

(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10月3日(03.10.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/201728 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 6/12 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/012582

(22) 国際出願日: 2023年3月28日(28.03.2023)

(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: 住友大阪セメント株式会社
(SUMITOMO OSAKA CEMENT CO.,LTD.) [JP/
JP]; 〒1058641 東京都港区東新橋一丁目
9番2号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 村田 祐美(MURATA Yumi); 〒1058641
東京都港区東新橋一丁目9番2号 住友
大阪セメント株式会社内 Tokyo (JP). 岡橋

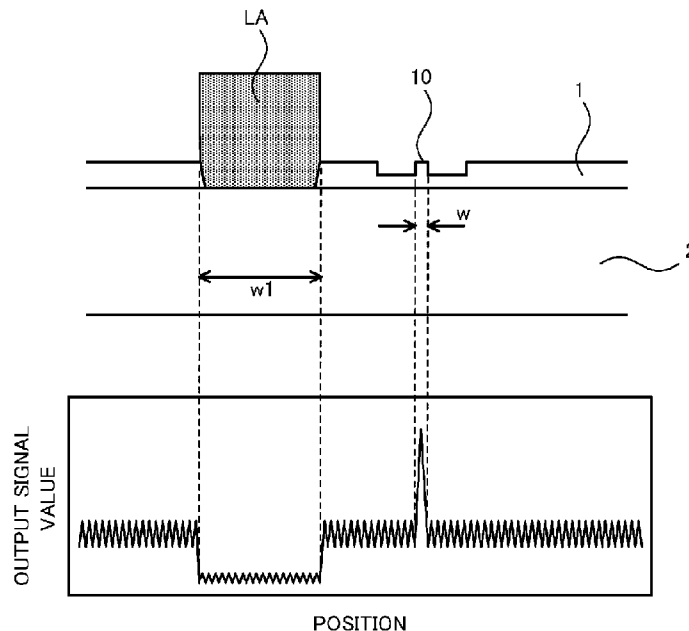
宏 佑(OKAHASHI Kosuke); 〒1058641 東京都
港区東新橋一丁目9番2号 住友大阪セ
メント株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 田村 爾, 外(TAMURA Chikashi et al.);
〒1070052 東京都港区赤坂1丁目3番19
号 芳明ビル4階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, 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,

(54) Title: OPTICAL WAVEGUIDE ELEMENT AND OPTICAL MODULATION DEVICE USING SAME, AND OP-
TICAL TRANSMISSION DEVICE

(54) 発明の名称: 光導波路素子とそれを用いた光変調デバイス並びに光送信装置



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide an optical waveguide element having an optical waveguide substrate with a cladding layer placed on the lower surface of a thin plate in which an optical waveguide is formed, and suppressing deterioration in extinction ratio and complication of work for alignment with an optical member. The present invention relates to an optical waveguide element having a thin plate (1) in which an optical waveguide (10) is formed and an optical waveguide substrate with a clad layer (2) placed in contact with the lower surface of the thin plate, the optical waveguide element being characterized in that the optical waveguide has a light input part and a light output



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, 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))

part arranged on the same side surface of the optical waveguide substrate, and a light absorber (LA), which is placed between the light input part and the light output part and has an exposed part on the side surface, is provided.

(57) 要約: 本発明の目的は、光導波路を形成した薄板の下面にクラッド層を配置した光導波路基板を有する光導波路素子において、消光比の劣化や光学部材との位置合わせ作業の煩雑化を抑制した光導波路素子を提供することである。本発明は、光導波路(10)を形成した薄板(1)と、該薄板の下面に接してクラッド層(2)を配置した光導波路基板を有する光導波路素子において、該光導波路は、該光導波路の光入力部と光出力部とが、該光導波路基板の同じ側面に配置されており、該光入力部と該光出力部との間に配置され、該側面に露出する露出部分を有する光吸収体(LA)を設けたことを特徴とする。

明 細 書

発明の名称：

光導波路素子とそれを用いた光変調デバイス並びに光送信装置

技術分野

[0001] 本発明は、光導波路素子とそれを用いた光変調デバイス並びに光送信装置に関し、特に、光導波路を形成した薄板と、該薄板の下面に接してクラッド層を配置した光導波路基板を有する光導波路素子に関する。

