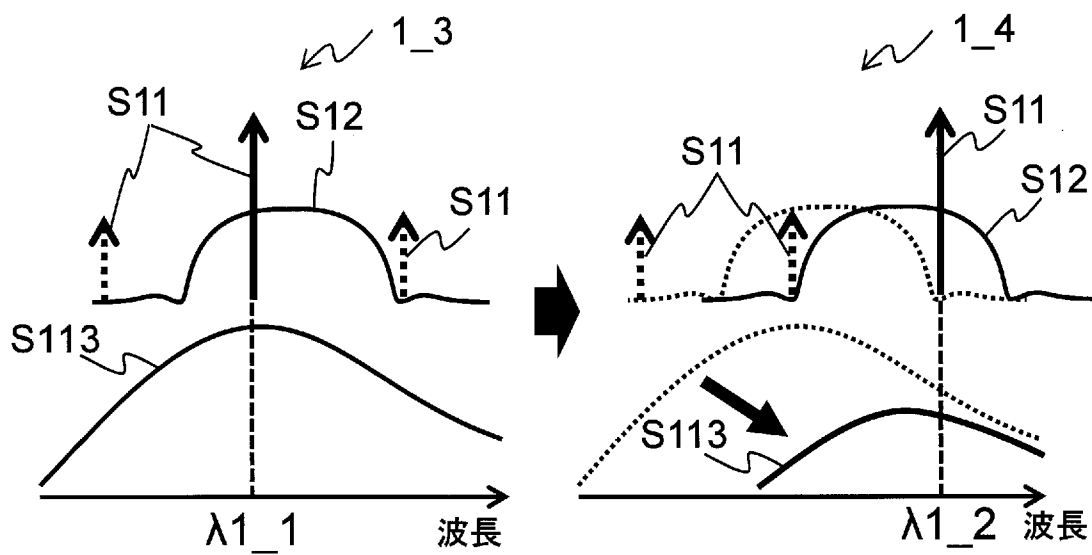
[図1C]



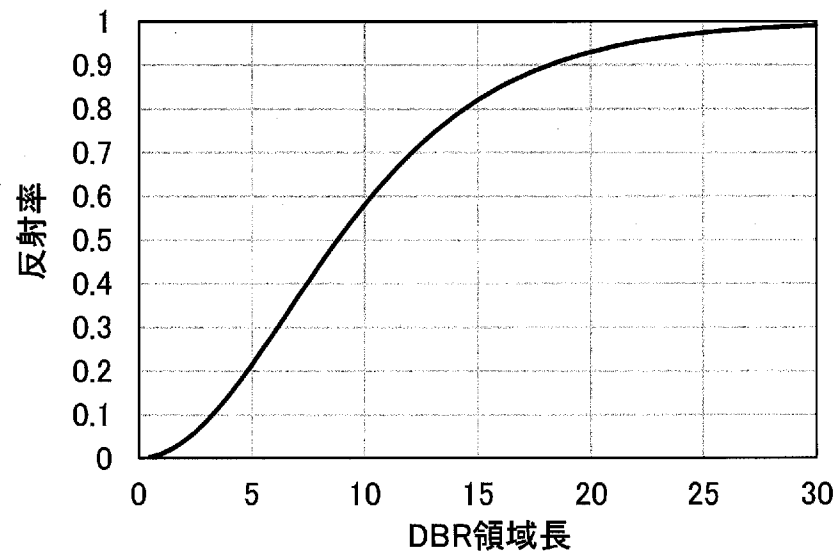
[図2A]



