

(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)



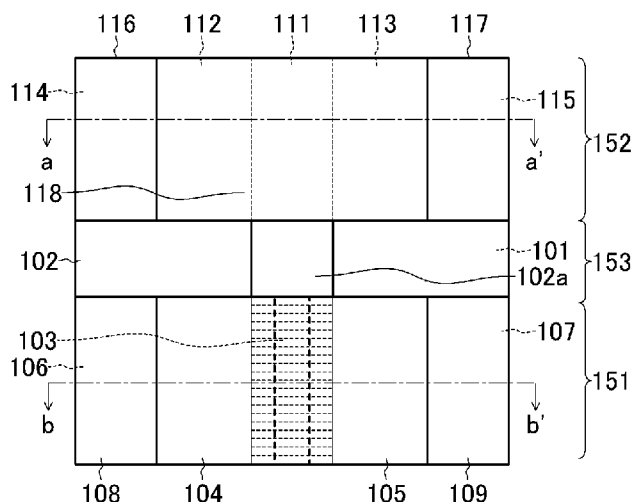
(10) 国際公開番号

WO 2023/119364 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 31/10 (2006.01) *H01S 5/026* (2006.01)
H01L 31/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/047029
- (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: 前田 圭穂 (MAEDA, Yoshiho); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 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9-1 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9-1 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, 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,

(54) Title: OPTICAL DEVICE

(54) 発明の名称: 光デバイス



(57) Abstract: This optical device comprises: a semiconductor layer (102) which is constituted by a group III-V compound semiconductor and which is formed on a cladding layer (101); and a light-receiving element (152) which is formed on the semiconductor layer (102) and which is for monitoring a semiconductor laser (151) and the oscillation light of the semiconductor laser (151). The following are constituted from the same group III-V compound semiconductor (InGaAsp): a first p-contact layer (106) and a first n-contact layer (107) of the semiconductor laser (151); and a second p-contact layer (114), a second n-contact layer (115), and a light absorbing layer (118) of the light receiving element (152).



WO 2023/119364 A1

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))

(57) 要約 : 光デバイスは、クラッド層 (101) の上に形成されたIII-V族化合物半導体からなる半導体層 (102) と、半導体層 (102) に形成された半導体レーザ (151) および半導体レーザ (151) の発振光をモニタするための受光素子 (152) とを備える。半導体レーザ (151) の、第1pコンタクト層 (106)、第1nコンタクト層 (107) と、受光素子 (152) の第2pコンタクト層 (114)、第2nコンタクト層 (115)、光吸収層 (118) とが、同一のIII-V族化合物半導体 (InGaAsP) から構成されている。

明 細 書

発明の名称：光デバイス

技術分野

[0001] 本発明は、発光素子および受光素子を備える光デバイスに関する。

背景技術

[0002] インターネットの普及に伴うネットワークトラフィック量の爆発的な増大により、光ファイバ伝送の高速・大容量化が続いている。光通信で用いられる光トランシーバーなどの光デバイスには、導波路型の半導体レーザが用いられ、光ファイバ通信を支える光源デバイスとして発展を続けてきた。この種の光デバイスでは、半導体レーザの出力光をモニタするための導波路型の受光素子が集積されている。このようなモニタのための受光素子では、通信波長帯で高い吸収係数を有する化合物半導体から吸収層を構成することが重要となる。

[0003] 一方で、受光素子は、発光素子と集積されるため、吸収層をコアとする光導波路構造において、発光素子を構成している化合物半導体をコア材料とすることが、製造上で好ましい。しかしながら、発光素子を構成する化合物半導体は、当然ながら、通信波長帯で高い透過率を有するものとなり、受光素子には適さない。半導体レーザの活性層に用いる化合物半導体は、受光素子の光吸収層に用いる化合物半導体に比べ、C帯およびO帯での吸収係数が低く、高い受光感度が得られない。

[0004] このため、受光素子の部分においては、一度、発光素子を構成するための化合物半導体の層を除去し、通信波長帯で高い吸収係数を有する化合物半導体層を、再度形成することになる。また、発光素子と受光素子との集積を、いわゆるハイブリッド集積によって実現することになる。

先行技術文献

非特許文献

[0005] 非特許文献1：Y. Baumgartner et al., "High-speed CMOS-compatible III-V

on Si membrane photodetectors”, Optics Express, vol. 29, no. 1, pp. 509-516, 2021.

非特許文献2: Z. Gu et al., ”On-chip membrane-based GaInAs/InP waveguide-type p-i-n photodiode fabricated on silicon substrate”, Applied Optics, vol. 56, no. 28, pp. 7841-7848, 2017.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、上述した従来の作製方法では、発光素子と受光素子との集積がコスト高になるという課題があった。

[0007] 本発明は、以上のような問題点を解消するためになされたものであり、コスト高になることなく、発光素子と受光素子が集積できるようにすることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明に係る光デバイスは、クラッド層の上に形成されたIII-V族化合物半導体からなる半導体層と、半導体層に形成された導波路型の半導体レーザおよび半導体レーザの発振光をモニタするための導波路型の受光素子とを備え、半導体レーザは、半導体層に埋め込まれて形成されて所定の方向に延在するコア状の活性層と、半導体層の活性層を挟む箇所に形成されたp型の第1 p半導体領域およびn型の第1 n半導体領域と、第1 p半導体領域の上に形成された第1 p電極と、第1 n半導体領域の上に形成された第1 n電極と、第1 p半導体領域と第1 p電極との間に形成された第1 pコンタクト層と、第1 n半導体領域と第1 n電極との間に形成された第1 nコンタクト層とを備え、受光素子は、半導体層に形成されて所定の方向に延在するノンドープのi半導体領域と、半導体層のi半導体領域を挟む箇所に形成されたp型の第2 p半導体領域およびn型の第2 n半導体領域と、第2 p半導体領域の上に形成された第2 p電極と、第2 n半導体領域の上に形成された第2 n電極と、第2 p半導体領域と第2 p電極との間に形成された第2 pコンタクト層と、第2 n半導体領域と第2 n電極との間に形成された第2 nコンタ