背景技術

[0002] 光通信分野や光計測分野において、ニオブ酸リチウム（L N）などの電気光学効果を有する基板に光導波路を形成し、光導波路を伝搬する光波を変調する変調電極を備えた光変調器などの光導波路素子が多用されている。

[0003] H B - C D M（High Bandwidth Coherent Driver Modulator）のようなドライバ集積型変調器では、光導波路素子を駆動するドライバ回路を光導波路素子と一緒に筐体内に組み込み、さらに全体のパッケージを小型化することなどが求められている。このため、光導波路素子自体も小型化し、 $1\mu\text{m}$ 程度の幅や高さを有するリブ型光導波路を形成した薄板が利用されている。光導波路を形成する薄板の機械的強度を高め、また、光導波路による光閉じ込め強度を高め、さらには、光波とマイクロ波との速度整合を図るため、薄板と保持基板との間にクラッド層を配置した光導波路基板が利用されている。

[0004] また、光導波路の形状や配置としては、図1に示すように、光導波路基板の同一側面に光導波路の光入力部と光出力部を配置した、所謂、折り返し構造も採用されている。このため、光導波路10に入射する入力光L i nの一部が漏れ光L Lとなって、薄板やクラッド層を伝搬し、光出力部に漏れ光が混入し、信号光の消光比が劣化するなどの原因となっている。また、信号光をモニタする受光素子3に漏れ光L Lが入射し、モニタ精度が低下するなどの不具合も生じていた。

[0005] 光導波路以外を伝搬する漏れ光などの迷光を除去する方法として、特許文

献 1 では基板の上に配置した金属膜などで迷光を吸収する方法が提案されている。しかしながら、薄板 1 を用いた光導波路素子では、図 2 の上側に示すように、薄板 1 の下には、薄板よりも厚みの大きいクラッド層 2 が存在しており、このクラッド層 2 を伝搬する漏れ光まで吸収や除去するには、不十分であった。

[0006] 光変調器において、光導波路素子（薄板 1）に取り付けるレンズ等の光学部材 6 の位置は光変調器の特性に大きく影響する。近年開発されている小型の光変調器は、光導波路幅が $1\ \mu\text{m}$ 以下と従来の光変調器に比べて $1/10$ 以下と極めて小さくなっており、光導波路自体の視認性が悪い。さらに光導波路素子の端部では、薄板上に補強部材 5 を貼り合わせる構造を採用しており、光導波路 10 の視認性の悪さはより顕著となり、光導波路素子と光学部材との位置合わせを難しくしている。

[0007] 図 1 のように、薄板 1 を含む光導波路基板と光学部材 6 などを位置合わせする際には、光入力部に光波を入力し、出力光 L o u t をモニタしながら光学部材の位置を調整している。小型の光変調器では、光入出力部が光導波路基板の同じ一辺にあるため、光学部材のアライメントには光の出射光のみでなく、受光素子 3 も併用しての光学部材の位置合わせが有効である。しかしながら、入力光の漏れ光が受光素子に直接結合してノイズとなり、図 2 の下側に示すグラフのように、入力光の入射位置が変化しても受光素子の出力信号値には多くのノイズが存在する。その結果、光導波路幅 w が $1\ \mu\text{m}$ 以下の場合には、光学部材の位置合わせの難易度は極めて高くなる。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献 1：特開 2018-173604 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 本発明が解決しようとする課題は、上述したような問題を解決し、光導波

路を形成した薄板の下面にクラッド層を配置した光導波路基板を有する光導波路素子において、消光比の劣化や光学部材との位置合わせ作業の煩雑化を抑制した光導波路素子を提供することである。また、この光導波路素子を用いた光変調デバイス及び光送信装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0010] 上記課題を解決するため、本発明の光導波路素子、光変調デバイス、及び光送信装置は、以下のような技術的特徴を有する。

(1) 光導波路を形成した薄板と、該薄板の下面に接してクラッド層を配置した光導波路基板を有する光導波路素子において、該光導波路は、該光導波路の光入力部と光出力部とが、該光導波路基板の同じ側面に配置されており、該光入力部と該光出力部との間に配置され、該側面に露出する露出部分を有する光吸収体を設けたことを特徴とする。

