

(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2月1日(01.02.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/023940 A1

(51) 国際特許分類:

H04B 10/50 (2013.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2022/028827

(22) 国際出願日:

2022年7月26日(26.07.2022)

(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: 陳明晨(**CHIN Meishin**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 進藤 隆彦

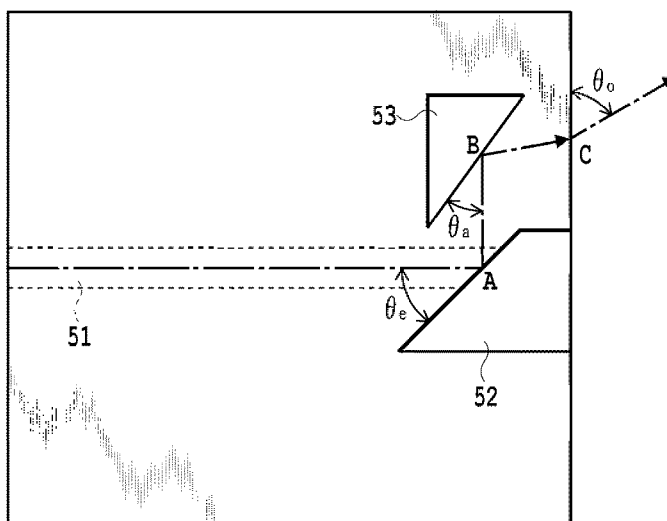
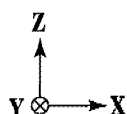
(SHINDO Takahiko); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 金澤 慈(**KANAZAWA Shigeru**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人谷・阿部特許事務所 (**TANI & ABE, P.C.**); 〒1070052 東京都港区赤坂2丁目6番20号 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,

(54) Title: OPTICAL TRANSMITTER

(54) 発明の名称: 光送信器



(57) Abstract: The present invention provides an optical transmitter that suppresses an increase in chip size due to placement of a bending waveguide, and that suppresses beam clipping of signal light, thereby making it possible to output high-power signal light. An optical transmitter according to the present disclosure has a linear waveguide core for outputting laser light from an exit end face, said optical transmitter comprising: a first groove that is formed at a position deeper than the bottom surface of the waveguide core, that completely reflects, substantially perpendicularly to the optical

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, 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, 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))

axis direction of the laser light, the laser light that propagates in the waveguide core, and that outputs the laser light to the outside of the waveguide core; and a second groove that is formed at a position deeper than the bottom surface of the waveguide core and that reflects, to the exit end face side and in a direction having an angle with respect to a direction perpendicular to the exit end face, the laser light which has been completely reflected by the first groove.

(57) 要約: 曲げ導波路の配置によるチップサイズの増大を抑制し、且つ信号光のビームケラレを抑制することによって、高出力な信号光を出射することができる光送信器を提供する。本開示による光送信器は、レーザ光を出射端面から出力するための直線形状の導波路コアを有する光送信器であって、導波路コア内を伝播するレーザ光を、レーザ光の光軸方向に対して略垂直に全反射させ、導波路コアの外にレーザ光を出射させる、導波路コアの底面より深い位置まで形成された第1の溝と、第1の溝で全反射されたレーザ光を、出射端面側に且つ出射端面の垂直方向に対して角度を有する方向に反射させる、導波路コアの底面より深い位置まで形成された第2の溝と、を備える。

明 細 書

発明の名称：光送信器

技術分野

[0001] 本開示は、光送信器に関し、より具体的には、レーザを用いた光送信器に関する。

背景技術

[0002] 近年における動画配信サービスの普及やモバイルトラフィック需要の増大に伴い、ネットワークトラフィックが爆発的に増大している。このため、ネットワークを担う光伝送路においては、伝送レート的高速化や低消費電力化に対する要求が高まっている。また、伝送距離の長延化によるネットワークの低コスト化が図られる傾向も強まっており、長延化されたネットワークに用いられる半導体変調光源に対しても、高速化・高出力化の要求が高まっている。そして、このような長延化されたネットワークに適した光送信器の１つとして、電界吸収型（Electro-Absorption：以下、E Aという）変調器を搭載した集積分布帰還型レーザ（Distributed Feedback Laser；以下、D F Bレーザという）が注目されている。

[0003] 図１は、一般的なE A D F Bレーザ１０の概略的な構成を示す側面図である。尚、図１において光軸方向は、x方向に相当する。一般的なE A D F Bレーザ１０は、レーザ光を発振するD F Bレーザ１１と、当該レーザ光の強度を変調するE A変調器１２が同一チップ内に集積された構造を有する。D F Bレーザ１１は、多重量子井戸（Multiple Quantum Well：以下、M Q Wという）構造を有する活性層１１１と、共振器内に形成された回折格子１１２と、を含み、単一波長のレーザ光を出射する。一方、E A変調器１２は、D F Bレーザとは異なる組成のM Q W構造を有する光吸収層１２１を含み、当該光吸収層１２１に高周波電圧を印加することによって光吸収量を変化させ、D F Bレーザ１１から出射されたレーザ光の強度を変調し、信号光として出射する。このような構成を有するE A D F Bレーザ１０は、他の直接変調

型のレーザと比較して、高い消光特性と優れたチャープ特性を有する。そのため、これまでにアクセス系ネットワーク用光源を含め、光送信器として幅広い用途で用いられてきた。

[0004] 一方、E A D F Bレーザ10の課題として、E A変調器12が大きな光損失を伴うため、高出力化が困難であるという点が挙げられる。この課題を解決する従来技術として、E A D F Bレーザ10の出射端側に、半導体光増幅器 (Semiconductor Optical Amplifier : 以下、S O Aという) をさらに集積したE A D F Bレーザ (S O A Assisted Extended Reach E A D F B Laser : 以下、A X E Lという) が、提案されている (例えば、非特許文献1 参照)。

[0005] 図2は、従来技術によるA X E L 20の概略的な構造を示す側面図である。図2に示される通り、従来技術によるA X E L 20は、E A D F Bレーザ10の出射側にS O A 21をさらに含んだ構造を有する。そして、E A変調器12によって強度変調された信号光が、S O A 21の活性層211に導入され、当該信号光がS O A 21によって増幅される。これにより、最終的に出射される信号光の出力が向上し、一般的なE A D F Bレーザ10と比較して約2倍の出力特性が得られるようになる。加えて、A X E L 20は、S O A集積効果による高効率動作が可能のため、同一の光出力が得られる動作条件で駆動した場合、一般的なE A D F Bレーザ10と比べて約4割の消費電力削減が可能である。さらに、A X E L 20は、S O Aの活性層211に、D F Bレーザ11と同一のM Q W構造を有する活性層を用いることができる。したがって、S O A 21の活性層211を別途再成長させるプロセスが不要であり、従来のE A D F Bレーザと同一の製造工程で作製することが可能である。

[0006] このような構成及び特徴を有するA X E L 20においては、出射される信号光の一部がチップの出射端面で反射することが、しばしば問題となる。この反射された信号光 (反射光) は、S O A 21に戻って再入射され、当該反射光にも増幅効果が及ぶ。このため、増幅された反射光がE A D F Bレーザ10にフィードバックされ、結果的にチップの出力特性 (特に、波形品質)