クト層と、*i* 半導体領域の上に形成された光吸収層とを備え、第 1 p コンタクト層、第 1 n コンタクト層、第 2 p コンタクト層、第 2 n コンタクト層、および光吸収層は、同一の III-V 族化合物半導体から構成されている。

発明の効果

[0009] 以上説明したように、本発明によれば、半導体レーザの第 1 p コンタクト層、第 1 n コンタクト層、受光素子の第 2 p コンタクト層、第 2 n コンタクト層、および光吸収層を、同一の III-V 族化合物半導体から構成したので、コスト高になることなく、発光素子と受光素子が集積できるようになる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1A]図 1 A は、本発明の実施の形態 1 に係る光デバイスの構成を示す平面図である。

[図1B]図 1 B は、本発明の実施の形態 1 に係る光デバイスの一部構成を示す断面図である。

[図1C]図 1 C は、本発明の実施の形態 1 に係る光デバイスの一部構成を示す断面図である。

[図1D]図 1 D は、本発明の実施の形態 1 に係る光デバイスの受光素子 1 5 2 における光量の分布を示す分布図である。

[図2A]図 2 A は、本発明の実施の形態 2 に係る光デバイスの一部構成を示す断面図である。

[図2B]図 2 B は、本発明の実施の形態 2 に係る光デバイスの受光素子 1 5 2 a における光量の分布を示す分布図である。

[図3A]図 3 A は、本発明の実施の形態 3 に係る光デバイスの一部構成を示す断面図である。

[図3B]図 3 B は、本発明の実施の形態 3 に係る光デバイスの受光素子 1 5 2 b における光量の分布を示す分布図である。

[図4A]図 4 A は、本発明の実施の形態 4 に係る光デバイスの一部構成を示す断面図である。

[図4B]図4 Bは、本発明の実施の形態4に係る光デバイスの受光素子152cにおける光量の分布を示す分布図である。

[図5A]図5 Aは、本発明の実施の形態に係る他の光デバイスの一部構成を示す断面図である。

[図5B]図5 Bは、本発明の実施の形態に係る他の光デバイスの受光素子152dにおける光量の分布を示す分布図である。

[図6A]図6 Aは、本発明の実施の形態に係る他の光デバイスの一部構成を示す断面図である。

[図6B]図6 Bは、本発明の実施の形態に係る他の光デバイスの受光素子152eにおける光量の分布を示す分布図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明の実施の形態に係る光デバイスについて説明する。

[0012] [実施の形態1]

はじめに、本発明の実施の形態1に係る光デバイスについて、図1 A、図1 B、図1 C、図1 Dを参照して説明する。なお、図1 Bは、図1 Aのa a'線における断面を示している。また、図1 Cは、図1 Aのb b'線における断面を示している。

[0013] この光デバイスは、クラッド層101の上に形成されたIII-V族化合物半導体からなる半導体層102と、半導体層102に形成された半導体レーザ151および半導体レーザ151の発振光をモニタするための受光素子152とを備える。半導体レーザ151および受光素子152の各々は、導波路型とされている。また、半導体レーザ151と受光素子152とは、接続光導波路153により、光学的に接続されている。

[0014] 半導体レーザ151は、例えば、よく知られた横方向電流注入型の半導体レーザであり、まず、InPなどのIII-V族化合物半導体からなる半導体層102に埋め込まれたコア状の活性層103を備える。活性層103は、例えば、InGaAsから構成することができる。また、活性層103は、多重量子井戸構造とすることができる。

- [0015] また、活性層103による光導波路に、導波方向に垂直な方向で活性層103を挟む状態で形成された、p型の第1p半導体領域104、n型の第1n半導体領域105を備える。この例では、クラッド層101の平面に平行な方向に活性層103を挟む状態で、第1p半導体領域104および第1n半導体領域105が配置されている（横方向電流注入型）。
- [0016] 第1p半導体領域104は、p型不純物がドーピングされたIII-V族化合物半導体（InP）から構成され、第1n半導体領域105は、n形不純物がドーピングされたIII-V族化合物半導体（InP）から構成されている。これらは、半導体層102に、対応する不純物をドーピングすることで形成されたものである。なお、半導体層102の活性層103が埋め込まれている領域は、ノンドープとされている。
- [0017] また、第1p半導体領域104、第1n半導体領域105には、第1pコンタクト層106、第1nコンタクト層107を介し、第1p電極108、第1n電極109がオーミック接続している。第1pコンタクト層106、第1nコンタクト層107は、対応する不純物が高濃度にドーピングされたIII-V族化合物半導体から構成されている。第1pコンタクト層106、第1nコンタクト層107は、例えば、InGaAsから構成されている。このように構成された半導体レーザ151は、活性層103の上に形成される回折格子を分布ブラッグ反射構造とする半導体レーザとなる。
- [0018] この半導体レーザを構成する半導体レーザ151の活性層103に、第1p電極108、第1n電極109を介して電流を注入することで、レーザ発振が得られる。このレーザ発振によるレーザ光は、接続光導波路153に出力されて導波し、受光素子152で受光される。接続光導波路153は、クラッド層101の上に形成された接続コア102aとから構成されている。接続コア102aは、半導体レーザ151と受光素子152との間の半導体層102をパターンニングすることで形成されている。
- [0019] 受光素子152は、半導体層102に形成されて所定の方向に延在するノンドープのi半導体領域111と、半導体層102のi半導体領域111を

挟む箇所に形成されたp型の第2 p半導体領域112およびn型の第2 n半導体領域113とを備える。第2 p半導体領域112は、p型不純物がドーピングされたIII-V族化合物半導体(InP)から構成され、第2 n半導体領域113は、n型不純物がドーピングされたIII-V族化合物半導体(InP)から構成されている。これらは、半導体層102に、対応する不純物をドーピングすることで形成されたものである。

[0020] また、第2 p半導体領域112、第2 n半導体領域113には、第2 pコンタクト層114、第2 nコンタクト層115を介し、第2 p電極116、第2 n電極117がオーミック接続している。第2 pコンタクト層114、第2 nコンタクト層115は、対応する不純物が高濃度にドーピングされたIII-V族化合物半導体から構成されている。第2 pコンタクト層114、第2 nコンタクト層115は、例えば、InGaAsから構成されている。