[0011] (2) 上記(1)に記載の光導波路素子において、該光吸収体の前記露出部分の大きさは、該光入力部のモードフィールド径よりも大きいことを特徴とする。

[0012] (3) 上記(1)に記載の光導波路素子において、該光吸収体の前記露出部分は、複数の分離した光吸収体で構成されていることを特徴とする。

[0013] (4) 上記(1)に記載の光導波路素子において、該光吸収体は該クラッド層に入り込むように配置されていることを特徴とする。

[0014] (5) 上記(4)に記載の光導波路素子において、該光入力部と該光出力部との間で、該光吸収体が配置される範囲の内側には、該薄板の一部で疑似導波路が形成されていることを特徴とする。

[0015] (6) 上記(5)に記載の光導波路素子において、該疑似導波路の断面積は、該光入力部のモードフィールド径の面積以上であり、該モードフィールド径の面積の4倍以下であることを特徴とする。

[0016] (7) 上記(1)に記載の光導波路素子において、該光吸収体と該光入力部との距離は、該光入力部のモードフィールド径の0.75倍以上であり、該光吸収体と該光出力部との距離よりも短いことを特徴とする。

[0017] (8) 上記(1)乃至(7)のいずれかに記載の光導波路素子と、該光導波路素子を収容する筐体と、該光導波路素子に光波を入出力する光ファイバとを有することを特徴とする光変調デバイスである。

[0018] (9) 上記(8)に記載の光変調デバイスにおいて、該光導波路を伝搬する光波を変調する変調電極を該基板に設け、該変調電極に入力する変調信号を増幅する電子回路を該筐体の内部又は外部に有することを特徴とする。

[0019] (10) 上記(9)に記載の光変調デバイスと、該光変調デバイスに変調動作を行わせる変調信号を出力する電子回路とを有することを特徴とする光送信装置である。

発明の効果

[0020] 本発明により、光導波路を形成した薄板と、該薄板の下面に接してクラッド層を配置した光導波路基板を有する光導波路素子において、該光導波路は、該光導波路の光入力部と光出力部とが、該光導波路基板の同じ側面に配置されており、該光入力部と該光出力部との間に配置され、該側面に露出する露出部分を有する光吸収体を設けたため、光入力部の漏れ光が光出力部に混入することを抑制でき、信号光の消光比の劣化を抑制することが可能となる。しかも、光学部材の位置合わせに使用する入力光（モニタ光）が、光吸収体の露出部分に照射された際には、モニタ信号の低下が発生し、入力光を光導波路の光入力部に容易に位置合わせすることが可能となり、光学部材の位置合わせ作業を円滑に行うことが可能となる。また、この優れた効果を奏する光導波路素子を用いた光変調デバイス及び光送信装置も提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]従来の光導波路素子を説明する平面図である。

[図2]光導波路素子の端面における薄板及びクラッド層の形状を示す図（上側）と、入力光の位置におけるモニタ光の出力信号値の様子を説明するグラフ（下側）である。

[図3]本発明の光導波路素子を説明する平面図である。

[図4]本発明の光導波路素子の端面における薄板、クラッド層及び光吸収体の形状を示す図（上側）と、入力光の位置におけるモニタ光の出力信号値の様子を説明するグラフ（下側）である。