の低下が生じる。したがって、従来技術による A X E L 2 0 では、出射端面近傍における反射抑制のための構成が必要であった。

[0007] 図 3 は、出射端面近傍における反射抑制のための曲げ導波路 3 1 及び窓領域 3 2 を含む、従来技術による A X E L 2 0 の出射端面近傍の構造を概略的に示す上面図である。なお、図 3 において信号光の光軸方向は一点鎖線の矢印で示されている。図 3 に示される通り、従来技術による A X E L 2 0 の出射端面近傍では、曲げ導波路 3 1 及び窓領域 3 2 が配置されることにより、反射光による出力特性低下を抑制していた。具体的には、曲げ導波路 3 1 の配置により、出射される信号光の光軸方向をチップの出射端面に対して垂直（ 90° ）とならないように設計とするとともに、窓領域 3 2 において導波路コアを取り除き、信号光のビームを広げることによってチップの出射端面の反射を抑制していた。

[0008] しかしながら、曲げ導波路 3 1 が I n P 系の半導体材料をベースにした単一モード導波路である場合、当該曲げ導波路 3 1 の曲げ部が急激である（曲率半径 R が小さい）と、放射損失に起因する出力低下が生じ得るため、当該曲げ部は緩やかな曲率を有する必要がある。例えば、曲げ導波路 3 1 の曲げ部を通過した後の光軸と出射端面に対する垂線のなす角 θ_{wg} が 5° 程度の場合、曲げ部の曲率半径 R は、数十 μm 程度となる必要がある。加えて、曲がり導波路 3 1 では、曲げ部の後（出射端側）に、単一モードを安定化させるための直線区間が必要となる。このような構造が要求される曲げ導波路 3 1 を実装すると、A X E L 2 0 のチップサイズが増加し、結果的に 1 枚のウェハ辺りのチップ収率の低下につながる。

[0009] また、曲げ導波路 3 1 が I n P 系の半導体材料をベースにした単一モード導波路である場合、光軸方向は I n P 結晶の結晶方位 $[011]$ 方向に沿っていることが好ましく、この条件から逸脱すると、成長させたチップ表面の平坦性が低下し得る。上述のような緩やかな曲率を有する曲げ導波路 3 1 を実装する場合、このような I n P 結晶の結晶方位を $[011]$ 方向に揃えることが困難であり、これにより実装プロセスの再現度が低下し、歩留まりの

悪化につながり得る。

[0010] 加えて、従来技術による A X E L 2 0 では、窓領域 3 2 においても課題が挙げられる。

[0011] 図 4 は、従来技術による A X E L 2 0 の窓領域 3 2 近傍におけるビームケラレ発生の様相を概略的に示した側面図である。図 4 に示される通り、埋込により形成される窓領域 3 2 では、再成長により形成される窓領域 3 2 の厚さ（y 方向の高さ）が一般的なオーバーラッドよりも薄くなりやすい。また、窓領域 3 2 では、信号光のビームを広げるという理由から、図 3 及び図 4 に示される通り、曲げ導波路 3 1 は取り除かれる必要がある。このような場合、光軸方向へ広がったビームが、窓領域 3 2 の厚さが薄くなった部分の上端面で干渉（ビームケラレ）する可能性がある。このような課題に対し、設計により窓領域 3 2 の長さをビームケラレが生じない長さに設定することで、ビームケラレの発生を抑制することは可能である。しかしながら、製造プロセスにおけるチップ化のためのへき開工程において、へき開位置に 5 μ m 程度のばらつきが一般的に生じるため、ビームケラレを回避した設計であっても、製造上のばらつきによってビームケラレが生じる構造となり得る。このビームケラレの発生は、光ファイバへの結合効率を低下させるため、A X E L 2 0 の高出力化における重要な課題として挙げられる。

先行技術文献

非特許文献

[0012] 非特許文献1：W Kobayashi et al., “Novel approach for chirp and output power compensation applied to a 40-Gbit/s EADFB laser integrated with a short SOA,” Opt. Express, Vol.23, No.7, pp.9533-9542 (2015)

発明の概要

[0013] 本開示は、上記のような課題に対して鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、曲げ導波路の配置によるチップサイズの増大を抑制し、且つ信号光のビームケラレを抑制することによって、高出力な信号光を射出することができる光送信器を提供することにある。

[0014] 上記のような課題に対し、本開示では、レーザ光を出射端面から出力するための直線形状の導波路コアを有する光送信器であって、導波路コア内を伝播するレーザ光を、レーザ光の光軸方向に対して略垂直に全反射させ、導波路コアの外にレーザ光を出射させる、導波路コアの底面より深い位置まで形成された第1の溝と、第1の溝で全反射されたレーザ光を、出射端面側に且つ出射端面の垂直方向に対して角度を有する方向に反射させる、導波路コアの底面より深い位置まで形成された第2の溝と、を備える光送信器を提供する。

図面の簡単な説明

- [0015] [図1]一般的なE A D F Bレーザ10の概略的な構成を示す側面図である。
- [図2]従来技術によるA X E L 20の概略的な構造を示す側面図である。
- [図3]出射端面近傍における反射抑制のための曲げ導波路31及び窓領域32を含む、従来技術によるA X E L 20の出射端面近傍の構造を概略的に示す上面図である。
- [図4]従来技術によるA X E L 20の窓領域32近傍におけるビームケラレ発生の様相を概略的に示した側面図である。
- [図5A]本開示の第1の実施形態による、光送信器50の出射端近傍の構造を概略的に示す上面図である。
- [図5B]本開示の第1の実施形態による、光送信器50の出射端近傍におけるビームの広がり傾向を示した図である。
- [図6]メサ領域の幅が $1\mu\text{m}$ の場合におけるビームの広がりを、シミュレーションにより算出した結果を示した図である。
- [図7]本開示の第2の実施形態による、光送信器70の出射端面近傍の構成を概略的に示す上面図である。
- [図8]本開示の第3の実施形態による、光送信器80の出射端面近傍の構成を概略的に示す図であり、(a)は上面図を、(b)は、実際に作製した光送信器80のVIIIb-VIIIb断面線における断面観察像を、それぞれ示している。

発明を実施するための形態

[0016] 以下に、図面を参照しながら本開示の種々の実施形態について詳細に説明する。同一又は類似の参照符号は同一又は類似の要素を示し重複する説明を省略する場合がある。材料及び数値は例示を目的としており本開示の技術的範囲の限定を意図していない。以下の説明は、一例であって本開示の一実施形態の要旨を逸脱しない限り、一部の構成を省略若しくは変形し、又は追加の構成とともに実施することができる。

[0017] 本開示による光送信器は、従来技術によるAXELと同様に、SOAを搭載したEDFBレーザの形態を有する。しかしながら、曲げ導波路の代替として、信号光を所望の方向へ反射させる複数の溝を含むことで曲げ導波路を不要（曲率を有さない直線形状の導波を適用することが可能）としている。これにより、上述したチップサイズの増大を抑制することが可能となる。

[0018] さらに、本開示による光送信器では、複数の溝の各々の反射面の配置をチップの出射端面で反射が生じないように設定される。これにより、従来技術による、曲げ導波路や窓領域を有するAXELと同様に、反射光による出力低下を抑制することが可能となる。

[0019] 加えて、本開示による本開示による光送信器では、上述の複数の溝は、信号光が伝播される導波路コアを覆うクラッドが埋め込まれた後、エッチング等によって加工される。したがって、別途埋込みによって形成される従来技術による窓領域とは異なり、部分的に薄くなる領域の発生が抑制される。すなわち、ビームケラレの発生が抑制され、従来技術にくらべ高出力な光送信器となり得る。

[0020] （第1の実施形態）

以下に、本開示による光送信器の第1の実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。本実施形態における光送信器は、従来技術によるAXEL20の曲げ導波路31の代替として、出射端面近傍に2つの溝が設置される形態に関する。