[0021] さらに、受光素子152は、i半導体領域111の上に形成された光吸収層118を備える。光吸収層118は、例えば、InGaAsPから構成されている。この例では、光吸収層118は、第2 pコンタクト層114および第2 nコンタクト層115と一体に形成されている。例えば、同一のInGaAsPの層の光吸収層118を挟む領域の各々に、対応する不純物をドーピングすることで、第2 pコンタクト層114、第2 nコンタクト層115および光吸収層118が形成できる。図1Dの受光素子152における光量の分布(シミュレーション)に示すように、光吸収層118において光吸収がなされていることがわかる。

[0022] 受光素子152は、i半導体領域111と、これを挟む第2 p半導体領域112およびn型の第2 n半導体領域113とにより横型のpin接合が形成され、第2 p電極116、第2 n電極117により逆バイアスを印加することで、フォトダイオードとして動作する。

[0023] 上述したように、実施の形態1に係る光デバイスは、第1 pコンタクト層106、第1 nコンタクト層107、第2 pコンタクト層114、第2 nコ

ンタクト層 115、および光吸収層 118 が、同一の III-V 族化合物半導体（例えば InGaAsP あるいは InGaAs）から構成されているところに特徴がある。

[0024] 実施の形態 1 によれば、半導体レーザ 151 と受光素子 152 とは、活性層 103 や回折格子などを除き、同じ層構造としている。例えば、半導体レーザ 151 および受光素子 152 は、InP からなる半導体層 102 を共通としている。また、半導体層 102 の上に接して形成した同一の III-V 族化合物半導体（InGaAsP あるいは InGaAs）の層から、第 1 p コンタクト層 106、第 1 n コンタクト層 107、第 2 p コンタクト層 114、第 2 n コンタクト層 115、および光吸収層 118 を形成している。

[0025] この結果、実施の形態 1 によれば、結晶再成長などの追加の工程を用いることなく、低コストかつ簡易に、半導体レーザ 151 と受光素子 152 とを集積することができる。

[0026] 例えば、クラッド層 101 の上に活性層 103 および埋め込み再成長により半導体層 102 を形成し、活性層 103 の上に回折格子を形成した後、公知のフォトリソグラフィ技術およびエッチング技術により、接続コア 102a を形成する。次いで、第 1 p 半導体領域 104 および第 2 p 半導体領域 112 を選択ドーピングにより同時に形成し、第 1 n 半導体領域 105 および第 2 n 半導体領域 113 を選択ドーピングにより同時に形成する。このとき同時にノンドープの i 半導体領域 111 が形成される。

[0027] 次に各領域を形成した半導体層 102 の上に、各コンタクト層とするための III-V 族化合物半導体（InGaAsP あるいは InGaAs）の層を形成する。次に、選択ドーピングにより、p 型の各コンタクト層を同時に形成し、また、各 n 型の各コンタクト層を同時に形成する。このとき同時に、光吸収層 118 が形成される。この後、公知のフォトリソグラフィ技術およびエッチング技術により、所定のコンタクト層を分離する。

[0028] 上述したように、活性層および回折格子の形成以外は、半導体レーザ 151 を構成する各層と、受光素子 152 を構成する各層とが同時に形成できる

。

[0029] [実施の形態 2]

次に、本発明の実施の形態 2 に係る光デバイスについて、図 2 A、図 2 B を参照して説明する。実施の形態 2 に係る光デバイスは、前述した実施の形態 1 と同様に、クラッド層 101 の上に形成された III-V 族化合物半導体からなる半導体層 102 と、半導体層 102 に形成された半導体レーザ（不図示）および半導体レーザの発振光をモニタするための受光素子 152 a とを備える。

[0030] 実施の形態 2 では、受光素子 152 a 以外は、前述した実施の形態 1 と同様であり、説明を省略する。

[0031] 実施の形態 2 に係る受光素子 152 a は、半導体層 102 に形成された i 半導体領域 111 と、半導体層 102 の i 半導体領域 111 を挟む箇所に形成された第 2 p 半導体領域 112 および第 2 n 半導体領域 113 と、第 2 p コンタクト層 114、第 2 n コンタクト層 115 と、第 2 p 電極 116、第 2 n 電極 117 とを備える。これらの構成は、実施の形態 1 と同様である。

[0032] 実施の形態 2 では、i 半導体領域 111 の上に、光吸収層 118 を介して、i 半導体領域 111 と同一の方向に延在するコア層 119 が形成されている。コア層 119 は、半導体層 102 と同一の III-V 族化合物半導体（InP）から構成することができる。

[0033] コア層 119 を備える実施の形態 2 では、リブ型導波路として機能するため、コア層 119 の形成箇所に、より強く光を閉じこめた伝搬モードとすることができる。この結果、実施の形態 1 に比較して、図 2 B の受光素子 152 a における光量の分布に示すように、コア層 119 の形成箇所における光吸収層 118 への光閉じ込め量を高くできる。

[0034] [実施の形態 3]

次に、本発明の実施の形態 3 に係る光デバイスについて、図 3 A、図 3 B を参照して説明する。実施の形態 3 に係る光デバイスは、前述した実施の形態 2 と同様に、クラッド層 101 の上に形成された III-V 族化合物半導

体からなる半導体層102と、半導体層102に形成された半導体レーザ（不図示）および半導体レーザの発振光をモニタするための受光素子152bとを備える。

[0035] 実施の形態3では、受光素子152b以外は、前述した実施の形態2と同様であり、説明を省略する。

[0036] 実施の形態3においても、実施の形態2と同様に、i半導体領域111の上に、光吸収層118を介して、i半導体領域111と同一の方向に延在するコア層119が形成されている。さらに、実施の形態3では、第2p半導体領域112および第2n半導体領域113と分離して、光吸収層118aが形成されている。光吸収層118aは、コア層119の直下の領域に形成されている。