[図5]本発明の光導波路素子において、光吸収体の配置位置について説明する図である。

[図6]本発明の光導波路素子において、複数の光吸収体を光導波路を挟むように配置する状態を説明する図である。

[図7]本発明の光導波路素子において、光導波路の片側に複数の光吸収体を配置する例を説明する図である。

[図8]図7の実施例の応用例を示す図である。

[図9]本発明の光導波路素子において、光吸収体をクラッド層内に位置するように配置する例を説明する図である。

[図10]本発明の光導波路素子において、疑似導波路を使用する例を説明する図である。

[図11]図10の実施例の応用例を示す図である。

[図12]本発明の光導波路素子において、電極も光吸収手段の一部として使用する例を説明する図である。

[図13]本発明の光導波路素子に使用可能な他の光導波路形状を示す平面図である。

[図14]本発明に係る光変調デバイスと光送信装置を示す平面図である。

発明を実施するための形態

[0022] 以下、本発明について好適例を用いて詳細に説明する。

本発明は、図3及び4に示すように、光導波路10を形成した薄板1と、該薄板の下面に接してクラッド層2を配置した光導波路基板を有する光導波路素子において、該光導波路は、該光導波路の光入力部と光出力部とが、該光導波路基板の同じ側面に配置されており、該光入力部と該光出力部との間に配置され、該側面に露出する露出部分を有する光吸収体LAを設けたことを特徴とする。光吸収体LAは、光入力部と受光素子3を結ぶ直線を遮るよ

うに延伸しているため、光入力部からの漏れ光 L_L が受光素子に結合することを抑制できる。さらに、光吸収体を、光入力部のある基板端部の反対側にある基板端部にも配置することで、受光素子3や折り返し導波路への光導波路からの漏れ光の結合をより抑制することが可能である。

[0023] 薄板1としては、ニオブ酸リチウム(LN)やタンタル酸リチウム(LT)、PLZT(ジルコン酸チタン酸鉛ランタン)などの電気光学効果を有する基板や、これらの材料による気相成長膜、さらには、半導体材料や有機材料など種々の材料も利用可能である。

[0024] 光導波路の形成方法としては、光導波路以外の基板表面をエッチングし、光導波路の両側に溝を形成するなど、基板の光導波路に対応する部分を凸状としたリブ型光導波路やスロット導波路を利用することが可能である。特に、光導波路素子自体を小型化する場合や折り曲げた光導波路を使用する場合などには、光閉じ込めの強い、幅 w 又は高さが $1\mu m$ 程度の凸状導波路を用いる。

[0025] 光導波路を形成した薄板は、変調信号のマイクロ波と光波との速度整合を図るため、 $10\mu m$ 以下、より好ましくは $5\mu m$ 以下、更に好ましくは $1\mu m$ 未満の厚さ(厚さの下限は $0.3\mu m$ 以上が好ましい)まで研削研磨により薄板化する方法と、スマートカット法(イオン注入剥離により薄膜化する方法)を用いて薄膜化基板を作製する。リブ型光導波路やスロット導波路の高さは、クラッド層と光導波路基板の界面から垂直な方向に、 $1\mu m$ 以下に設定することが好ましい。また、他の基板上に気相成長膜を上述の基板の厚さ程度で形成し、当該膜を上述のような光導波路の形状に加工することも可能である。

[0026] 光導波路を形成した薄板1は、機械的強度を高めるため、中間層となるクラッド層2を介して、保持基板(不図示)に接着固定される。本発明では、薄板1、クラッド層2及び保持基板を一体化した基板を「光導波路基板」という。

保持基板には、 $1mm$ 以下のシリコン(Si)や誘電率の低いアルファ石

英単結晶等の水晶やガラス材、サファイア等が利用可能である。

また、クラッド層2には、光波と電気信号（マイクロ波）との速度整合を図るため、薄板1よりも屈折率の低い材料が使用される。また、薄板1に熱応力が加わるのを抑制するため、熱膨張率が薄板1に近い材料を使用する。具体的には、 SiO_2 などのSi酸化膜や SiN 、 Al_2O_3 、 MgF 、 La_2O_3 、 ZnO 、 MgO 、 CaF_2 、 Y_2O_3 などを厚さ $10\mu\text{m}$ 以下で用いる。

[0027] 本発明の光導波路素子の特徴は、図3に示すように、光導波路10は、該光導波路の光入力部と光出力部とが、光導波路基板（薄板1）の同じ側面（図の左側）に配置されており、該光入力部と該光出力部との間に配置され、該側面に露出する露出部分を有する光吸収体LAを設けたことである。光導波路10と光吸収体LAとが交差する場所には、光吸収体LAを配置しなくてもよいし、光導波路10と光吸収体LAとの間に SiO_2 などクラッド層2に使用可能な材料や永久レジストなどの非光吸収体を配して光導波路10を伝搬する光波の吸収を低減する構成としてもよい。この光吸収体LAにより、光入力部から漏れた漏れ光LLが光出力部や受光素子3に入射することが抑制され、信号光の消光比を高め、受光素子のノイズを抑制することが可能となる。