[0021] 図5Aは、本開示の第1の実施形態による、光送信器50の出射端近傍の

構造を概略的に示す上面図である。なお、図5Aでは信号光の伝播方向が一点鎖線で示されている。本実施形態における光送信器50は、SOA21を搭載したEADFBレーザ20と同様な基本構成を有しており、従来技術によるEADFBレーザ10、20と同様の製造技術によって作製される。ただし、チップの出射端面近傍における構造は、図5Aに示される通り、曲げ導波路31及び窓領域32は含まれず、代替的に、導波路コア51と、信号光を第2の溝53側で且つ導波路コア51を導波する信号光の光軸方向に対して略垂直な方向（z方向）に反射させる第1の溝52と、当該反射された信号光を、出射端面側で且つチップの出射端面に対して垂直ではない（チップの出射端面の垂直方向に対して角度を有する）方向に反射させる第2の溝53と、を含む。

[0022] 導波路コア51は、従来技術によるAXEL20の曲げ導波路31とは異なり、曲率を有さない直線形状を有し、第1の溝52の反射面と面一で接続されている。

[0023] 第1の溝52及び第2の溝53は中空であり、内部には空気が含まれる。この第1の溝52及び第2の溝53は、例えば、実装工程におけるクラッドの埋込み（再成長）後に、エッチングによって形成され得る。また、第1の溝52及び第2の溝53の各々のy方向の深さは、導波路コア51の底面よりも深く形成される。

[0024] 第1の溝52の反射面の傾斜角（当該反射面と、導波路コア51を伝播する信号光の光軸方向とのなす角）の角度 θ_1 は、導波路コア51を導波する信号光が、略垂直に全反射されるよう、信号光の波長、導波路コア及び空気の屈折率から設定される。

[0025] 第2の溝53の反射面の傾斜角（当該反射面と、導波路コア51を伝播する信号光の光軸方向とのなす角） θ_2 の角度は、第1の溝52の反射面の傾斜角の角度 θ_1 よりも小さく、且つ、上述の通り、当該第2の溝53の反射面で全反射される信号光の光軸方向がチップの出射端面に対し垂直（90°）とはならないように設定される。

[0026] このような構成を有する、本実施形態による光送信器50では、SOA21によって増幅された信号光が、第1の溝52の反射面において、y方向に略垂直に全反射される。このとき、反射された信号光は、導波路コア51の外側（クラッド側）に放射される。このため、光閉じ込め効果がなくなり、ビームが広がるため、従来技術における窓領域32と同様の効果を得ることができる。このクラッドを、再成長の工程において、予め十分な厚さとし、且つ上面を平滑に形成すれば、従来技術のようなビームケラレの発生を抑制することが可能となる。

[0027] 次に、信号光は、第2の溝53の反射面において、x方向に全反射される。上述の通り、この第2の溝53で全反射された信号光の光軸方向は、チップの出射端面に対して、垂直とならないように設定されている。したがって、従来技術における曲げ導波路31と同様に、チップの出射端面における反射を抑制する効果が奏される。また、このような構成とすれば、従来技術の様に緩やかな曲率を有する曲げ導波路を配置することが不要となるため、チップサイズの増大を抑制することが可能となる。尚、チップの出射端面から外部へ出射される信号光は、チップ端面でも屈折されるため、チップ端面に対して θ_0 の角度を有して出射される。

[0028] （実施例）

以下に、第1及び第2の溝における配置の設定について、実施例を挙げて詳細に説明する。ここでは、例として、光送信器50は、導波路コア51に相当するDFBレーザ及びSOAの活性層がMQW構造を有するInGaAsP（屈折率：3.4）であり、基板及びクラッドはInP（屈折率：3.2）である埋込型InGaAsP/InP半導体レーザとした。また、伝播する信号光は、波長1310nmの単一波長を有するレーザ光とした。

[0029] また、ここでは、導波路コア51に相当する活性層の厚さは300nm、活性層の上面に形成されるクラッド（オーバークラッド：p型InP）の厚さは2 μ m、信号光が伝播する領域（メサ領域）のz方向の幅は1 μ mとした。さらに、チップの出射端面に入射する信号光の光軸方向は、導波路コア

51を伝播する信号光の光軸方向に対し、 5° の角度を有するように設定した。

[0030] このような光送信器50において、上述の第1の溝52及び第2の溝53を、エッチングにより形成した。第1の溝52の傾斜角 θ_0 は 45° 、第2の溝53の傾斜角 θ_a は、 42.5° とした。また、第1の溝52の反射面で全反射され、第2の溝53の反射面に入射されるまでの信号光の伝送距離（図5AにおけるA-B間の長さ）は $5\mu\text{m}$ 、第2の溝53で全反射され、チップの出射端面に入射されるまでの信号光の伝送距離（図5AにおけるB-C間の長さ）は $5\mu\text{m}$ とした。

[0031] 今、導波路コア51の屈折率は3.4であり、第1の溝52は中空であるため、その反射面における屈折率は空気の屈折率1.0に相当する。このため、第1の溝52における全反射角は約 17° と算出される。この結果から、信号光を略垂直に全反射させるための設定として、第1の溝52の傾斜角 θ_0 は 45° と設定した。また、これに伴い、第2の溝53傾斜角 θ_a は、チップの出射端面に入射する信号光の光軸方向が導波路コア51を伝播する信号光の光軸方向に対し、 5° の角度を有するという観点から、 42.5° とした。

[0032] 次いで、各反射面の幅（面積）の設定について、説明する。

[0033] 図6は、本実施例の様に、メサ領域の幅が $1\mu\text{m}$ の導波路から窓領域に入射した場合の窓領域におけるビームの広がり、EME法(EngenMode Expansion Method)によりシミュレーションした結果を示した図である。ここで縦軸のビーム径は、 $1/e^2$ ビーム半径としている。メサ領域の幅が $1\mu\text{m}$ の場合、導波路コア51では、クラッドであるInPとの屈折率（=3.2）との関係により、信号光は導波路コア51内に閉じ込められ、一定のビーム径で伝播される。図6に示されるシミュレーション結果に基づけば、導波路コア51を伝播する信号光のxy平面におけるビーム径は、 $1.23\mu\text{m}$ であることが分かる。この信号光が第1の溝52に入射されると、第1の溝52の反射面の傾斜角の角度 θ_0 は 45° であるため、第1の溝52の反射面で全反

射された信号光の反射面上におけるビーム径は、 $1.23 \times (1 / \cos(\pi / 4))$ となり、約 $1.74 \mu\text{m}$ 、直径に換算すると約 $3.5 \mu\text{m}$ となる。一方、 $1 / e^2$ ビーム径で規定されるビーム径に対し、反射面が 1.5 倍の縦横幅を有していれば、 99% 以上の光をその面で反射できることが知られている。したがって、第1の溝52の反射面は、 $5.3 \mu\text{m} \times 5.3 \mu\text{m}$ 以上の領域を有していればよいこととなる。

[0034] 第1の溝52の反射面で全反射された信号光は、第2の溝53へ入射されるが、この全反射された信号光は導波路コア51内を伝播しないため、図5Bに示される傾向に従って、図6のとおりビームが広がりながら伝播する。したがって、第2の溝53の反射面の幅（面積）は、図6のビーム径を考慮して設定される必要がある。

[0035] 上述の通り、第1の溝52の反射面から第2の溝53の反射面までの信号光の伝送距離は $5 \mu\text{m}$ に設定されている。当該信号光が $5 \mu\text{m}$ 進行した位置におけるビーム径は、図6に示される通り、 $2.55 \mu\text{m}$ 程度、直径で約 $5.1 \mu\text{m}$ となる。さらに、第2の溝53の反射面の傾斜角 θ_a は、 42.5° であるため、第2の溝53に入射した信号光のビーム径は、 $5.1 \times (1 / \cos(42.5\pi / 180)) \times 1.5$ となり、 $11 \mu\text{m}$ 程度と算出されることから、 $11 \mu\text{m} \times 11 \mu\text{m}$ 以上の領域を有していればよいこととなる。