[0037] コア層119と分離した光吸収層118aとを備える実施の形態3では、リブ型導波路として機能するため、コア層119の形成箇所に、より強く光を閉じこめた伝搬モードとすることができる。この結果、実施の形態1と比較して、図3Bの受光素子152bにおける光量の分布に示すように、コア層119の形成箇所における光吸収層118aへの光閉じ込め量を高くできる。

[0038] [実施の形態4]

次に、本発明の実施の形態4に係る光デバイスについて、図4A、図4Bを参照して説明する。実施の形態4に係る光デバイスは、前述した実施の形態2と同様に、クラッド層101の上に形成されたIII-V族化合物半導体からなる半導体層102と、半導体層102に形成された半導体レーザ（不図示）および半導体レーザの発振光をモニタするための受光素子152cとを備える。

[0039] 実施の形態4では、受光素子152c以外は、前述した実施の形態2と同様であり、説明を省略する。

[0040] 実施の形態4においても、実施の形態2と同様に、i半導体領域111の上に、光吸収層118bを介して、i半導体領域111と同一の方向に延在

するコア層 119 が形成されている。さらに、実施の形態 4 では、第 2 p コンタクト層 114 と一体に光吸収層 118 b が形成され、第 2 n 半導体領域 113 とは分離している。実施の形態 4 において、第 2 n 半導体領域 113 は、第 2 n 電極 117 の直下の領域にのみ形成されている。

[0041] 実施の形態 4 では、第 2 n 半導体領域 113 が、光吸収層 118 b から分離し、コア層 119、i 半導体領域 111 から離れて形成されているため、光吸収に伴う第 2 n 半導体領域 113 における正孔の生成が起きないため、高速動作が期待できる。なお、実施の形態 4 においても、図 4 B の受光素子 152 c における光量の分布に示すように、コア層 119 の形成箇所においては、光吸収層 118 a に高い光閉じ込めが実現されている。

[0042] ところで、図 5 A に示すように、第 2 p 半導体領域 112 および第 2 n 半導体領域 113 と分離して光吸収層 118 a を形成し、コア層を形成しない構成とした受光素子 152 d とすることができる。この構成としても、分離した光吸収層 118 a が、リブ型導波路として機能するため、光吸収層 118 a に光を閉じこめた伝搬モードとすることができる（図 5 B）。

[0043] また、図 6 A に示すように、第 2 n コンタクト層 115 と一体に光吸収層 118 c が形成され、第 2 p 半導体領域 114 とは分離した受光素子 152 e とすることができる。第 2 p 半導体領域 114 は、第 2 p 電極 116 の直下の領域にのみ形成されている。この構成としても、コア層 119 と i 半導体領域 111 とに挟まれている光吸収層 118 c に光を閉じこめた伝搬モードとすることができる（図 6 B）。

[0044] 以上に説明したように本発明によれば、半導体レーザの第 1 p コンタクト層、第 1 n コンタクト層、受光素子の第 2 p コンタクト層、第 2 n コンタクト層、および光吸収層を、同一の III-V 族化合物半導体から構成したので、コスト高になることなく、発光素子と受光素子が集積できるようになる。

[0045] なお、本発明は以上に説明した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。

符号の説明

[0046] 101…クラッド層、102…半導体層、102a…接続コア、103…活性層、104…第1p半導体領域、105…第1n半導体領域、106…第1pコンタクト層106、107…第1nコンタクト層、108…第1p電極、109…第1n電極、111…i半導体領域、112…第2p半導体領域、113…第2n半導体領域、114…第2pコンタクト層、115…第2nコンタクト層、116…第2p電極、117…第2n電極、118…光吸収層、151…半導体レーザ、152…受光素子、153…接続光導波路。

請求の範囲

- [請求項1] クラッド層の上に形成されたIII-V族化合物半導体からなる半導体層と、
- 前記半導体層に形成された導波路型の半導体レーザおよび前記半導体レーザの発振光をモニタするための導波路型の受光素子とを備え、
- 前記半導体レーザは、
- 前記半導体層に埋め込まれて形成されて所定の方向に延在するコア状の活性層と、
- 前記半導体層の前記活性層を挟む箇所に形成されたp型の第1 p半導体領域およびn型の第1 n半導体領域と、
- 前記第1 p半導体領域の上に形成された第1 p電極と、
- 前記第1 n半導体領域の上に形成された第1 n電極と、
- 前記第1 p半導体領域と前記第1 p電極との間に形成された第1 pコンタクト層と、
- 前記第1 n半導体領域と前記第1 n電極との間に形成された第1 nコンタクト層と
- を備え、
- 前記受光素子は、前記半導体層に形成されて所定の方向に延在するノンドープのi半導体領域と、
- 前記半導体層の前記i半導体領域を挟む箇所に形成されたp型の第2 p半導体領域およびn型の第2 n半導体領域と、
- 前記第2 p半導体領域の上に形成された第2 p電極と、
- 前記第2 n半導体領域の上に形成された第2 n電極と、
- 前記第2 p半導体領域と前記第2 p電極との間に形成された第2 pコンタクト層と、
- 前記第2 n半導体領域と前記第2 n電極との間に形成された第2 nコンタクト層と、
- 前記i半導体領域の上に形成された光吸収層と

を備え、

前記第1 pコンタクト層、前記第1 nコンタクト層、前記第2 pコンタクト層、前記第2 nコンタクト層、および前記光吸収層は、同一のIII-V族化合物半導体から構成されていることを特徴とする光デバイス。

[請求項2]

請求項1記載の光デバイスにおいて、

前記i半導体領域の上に前記光吸収層を介して形成され、前記i半導体領域と同一の方向に延在するコア層を備え、

前記コア層は、前記半導体層と同一のIII-V族化合物半導体から構成されていることを特徴とする光デバイス。

[請求項3]

請求項1または2記載の光デバイスにおいて、

前記光吸収層は、前記第2 pコンタクト層および前記第2 nコンタクト層と一体に形成されていることを特徴とする光デバイス。

[請求項4]

請求項1または2記載の光デバイスにおいて、

前記光吸収層は、前記第2 pコンタクト層と一体に形成されていることを特徴とする光デバイス。

[請求項5]