[0028] また、本発明における「光吸収体」が「（光導波路基板の）側面に露出する露出部分を有する」ことの意味は、図4に示すように、光導波路基板の端面において、光導波路の端面と同様に、光吸収体の端面が配置されている状態だけを意味しているのではない。例えば、光吸収体の端面が光導波路基板の端面から基板の内側に若干後退していても、基板外部から入力される光に対し、光吸収体の端面で該光の侵入が抑制されている場合には、「露出部分」と解される。

なお、光吸収体の端面の後退距離は光の吸収を考慮すると $10\mu\text{m}$ 以下が好ましい。

[0029] 光吸収体LAが光導波路基板の側面から露出しているため、図4の下側のグラフに示すように、光吸収体LAの位置に入力光を照射した場合には、出

力光 L_{out} の光強度や受光素子 3 の出力信号値は他の信号レベルと比較し低くなる。これにより、出力信号値をモニタすることで、入力光がどの位置に照射されているのかを容易に判断でき、光導波路 10 の位置を容易に判定することが可能となる。

[0030] 光吸収体の端部の形状は図 4 の上側の図に示すように、矩形である必要はないが、光入出力端部のモードフィールド径 (MFD) が十分に包含される形状・大きさにすることが望ましい。また、光吸収体 LA を光導波路 10 よりも大きい構造物にすることで、光導波路素子を平面視した際に光吸収体の視認性が確保され、同時に光導波路の位置の推定も容易になる。光吸収体に照射された光を十分に吸収又は基板内に侵入するのを抑制するためには、光導波路の幅 w よりも光吸収体 LA の幅 w_1 をより広くとることが必要であり、例えば、光導波路幅 w が $1\ \mu\text{m}$ 程度の場合は、光吸収体の幅 w_1 は $1\ \mu\text{m}$ 以上は必要となる。また、光導波路の光入力部のモードフィールド径 (MFD) に着目した場合には、光吸収体の露出部分の大きさは、該モードフィールド径よりも大きく設定することが必要である。光吸収体の端部における大きさを MFD が包含できる大きさと規定することで、光学部材のアライメント時に確実に光が吸収でき、受光素子などの出力を 0 に近づけることが可能となる。

[0031] 以上のように、光吸収体を光入出力端部に配置することで組立時のアライメントマークとして、また、組立後の消光比を改善する構造として使用できる。

光吸収体 LA に使用する材料としては、光を吸収できる材料であれば、特に限定されないが、例えば、金属 (Nb, Ti, Ni, Au, Si, Al, Cu, Cr 等) や、カーボンブラックなどを用いることができる。

図 4 では、薄板 1 に溝加工を行い、光吸収体 LA をクラッド層 2 上に接して配置しているが、後述するように、クラッド層 2 に入り込むように光吸収体を配置してもよい。

[0032] 以下では、光吸収体を用いた様々な実施例について説明する。

光吸収体 $L A$ は光導波路 10 の光入力部に近いほど、漏れ光が $L N$ などの薄板内やクラッド層内を拡散しにくくなり、光吸収効果が高まるため、可能な限り光入力部に近い方が望ましい。図5に示すように、光吸収体 $L A$ は光導波路 10 の入出力端部の $M F D$ の中心から光吸収体までの距離 $g 1$ は、光入力部のモードフィールド径の 0.75 倍以上であり、光吸収体 $L A$ と光出力部との距離 $g 2$ よりも短いことが好ましい。また、距離 $g 1$ が大きくなると、光導波路 10 の位置を特定する作業が難しくなるため、距離 $g 1$ を $10\mu m$ 以下に設定することがより好ましい。

図5における、 $L i n$ 、 $L o u t$ の下丸の符号は、光波の伝搬方向を示し、 $L i n$ は図面の奥方向に、 $L o u t$ は図面の表方向に光波が伝搬すること意味している。以下の図面も同様である。