[0036] このように、光送信器50が有する第1の溝52及び第2の溝53は、全反射角とビーム径の広がりによって、配置（角度、面積、距離等）が設定される。

[0037] 実際に、このように設計された光送信器50における、チップの出射端面からの反射光の光損失を、EME法によりシミュレーションしたところ、 -39.6 dB であった。さらに、チップの出射端面にAR (Anti Reflection) コートを施工すると、光損失は -60 dB となることが認められた。これは、従来技術による光送信器（例えば、AXEL20）に要求される数値と同等以上である。すなわち、本開示による光送信器50は、曲げ導波路の設置によるチップサイズの増大を抑制しながらも、従来技術と同等又はそれ以

上の出力が実現することが可能である。

[0038] (第2の実施形態)

以下に、本開示の第2の実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。本実施形態による光送信器は、第1の実施形態で述べた光送信器50の構成に、製造プロセスにおけるへき開での誤差の影響を抑制するための、第3の溝をさらに含んだ形態に関する。

[0039] 図7は、本開示の第2の実施形態による、光送信器70の出射端面近傍の構成を概略的に示す上面図である。本実施形態による光送信器70は、第1の実施形態における光送信器50の構成に加え、第1の溝52及び第2の溝53と、チップの出射端面との間に、第3の溝71をさらに含む。

[0040] 図7に示される通り、第3の溝71の内側の端面は、チップの出射端面と平行な面を有し、z方向の幅が、第1の溝52から第2の溝53までが含まれる範囲の幅を包含するように形成される。また、第3の溝71は、第1の溝52及び第2の溝53と同様にエッチングにより形成され得る。図7では、例として、第3の溝71は、第1の溝52と繋がられた形態が図示されているが、必ずしも両者は繋がってなくてもよい。

[0041] このような構成を有する本実施形態における光送信器70では、信号光が第3の溝71の内側の端面が出射端面となる。したがって、製造プロセスのへき開における誤差の影響が緩和され、露光精度で決まるサブミクロンの精度で窓領域の長さを制御することが可能となる。

[0042] (第3の実施形態)

以下に、本開示の第3の実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。本実施形態による光送信器は、第1の実施形態で述べた光送信器50、又は第2の実施形態で述べた光送信器70の構成に加え、出射端面近傍におけるビームケラレの発生をさらに抑制するための嵩上げ部をさらに含んだ形態に関する。

[0043] 図8は、本開示の第3の実施形態による、光送信器80の出射端面近傍の構成を概略的に示す図であり、(a)は上面図を、(b)は、実際に作製し

た光送信器 80 のVIIIb-VIIIb断面線における断面観察像を、それぞれ示している。なお、図 8 (b) の断面観察像は走査型電子顕微鏡 (SEM) により取得したものである。本実施形態による光送信器 80 は、第 1 の実施形態における光送信器 50、又は第 2 の実施形態における光送信器 70 の構成に加え、導波路コア 51 の両側面に設置されるクラッドの上面に、クラッドと同じ材料で構成される嵩上げ部 81 a、b をさらに含む。

[0044] 嵩上げ部 81 a、b は、例えば、実装工程におけるメサ領域の加工において除去された部分にクラッドを再度埋め込む再成長工程において、余分にクラッド (InP) を堆積させることにより形成され得る。

[0045] このような構成を有する本実施形態による光送信器 80 では、予め嵩上げ部 81 a が形成されていることにより、出射端面近傍のクラッド (実質的に窓領域に相当) の y 方向の高さが、従来技術や光送信器 50 又は光送信器 70 に比べて高く設定されている。したがって、クラッド上面におけるビームケラレの発生をより効率的に抑制することが可能となる。

[0046] なお、図 8 では、嵩上げ部はメサ領域の両隣に形成される形態を示したが、嵩上げ部 81 a のみであっても同様の効果を奏する。換言すれば、信号光が伝播する領域に対して嵩上げ部が形成されれば、クラッド上面におけるビームケラレの発生をより効率的に抑制することが可能となる。

[0047] 上述の通り、本開示による光送信器は、従来技術による光送信器 (例えば、AXEL20) に比べ、チップサイズの増大を抑制しながら、信号光の出射端面における反射を緩和することができる。加えて、窓領域の埋込みにおいて生成する厚さが薄くなる部分が存在しないため、ビームケラレの発生も抑制することが可能である。

[0048] 本明細書では、本開示による光送信器は、いずれも、SOA を集積した EADFB レーザの形態として説明してきたが、これには限定されず、レーザを用いた光送信器であれば、同様の効果を奏する。

産業上の利用可能性

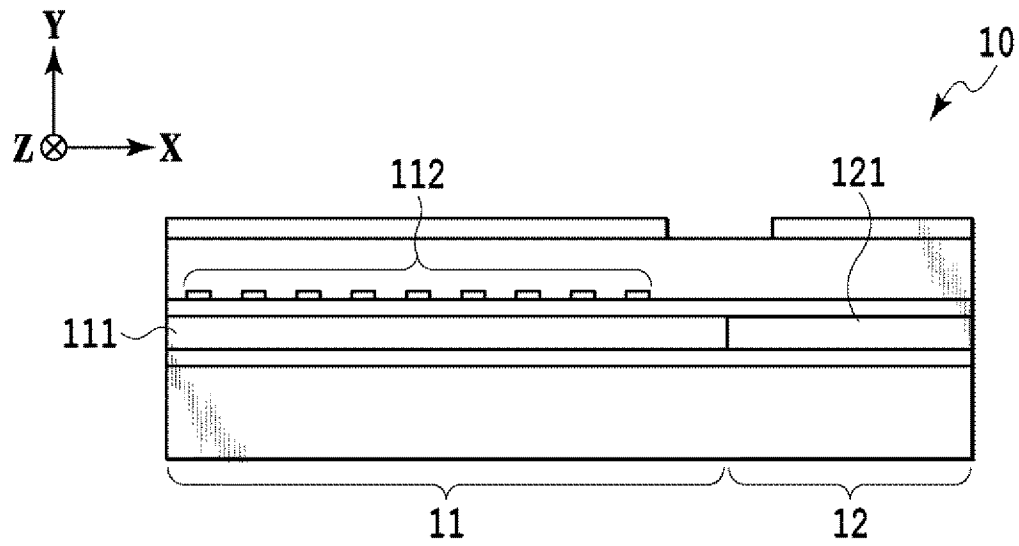
[0049] 以上述べた通り、本開示による光送信器は、曲げ導波路を適用することに

よるチップサイズの増大を抑制しながら、信号光の出射端面における反射を緩和することができる。加えて、窓領域の埋込みにおいて生成する厚さが薄くなる部分が存在しないため、ビームケラレの発生も抑制することが可能である。このような特徴を有する、本開示による光送信器は、従来よりもチップサイズが小型であり、且つ高出力な光送信器として、光通信トラフィック等への適用が見込まれる。