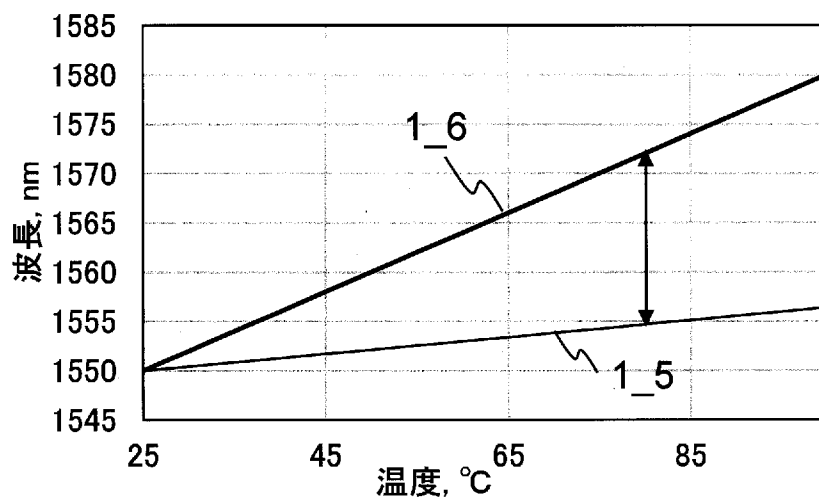
[図2B]



[図2C]

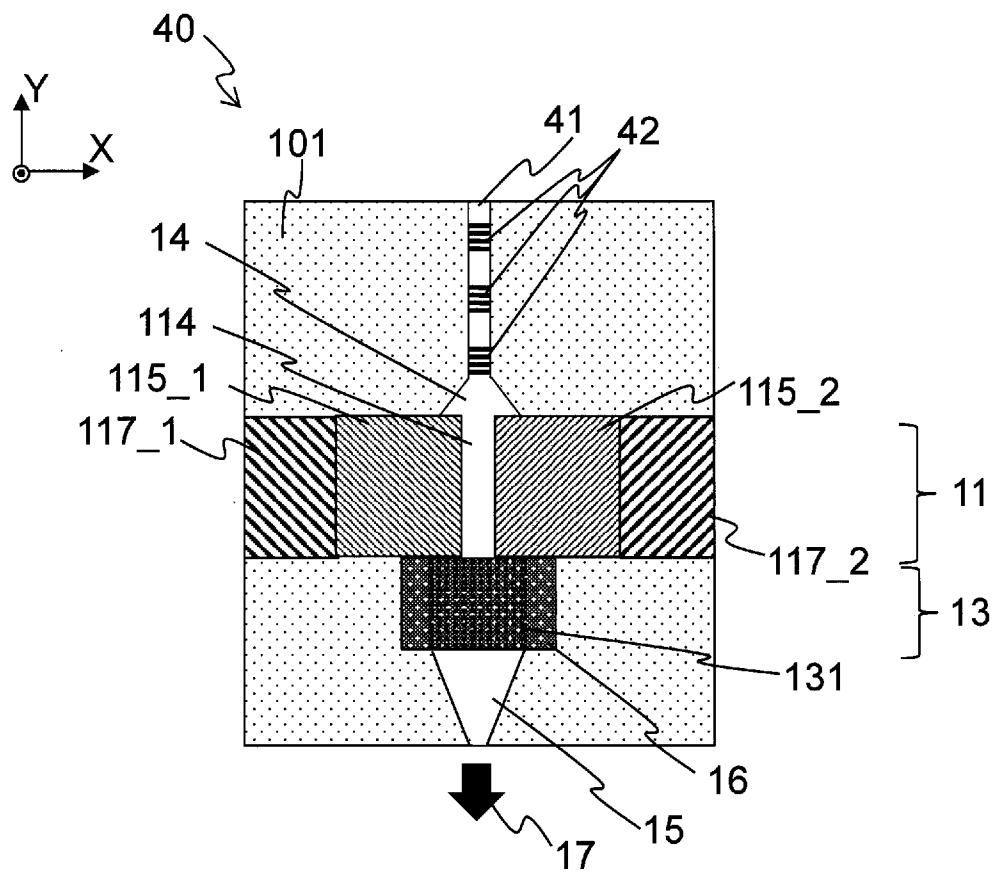


[図3]



[illegible]