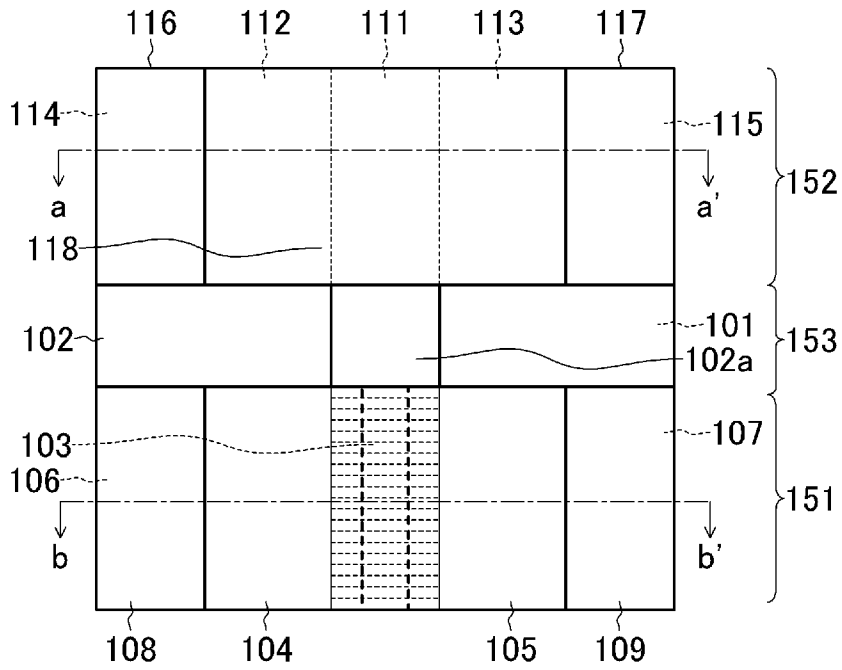
請求項1～4のいずれか1項に記載の光デバイスにおいて、

前記半導体層は、InPから構成され、

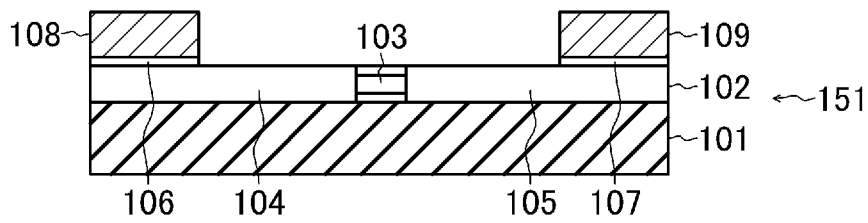
前記第1 pコンタクト層、前記第1 nコンタクト層、前記第2 pコンタクト層、前記第2 nコンタクト層、および前記光吸収層は、InGaAsPあるいはInGaAsから構成されている

ことを特徴とする光デバイス。

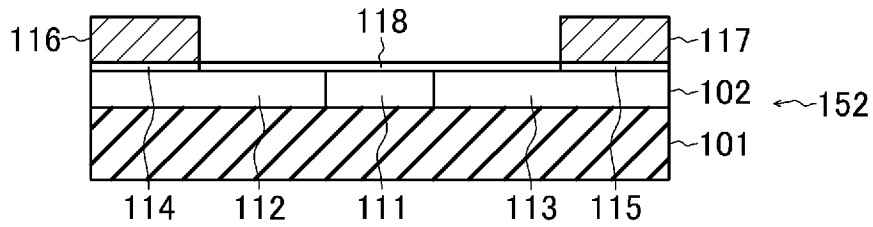
[図1A]



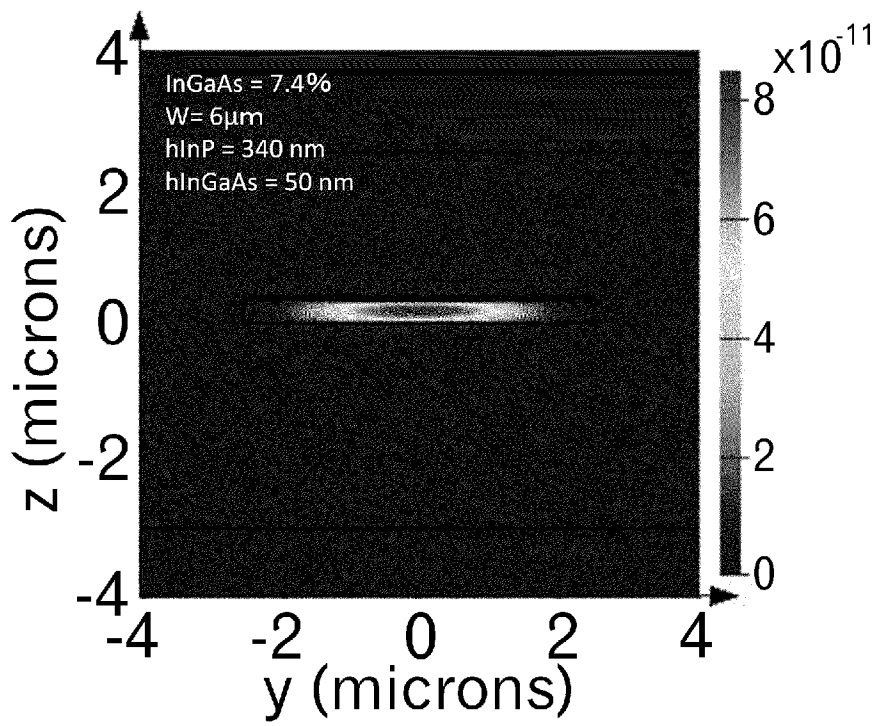
[図1B]



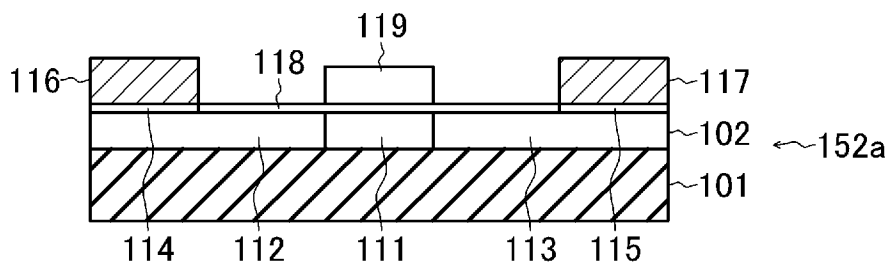
[図1C]