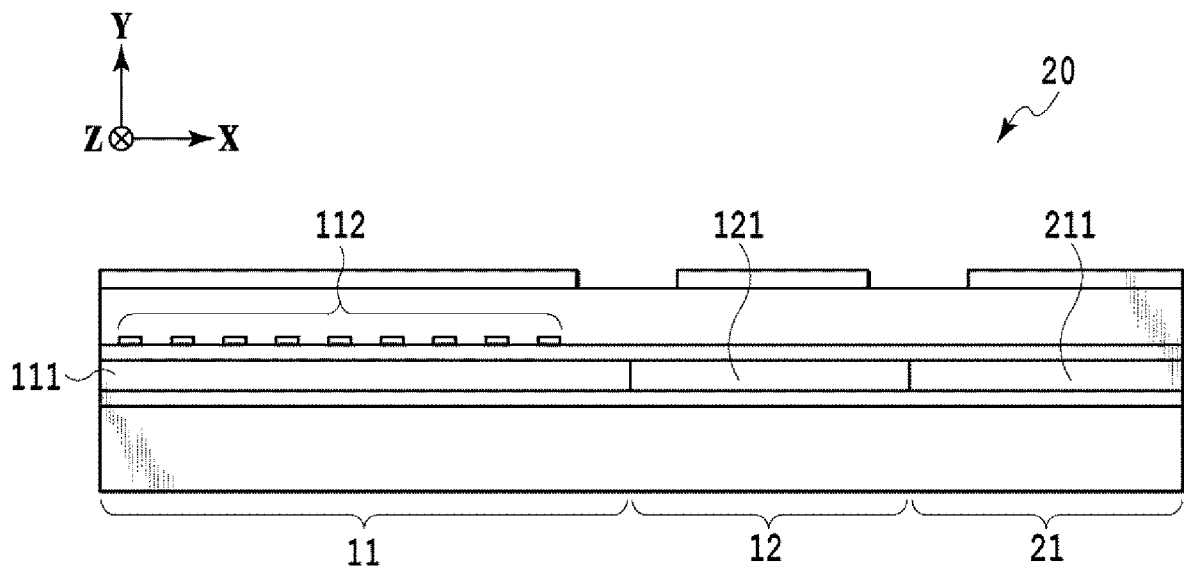
請求の範囲

- [請求項1] レーザ光を出射端面から出力するための直線形状の導波路コアを有する光送信器であって、
- 前記導波路コア内を伝播する前記レーザ光を、前記レーザ光の光軸方向に対して略垂直に全反射させ、前記導波路コアの外に前記レーザ光を出射させる、前記導波路コアの底面より深い位置まで形成された第1の溝と、
- 前記第1の溝で全反射された前記レーザ光を、前記出射端面側に且つ前記出射端面の垂直方向に対して角度を有する方向に反射させる、前記導波路コアの底面より深い位置まで形成された第2の溝と、
- を備える光送信器。
- [請求項2] 前記第1の溝及び前記第2の溝と、前記出射端面との間に設置され、内側の端面が前記出射端面と平行な面を有し、前記第1の溝から前記第2の溝までが含まれる範囲の幅を包含するように形成される、第3の溝をさらに備える、請求項1に記載の光送信器。
- [請求項3] 前記導波路コアの周囲を覆うクラッドの上面に設置され、前記クラッドと同じ材料が適用される嵩上げ部をさらに備える、請求項1又は2に記載の光送信器。
- [請求項4] 単一波長で発振するDFBレーザと、
- 前記DFBレーザの出力を変調して信号光を出力するEA変調器と、
- 、
- 前記EA変調器からの前記信号光を増幅して、前記レーザ光として前記導波路コアに出力するSOAとを備える、請求項1に記載の光送信器。
- [請求項5] 前記出射端面にARコートが形成された、請求項1に記載の光送信器。

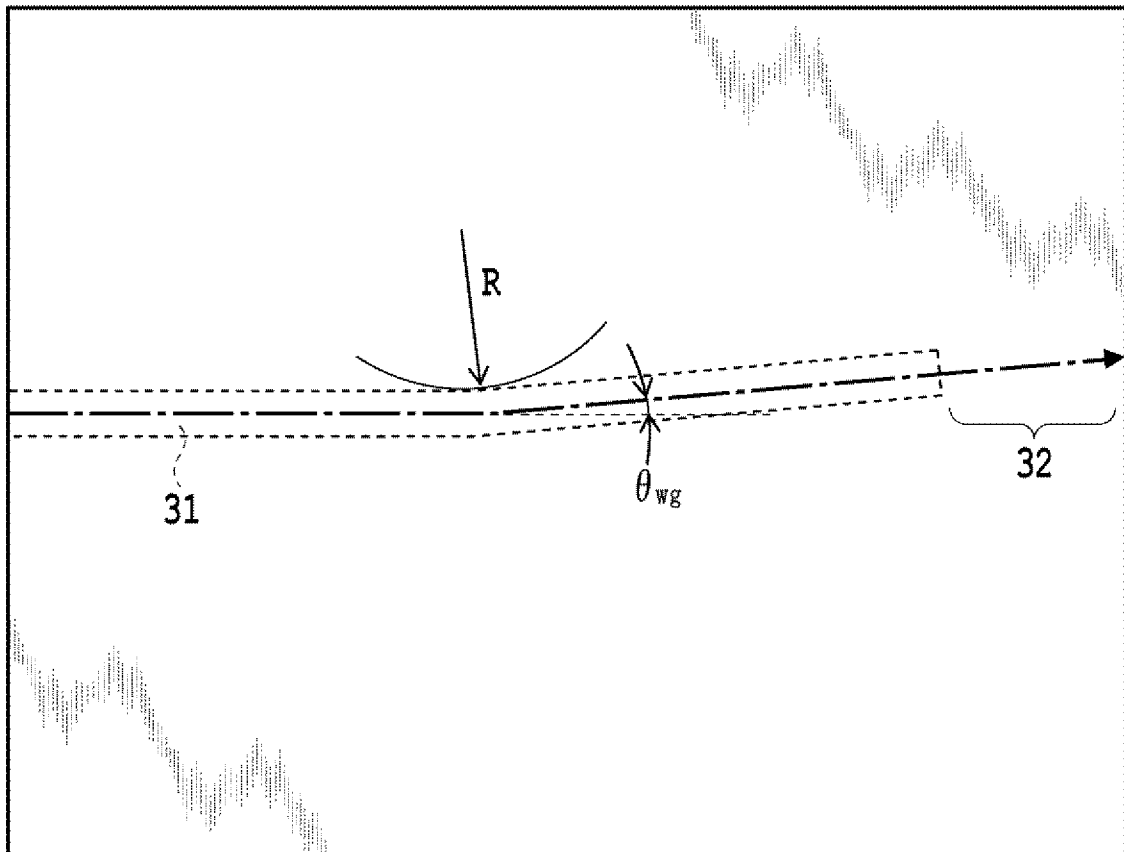
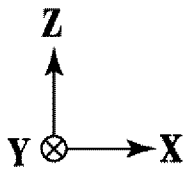
[図1]