[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/047031

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01S 5/12 (2021.01)i; H01S 5/065 (2006.01)i FI: H01S5/12; H01S5/065 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) H01S5/12; H01S5/065 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) Science Direct; IEEE Xplore; Wiley Online Library		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2016-178283 A (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 06 October 2016 (2016-10-06) paragraphs [0002]-[0003], [0015]-[0058], [0062]-[0077], fig. 1-10, 12	1-8
Y	JP 2017-204601 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 16 November 2017 (2017-11-16) paragraphs [0021]-[0058], fig. 1-5	1-8
Y	JP 2012-256667 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 27 December 2012 (2012-12-27) paragraphs [0021]-[0048], fig. 1, 4-5	4-5
Y	JP 2016-152360 A (FUJITSU LIMITED) 22 August 2016 (2016-08-22) paragraphs [0055]-[0100], fig. 5-8	8
A	JP 2017-168545 A (FUJITSU LIMITED) 21 September 2017 (2017-09-21) entire text, all drawings	1-8
A	US 2010/0260220 A1 (YOFFE, Gideon, et al.) 14 October 2010 (2010-10-14) entire text, all drawings	1-8
☒ 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 12 January 2022		Date of mailing of the international search report 01 February 2022
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/JP2021/047031**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	AIHARA, Takuma, et al., Membrane III-V/Si DFB Laser Using Uniform Grating and Width-Modulated Si Waveguide, JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, 09 March 2020, vol. 38, no. 11, pp. 2961-2967 entire text, all drawings	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/047031

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2016-178283	A	06 October 2016	US 2018/0026426 A1 paragraphs [0002]-[0003], [0045]-[0092], [0096]-[0111], fig. 1-10, 12 CN 107431331 A	
JP	2017-204601	A	16 November 2017	(Family: none)	
JP	2012-256667	A	27 December 2012	(Family: none)	
JP	2016-152360	A	22 August 2016	(Family: none)	
JP	2017-168545	A	21 September 2017	(Family: none)	
US	2010/0260220	A1	14 October 2010	WO 2010/111689 A2	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01S 5/12(2021.01)i; H01S 5/065(2006.01)i FI: H01S5/12; H01S5/065														
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）） H01S5/12; H01S5/065 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2022年</td> </tr> </table> 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） Science Direct; IEEE Xplore; Wiley Online Library			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				
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													
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 2016-178283 A (古河電気工業株式会社) 06.10.2016 (2016 - 10 - 06) [0002]-[0003], [0015]-[0058], [0062]-[0077], 図1-10, 12	1-8												
Y	JP 2017-204601 A (日本電信電話株式会社) 16.11.2017 (2017 - 11 - 16) [0021]-[0058], 図1-5	1-8												
Y	JP 2012-256667 A (日本電信電話株式会社) 27.12.2012 (2012 - 12 - 27) [0021]-[0048], 図1, 4-5	4-5												
Y	JP 2016-152360 A (富士通株式会社) 22.08.2016 (2016 - 08 - 22) [0055]-[0100], 図5-8	8												
A	JP 2017-168545 A (富士通株式会社) 21.09.2017 (2017 - 09 - 21) 全文, 全図	1-8												
A	US 2010/0260220 A1 (YOFFE, Gideon, et al.) 14.10.2010 (2010 - 10 - 14) 全文, 全図	1-8												
☒ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 12.01.2022	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） 浅見 一喜 2K 4783 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	AIHARA, Takuma, et al., Membrane III-V/Si DFB Laser Using Uniform Grating and Width-Modulated Si Waveguide, JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, 2020.03.09, Vol. 38 No. 11, pp.2961-2967 全文, 全図	1-8

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/JP2021/047031

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2016-178283	A	06.10.2016	US 2018/0026426 A1 [0002]-[0003], [0045]- [0092], [0096]-[0111], FIGs. 1-10, 12 CN 107431331 A	
JP	2017-204601	A	16.11.2017	(ファミリーなし)	
JP	2012-256667	A	27.12.2012	(ファミリーなし)	
JP	2016-152360	A	22.08.2016	(ファミリーなし)	
JP	2017-168545	A	21.09.2017	(ファミリーなし)	
US	2010/0260220	A1	14.10.2010	WO 2010/111689 A2	