[0033] 図6乃至図8は、複数の光吸収体を配置したものである。特に、光吸収体の露出部分は、複数の分離した光吸収体で構成されている。

図6では、光導波路 10 を挟むように光吸収体($L A 1$, $L A 2$)を配置することで、光導波路 10 の位置をより特定し易くなる。また、図7及び8に示すように、光導波路 10 の片側に複数の光吸収体を配置することも可能である。光吸収体の端部における大きさは光入力部の $M F D$ サイズの $1\sim 3$ 倍に設定され、図7に示すように、同じ大きさの吸収体を等間隔で配置してもよいし、図8に示すように、光吸収体の端部の大きさが単純増加(減少)するように配置してもよい。図8では、光吸収体が光入力導波路に近づくにつれ小さくなるように配置している図を示している。

[0034] 光吸収体を複数配置することで、光吸収体の体積が増え、光吸収効果もより高くなる。アライメント時には、受光素子の出力の $O N / O F F$ を繰り返す回数・時間(光吸収体の幅や距離)から、光学部材の現在位置を確認することが容易となる。また、光吸収体の幅を変化させることで、受光素子の出力が $O F F$ になる時間(光吸収体の幅)が変化するので、同じ大きさの光吸収体を複数配置するよりも、光学部材の現在位置や光導波路 10 のある方向をより特定し易くなる。

なお、図7や図8では複数の光吸収体L Aのうち光導波路10に最も近い光吸収体L Aの側面が薄板1やクラッド層2から乖離しているが、これらは接触させた方が漏れ光をより確実に吸収することができる。

[0035] 図5及び6では、クラッド層2の上に光吸収体L Aを配置し、図7及び8では、クラッド層2に溝を加工し、その中に光吸収体L Aを配置している。さらに、図9では、クラッド層2に形成した溝を満たすように光吸収体L Aを配置しており、薄板1やクラッド層2と密着させて光吸収体L Aを配置することで、より強固に光吸収体を固定することができる。しかも、図7乃至9に示すように、クラッド層に入り込んで光吸収体を配置することで、クラッド層2内に漏れた漏れ光をより確実に吸収することができる。光吸収体がクラッド層に入り込む深さは、クラッド層の厚さの $1/2$ 以下の範囲で設定される。例えば、クラッド層厚さが $2\mu\text{m}$ の場合には、光吸収体がクラッド層に入り込む深さは $0\mu\text{m}$ 以上 $1\mu\text{m}$ 以下範囲で決められる。

[0036] 図10及び11は、疑似導波路DWを用いた実施例を示す。

光吸収体をクラッド層内に複数個所で行き込むように配置すると、図10に示すように、薄板の一部(DW)が残存する。図5に示すように、薄板の残存部分を形成しないようにすることも可能であるが、この残存部分を疑似導波路DWとして利用することで、漏れ光をより効果的に吸収することが可能となる。

[0037] 図10では、光吸収体L A1とL A2との間に、高さは光導波路と同じで幅が w_2 の疑似導波路DWが形成されている。さらに、図11では、疑似導波路DWを覆うように光吸収体L Aが配置されている。漏れ光が結合するような疑似導波路DWを光吸収体の間や光吸収体の下に配置することで、漏れ光の捕捉効果を高めている。光吸収体で完全に吸収できなかった漏れ光も、疑似導波路に誘導することで、疑似導波路DWに接触して配置された光吸収体により、疑似導波路を伝搬する漏れ光を効果的に吸収することが可能となる。また、図10の疑似導波路DWの上面の一部に、別途、光吸収体や後述する電極等を配置することで、光吸収効果を高めることも可能である。

[0038] 疑似導波路DWの断面積は、光導波路10の光入力部のモードフィールド径の面積以上であり、該モードフィールド径の面積の4倍以下である。疑似導波路DWの断面積を大きくし過ぎると、漏れ光が拡散し、漏れ光の補足効果が低下するだけでなく、光吸収体に吸収される漏れ光の量も減少する。

また、図11のように、光吸収体LAの下に凹凸があれば、アンカー効果により、光吸収体の剥離防止にも役立つ。

図11や図12の構成は疑似導波路DWを漏れ光が伝搬することで吸収されるため、光吸収体LAの幅よりも疑似導波路DW方向（図面奥行方向）の長さの方を大きくする方がより好ましい。