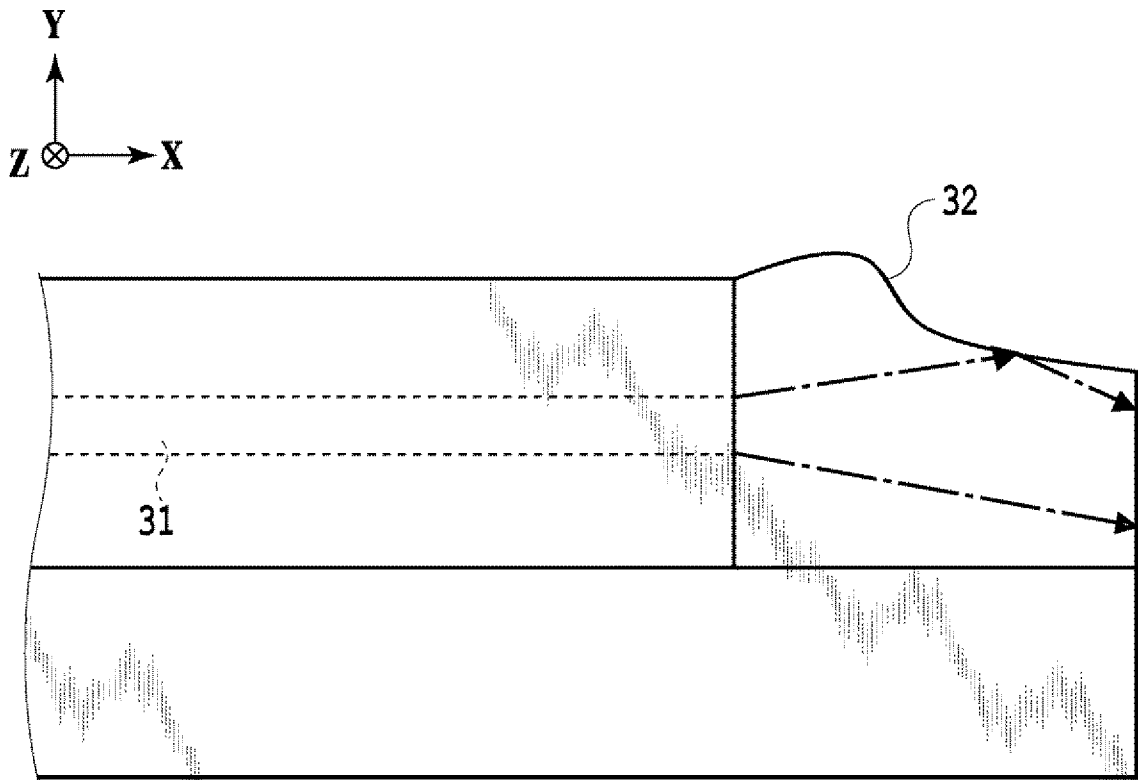
[図2]



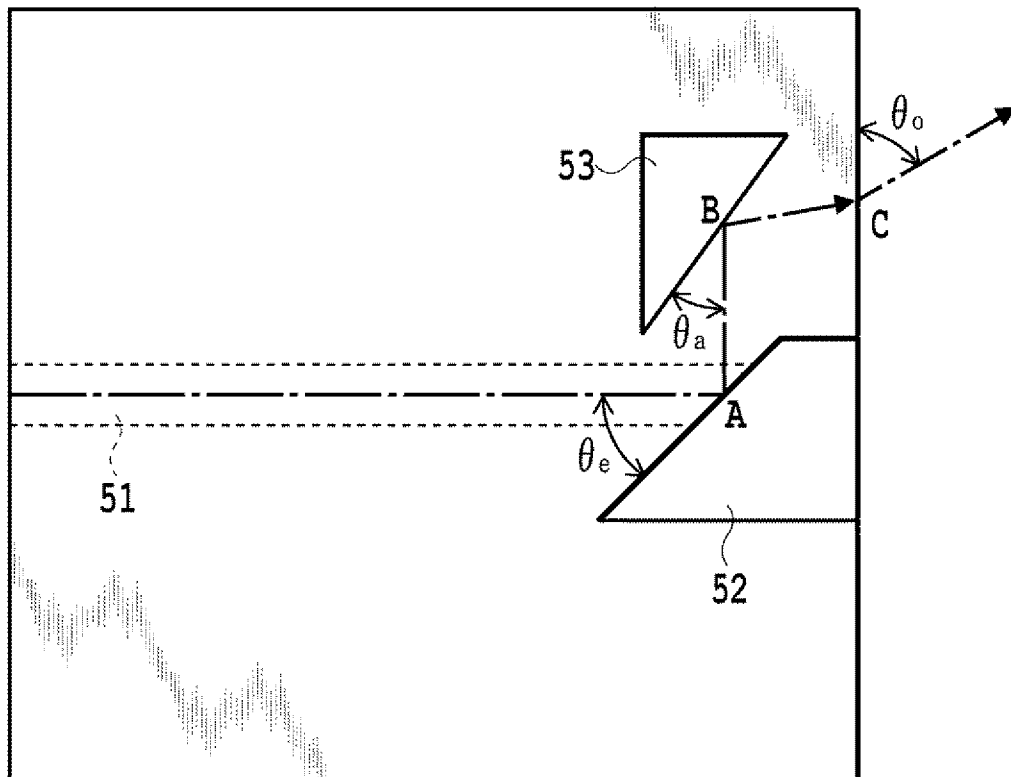
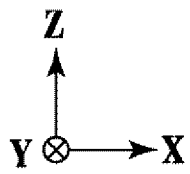
[図3]



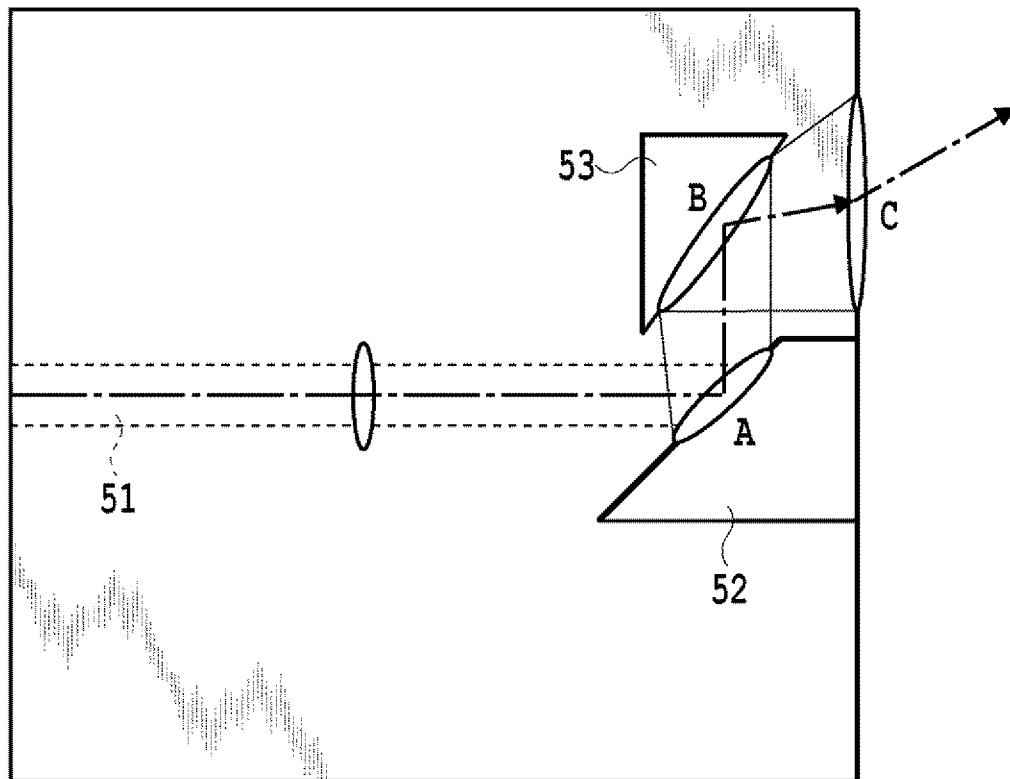
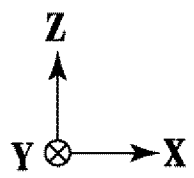
[図4]