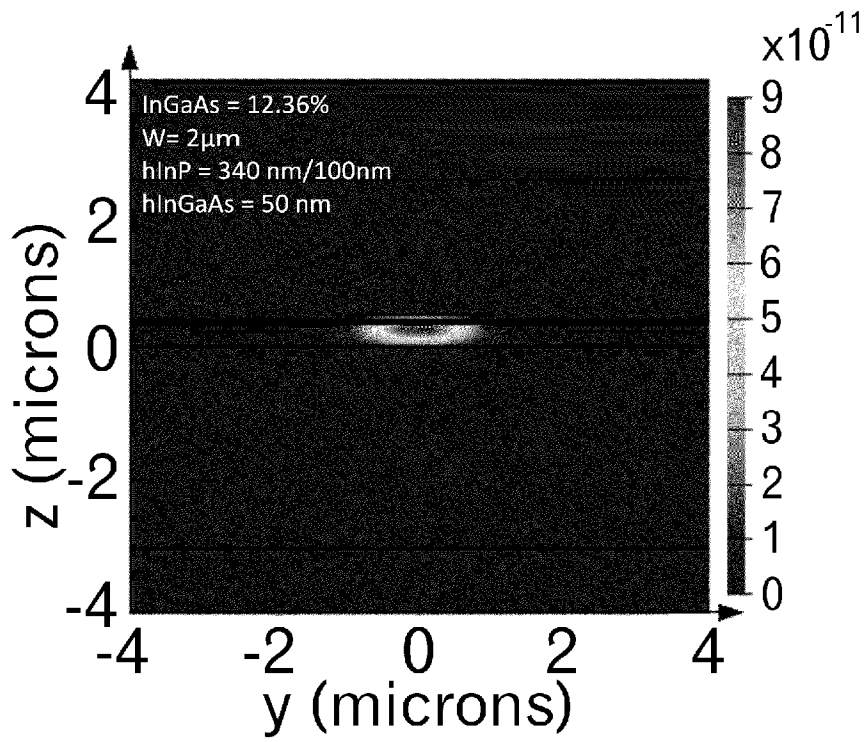
[図1D]



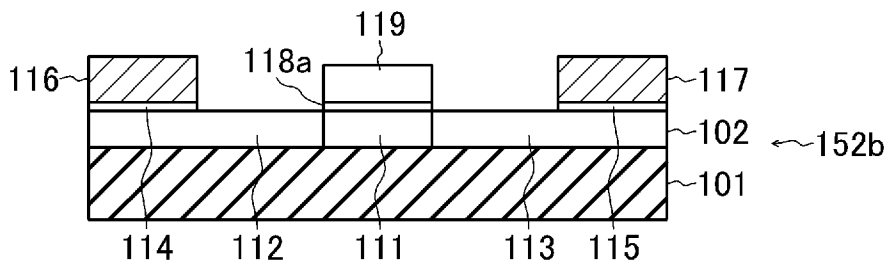
[図2A]



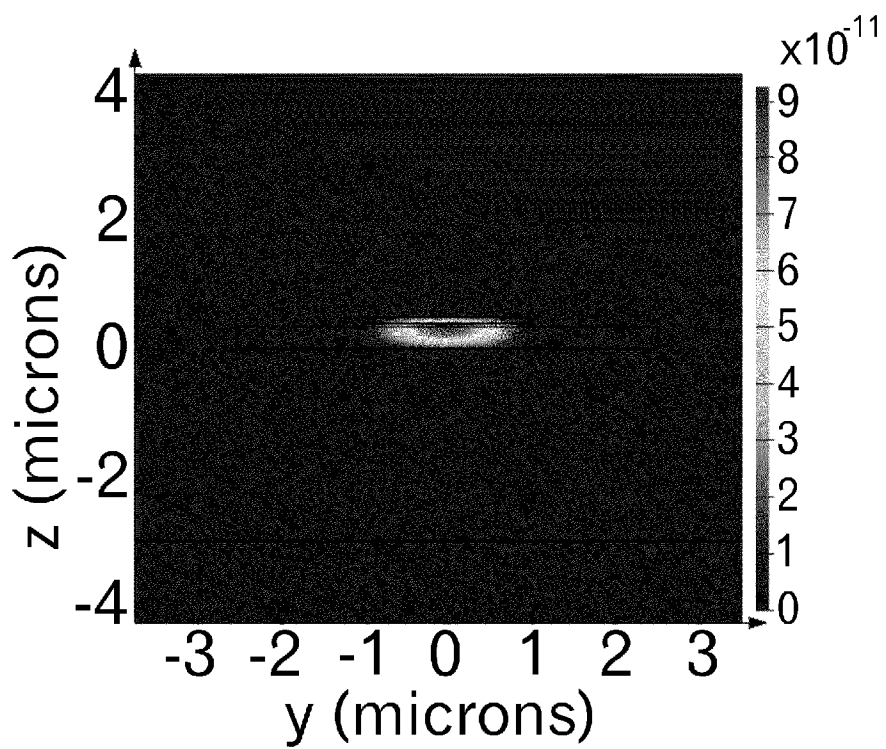
[圖2B]



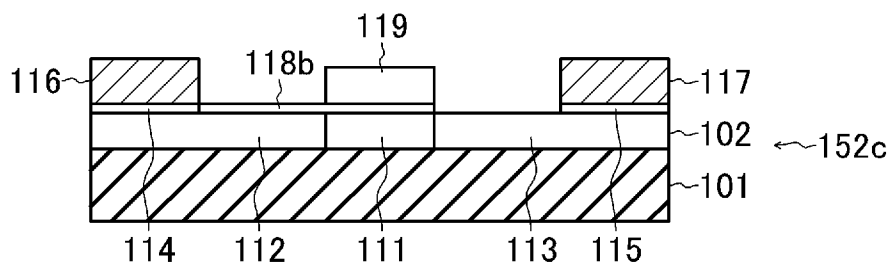
[圖3A]



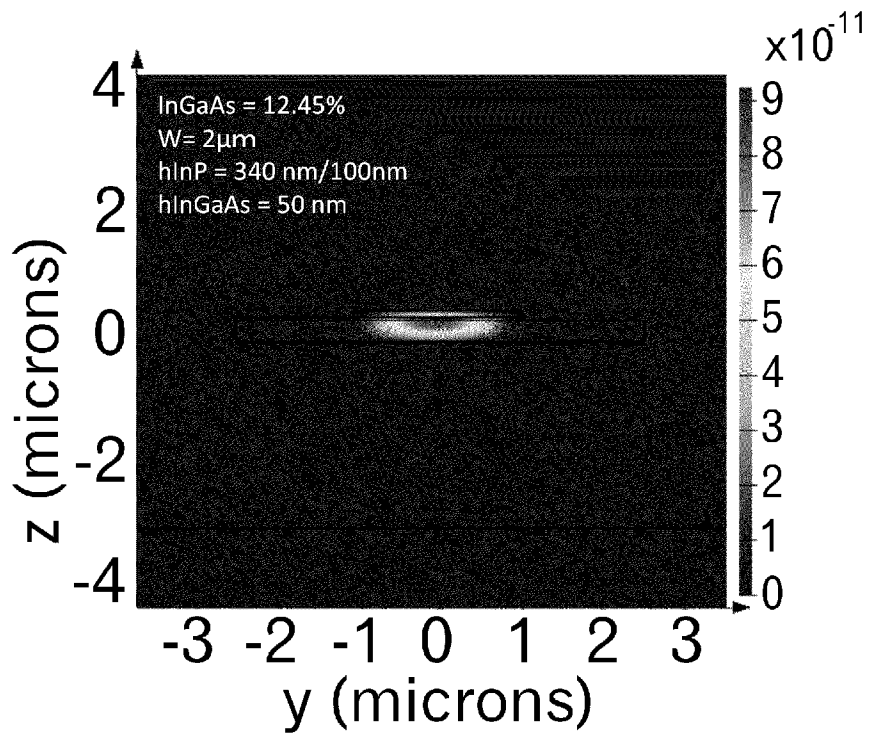
[図3B]



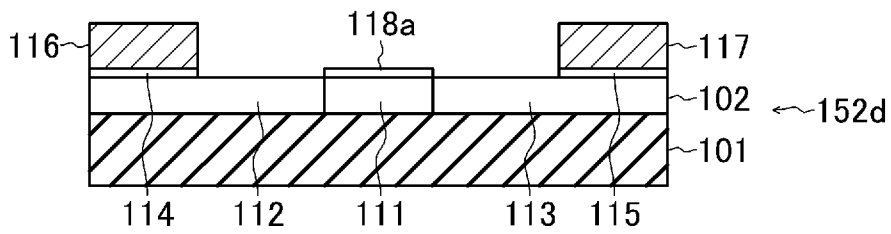
[図4A]



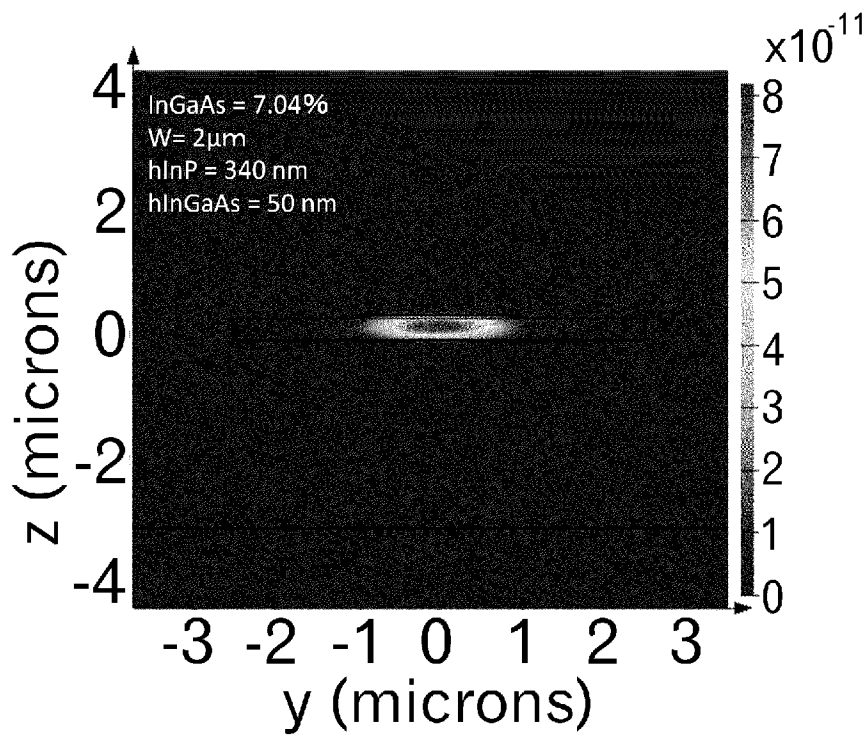
[図4B]



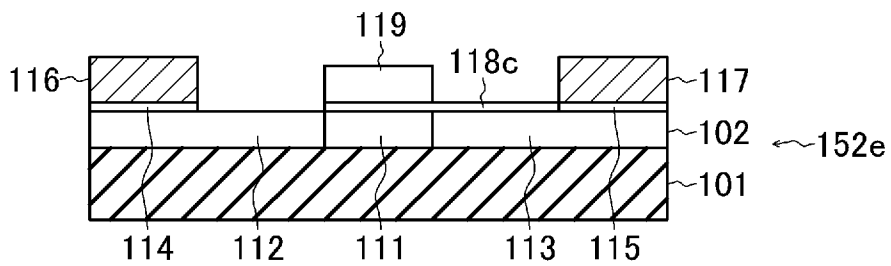
[図5A]