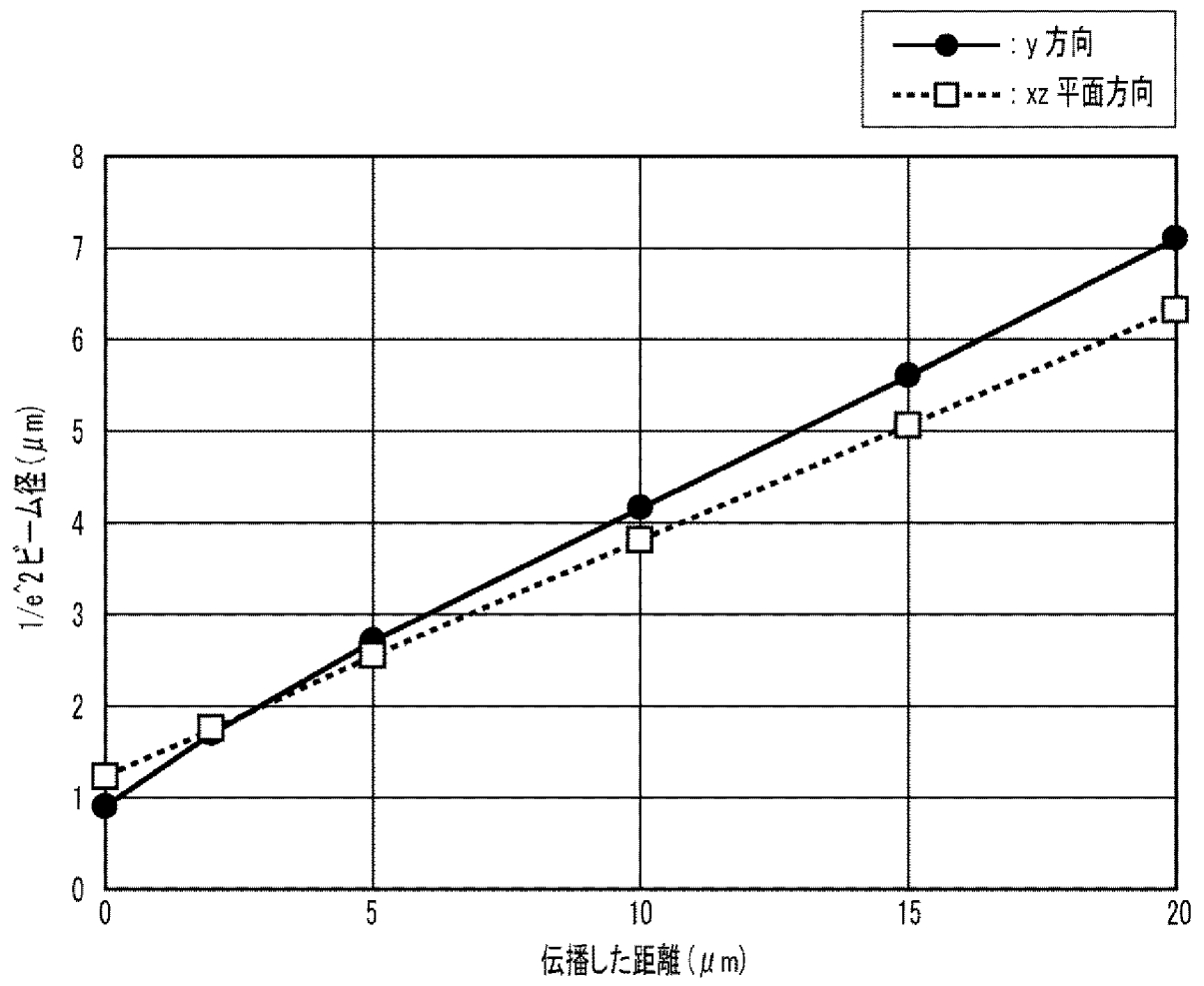
[図5A]



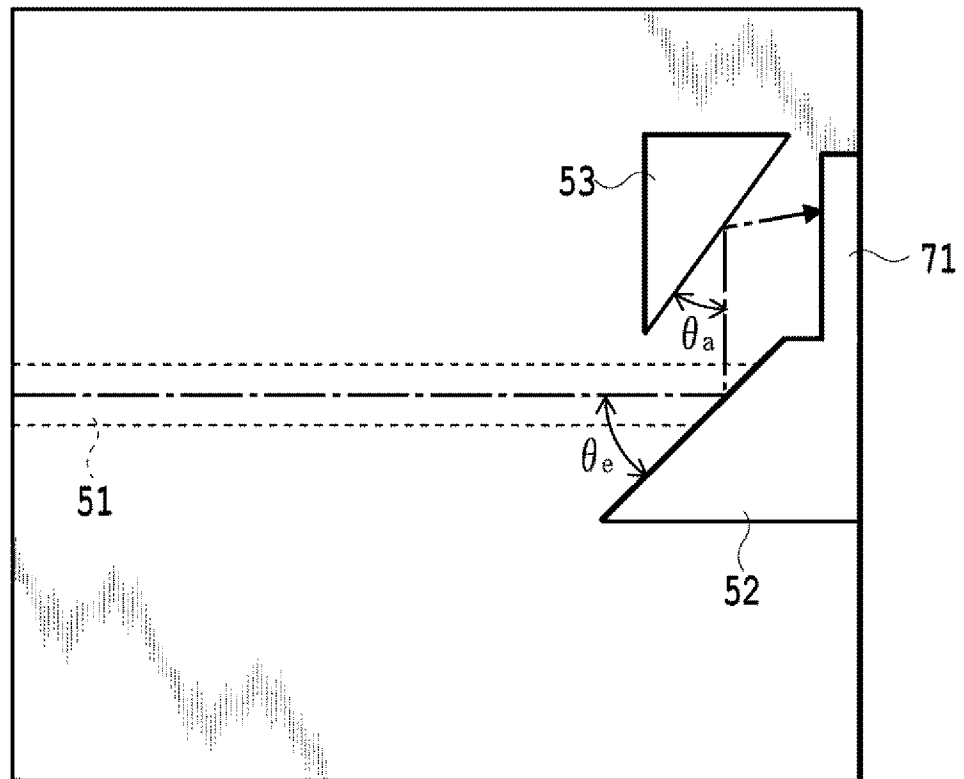
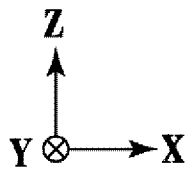
[図5B]



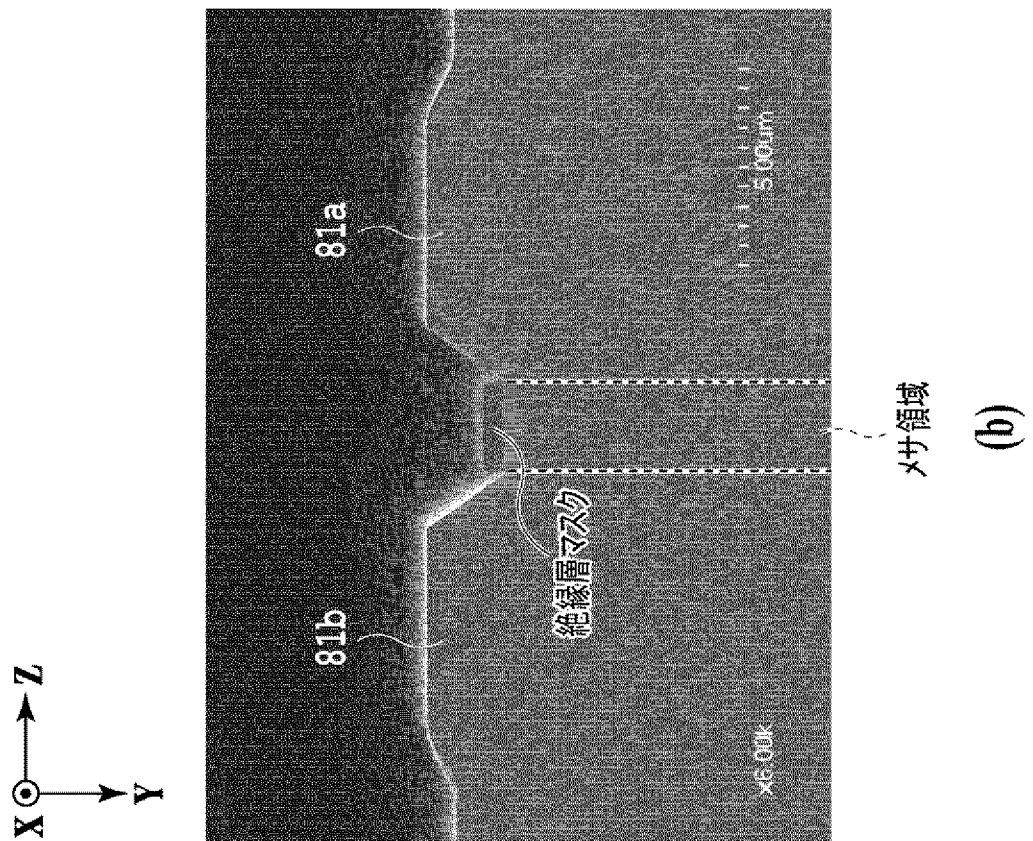
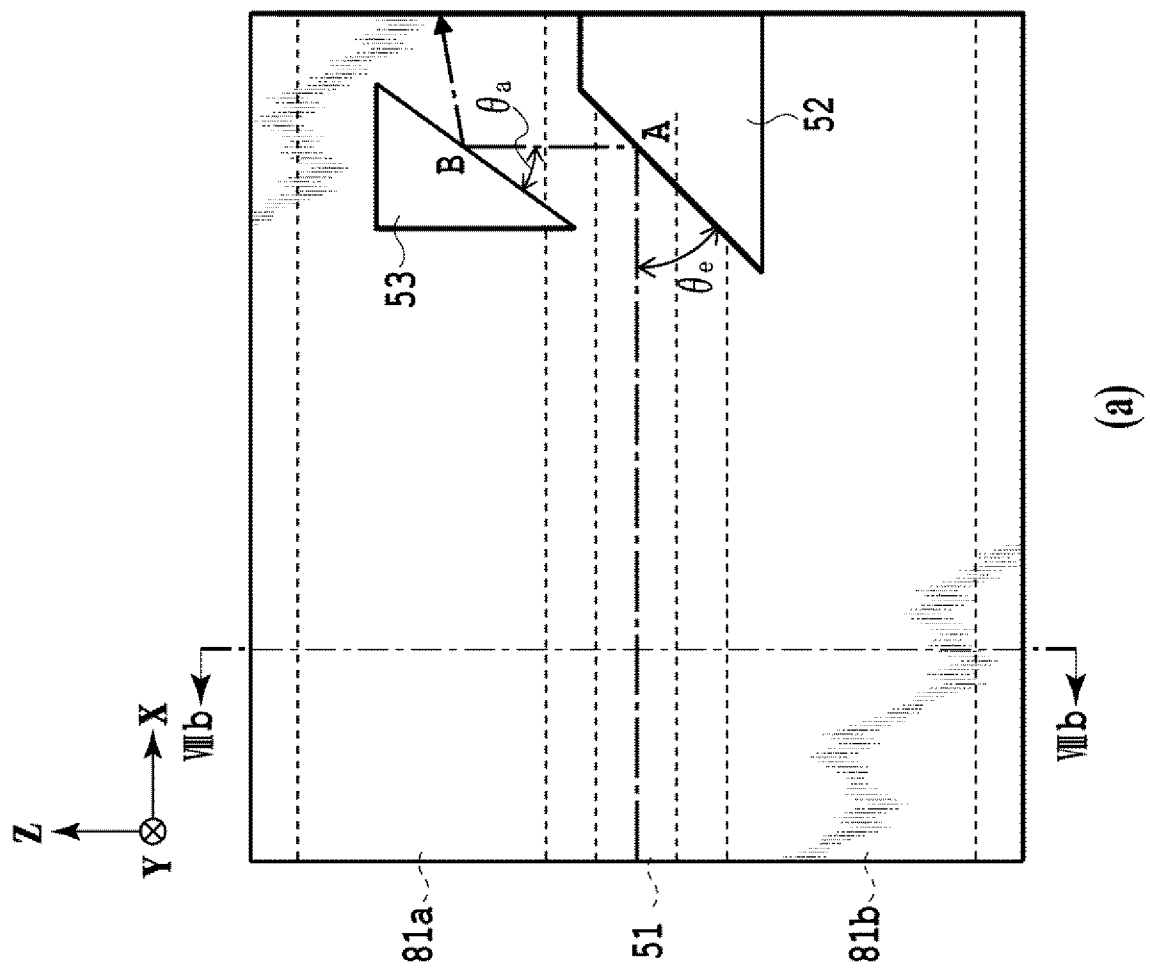
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/028827

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H04B 10/50**(2013.01)i

FI: H04B10/50

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)

H04B10/50

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 1971-2022

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.
A	WO 2022/038756 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 24 February 2022 (2022-02-24)	1-5
A	JP 2019-57542 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 11 April 2019 (2019-04-11)	1-5
A	WO 2019/235235 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 12 December 2019 (2019-12-12)	1-5
A	JP 2010-171098 A (OKI ELECTRIC IND. CO., LTD.) 05 August 2010 (2010-08-05)	1-5
A	JP 2010-212347 A (SEIKO EPSON CORP.) 24 September 2010 (2010-09-24)	1-5



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

05 October 2022

Date of mailing of the international search report

18 October 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
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/028827

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2022/038756	A1	24 February 2022	(Family: none)	
JP	2019-57542	A	11 April 2019	(Family: none)	
WO	2019/235235	A1	12 December 2019	US 2021/0234332 A1	
JP	2010-171098	A	05 August 2010	(Family: none)	
JP	2010-212347	A	24 September 2010	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04B 10/50(2013.01)i FI: H04B10/50														
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）） H04B10/50 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 <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）			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												
A	WO 2022/038756 A1（日本電信電話株式会社）24.02.2022（2022 - 02 - 24）	1-5												
A	JP 2019-57542 A（日本電信電話株式会社）11.04.2019（2019 - 04 - 11）	1-5												
A	WO 2019/235235 A1（日本電信電話株式会社）12.12.2019（2019 - 12 - 12）	1-5												
A	JP 2010-171098 A（沖電気工業株式会社）05.08.2010（2010 - 08 - 05）	1-5												
A	JP 2010-212347 A（セイコーエプソン株式会社）24.09.2010（2010 - 09 - 24）	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。														
<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、一般的技术水準を示すもの</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、一般的技术水準を示すもの	“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、一般的技术水準を示すもの	“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 05.10.2022	国際調査報告の発送日 18.10.2022													
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） 鴨川 学 5K 6307 電話番号 03-3581-1101 内線 3556													

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/JP2022/028827

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2022/038756	A1	24.02.2022	(ファミリーなし)	
JP	2019-57542	A	11.04.2019	(ファミリーなし)	
WO	2019/235235	A1	12.12.2019	US	2021/0234332 A1
JP	2010-171098	A	05.08.2010	(ファミリーなし)	
JP	2010-212347	A	24.09.2010	(ファミリーなし)	