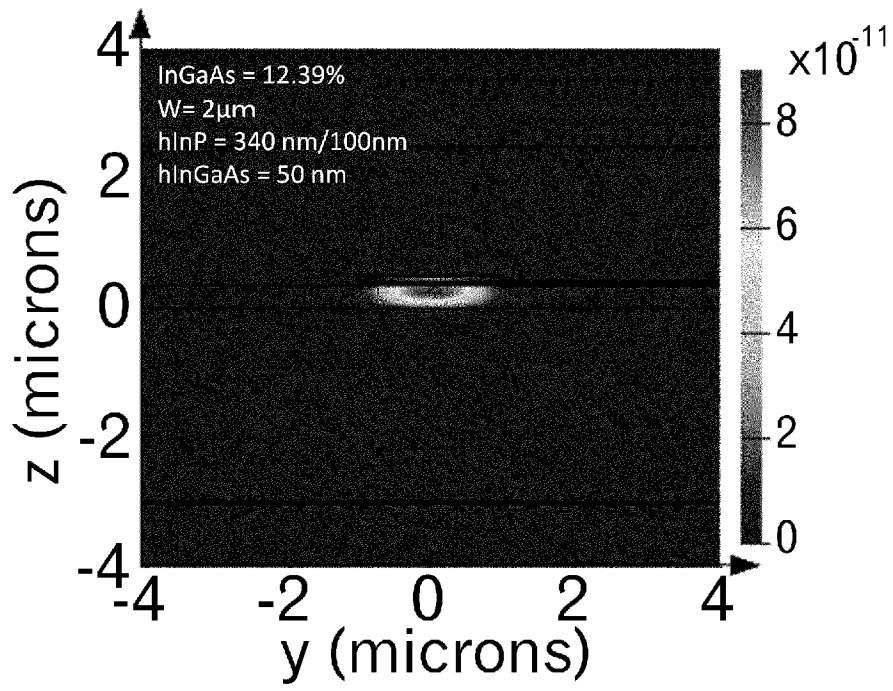
[図5B]



[図6A]



[図6B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/047029

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H01L 31/10</i> (2006.01)i; <i>H01L 31/12</i> (2006.01)i; <i>H01S 5/026</i> (2006.01)i FI: H01S5/026 612; H01L31/10 A; H01L31/12 B		
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) H01S5/00-5/50; H01L31/10; H01L31/12; G02B6/12-6/14		
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)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2019-008179 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 17 January 2019 (2019-01-17) paragraphs [0036]-[0052], [0066]-[0068], fig. 14-15	1-5
Y	JP 2018-046258 A (THE UNIVERSITY OF TOKYO) 22 March 2018 (2018-03-22) paragraphs [0047]-[0049], fig. 11	1-5
A	JP 2018-006590 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 11 January 2018 (2018-01-11) entire text, all drawings	1-5
A	JP 2016-162798 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 05 September 2016 (2016-09-05) entire text, all drawings	1-5
A	JP 2015-179749 A (HITACHI, LTD.) 08 October 2015 (2015-10-08) entire text, all drawings	1-5
A	JP 2005-072579 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 17 March 2005 (2005-03-17) entire text, all drawings	1-5
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 18 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/JP2021/047029

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2021/124441 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 24 June 2021 (2021-06-24) entire text, all drawings	1-5
A	US 5577064 A (VIXEL CORPORATION) 19 November 1996 (1996-11-19) entire text, all drawings	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/047029

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2019-008179	A	17 January 2019	(Family: none)	
JP	2018-046258	A	22 March 2018	(Family: none)	
JP	2018-006590	A	11 January 2018	(Family: none)	
JP	2016-162798	A	05 September 2016	(Family: none)	
JP	2015-179749	A	08 October 2015	(Family: none)	
JP	2005-072579	A	17 March 2005	US 2005/0041280	A1
				entire text, all drawings	
				KR 10-2005-0023124	A
				CN 1584652	A
WO	2021/124441	A1	24 June 2021	(Family: none)	
US	5577064	A	19 November 1996	WO 95/26051	A1
				AU 2193695	A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 31/10(2006.01)i; H01L 31/12(2006.01)i; H01S 5/026(2006.01)i FI: H01S5/026 612; H01L31/10 A; H01L31/12 B		
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）） H01S5/00-5/50; H01L31/10; H01L31/12; G02B6/12-6/14 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2019-008179 A（日本電信電話株式会社）17.01.2019（2019-01-17） 段落[0036]-[0052], [0066]-[0068], 図14-15	1-5
Y	JP 2018-046258 A（国立大学法人 東京大学）22.03.2018（2018-03-22） 段落[0047]-[0049], 図11	1-5
A	JP 2018-006590 A（日本電信電話株式会社）11.01.2018（2018-01-11） 全文, 全図	1-5
A	JP 2016-162798 A（三菱電機株式会社）05.09.2016（2016-09-05） 全文, 全図	1-5
A	JP 2015-179749 A（株式会社日立製作所）08.10.2015（2015-10-08） 全文, 全図	1-5
A	JP 2005-072579 A（三星電子株式会社）17.03.2005（2005-03-17） 全文, 全図	1-5
A	WO 2021/124441 A1（日本電信電話株式会社）24.06.2021（2021-06-24） 全文, 全図	1-5
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー	“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 “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	18.01.2022	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） 大西 孝宣 2K 6006 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	US 5577064 A (VIXEL CORPORATION) 19.11.1996 (1996 - 11 - 19) 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/JP2021/047029

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2019-008179 A	17.01.2019	(ファミリーなし)	
JP 2018-046258 A	22.03.2018	(ファミリーなし)	
JP 2018-006590 A	11.01.2018	(ファミリーなし)	
JP 2016-162798 A	05.09.2016	(ファミリーなし)	
JP 2015-179749 A	08.10.2015	(ファミリーなし)	
JP 2005-072579 A	17.03.2005	US 2005/0041280 A1 全文,全図 KR 10-2005-0023124 A CN 1584652 A	
WO 2021/124441 A1	24.06.2021	(ファミリーなし)	
US 5577064 A	19.11.1996	WO 95/26051 A1 AU 2193695 A	