[0039] さらに、図12に示すように、光吸収作用を光吸収体だけでなく、薄板1上に配置した電極の一部Mに担わせることも可能である。このような電極Mを、例えば、図10の疑似導波路DWの上面又は疑似導波路の延長線上に配置することで、疑似導波路を伝搬する漏れ光を電極Mで吸収できる。ただし、光吸収体(LA1, LA2)を金属で作成する場合には、電極Mとのショートを回避するため、図12に示すように、光吸収体と電極とは置換して配置する。この場合には、受光素子3の周囲の少なくとも一部を電極Mと光吸収体LAとで囲むことで漏れ光LLの受光素子3への結合を抑制できる。さらに光吸収体LAは、基板端部（光入力部近傍）にまで延伸しているため、光入力部からの漏れ光LLが直接PDに受光することも抑制可能である。また、図10のように疑似導波路DWを設け、その両側に光吸収体LA1、LA2を配置すると、疑似導波路を伝搬する光が、光吸収体LA1、LA2の長手方向で吸収できるため、受光素子3への漏れ光LLの結合がさらに抑制できる。

[0040] 以上の説明では、光導波路素子の光導波路10を1回折り返した構造としたが、これに限らず、図13に示すように、3回以上折り返した構造100とすることも可能である。この場合にも、光吸収体LAは、光入力部と受光素子3を結ぶ直線を遮るように延伸しているため、光入力部からの漏れ光LLが受光素子に結合することを抑制できる。さらに、光吸収体を、光入力部

のある基板端部の反対側にある基板端部にも配置することで、受光素子 3 や折り返し導波路への漏れ光 L L の結合をより抑制することが可能である。また、本発明の光導波路素子に使用する光学部材は、図 1 のようなレンズアレイに限定されず、ファイバアレイや P L C などの異種導波路基板にも適用可能である。さらに、光導波路基板のチップ端部における光導波路の形状として、L N 薄板で形成したリブ型光導波路を図示したが、光導波路端部にスポットサイズ変換部を形成した場合も同様に、本発明が適用できることは言うまでもない。

[0041] さらに、図 1 4 に示すように、本発明の光導波路素子（薄板 1）を金属等の筐体 C A 内に收容し、筐体の外部と光導波路素子とを光ファイバ F で接続することで、コンパクトな光変調デバイス M D を提供することができる。図 1 4 では、光ファイバ F の先端にコリメータレンズ L N を配置し、さらに光導波路素子の側面に配置したレンズアレイ 6 を介して、光導波路 1 0 との間で光波の入出力を行っている。当然、空間光学系を介して光学的に接続するだけでなく、薄板 1 の光導波路の入出力部に光ファイバを直接接続することも可能である。なお、符号 5 は、基板 1 の端面に沿って基板 1 に重ね合わせた補強部材であり、光ファイバなどの光学部品を基板 1 の端面に直接接合する際に使用される。

[0042] 光変調デバイス M D に変調動作を行わせる変調信号 S₀ を出力する電子回路（デジタル信号プロセッサ D S P）を、光変調デバイス M D に接続することにより、光送信装置 O T A を構成することが可能である。光導波路素子に印加する変調信号 S は増幅する必要があるため、ドライバ回路 D R V が使用される。ドライバ回路 D R V やデジタル信号プロセッサ D S P は、筐体 C A の外部に配置することも可能であるが、筐体 C A 内に配置することも可能である。特に、ドライバ回路 D R V を筐体内に配置することで、ドライバ回路からの変調信号の伝搬損失をより低減し広帯域化が可能となる。

産業上の利用可能性

[0043] 以上のように、本発明によれば、光導波路を形成した薄板の下面にクラッ

ド層を配置した光導波路基板を有する光導波路素子において、消光比の劣化や光学部材との位置合わせ作業の煩雑化を抑制した光導波路素子を提供することが可能となる。また、このような優れた効果を有する光導波路素子を用いた光変調デバイス及び光送信装置を提供することができる。

符号の説明

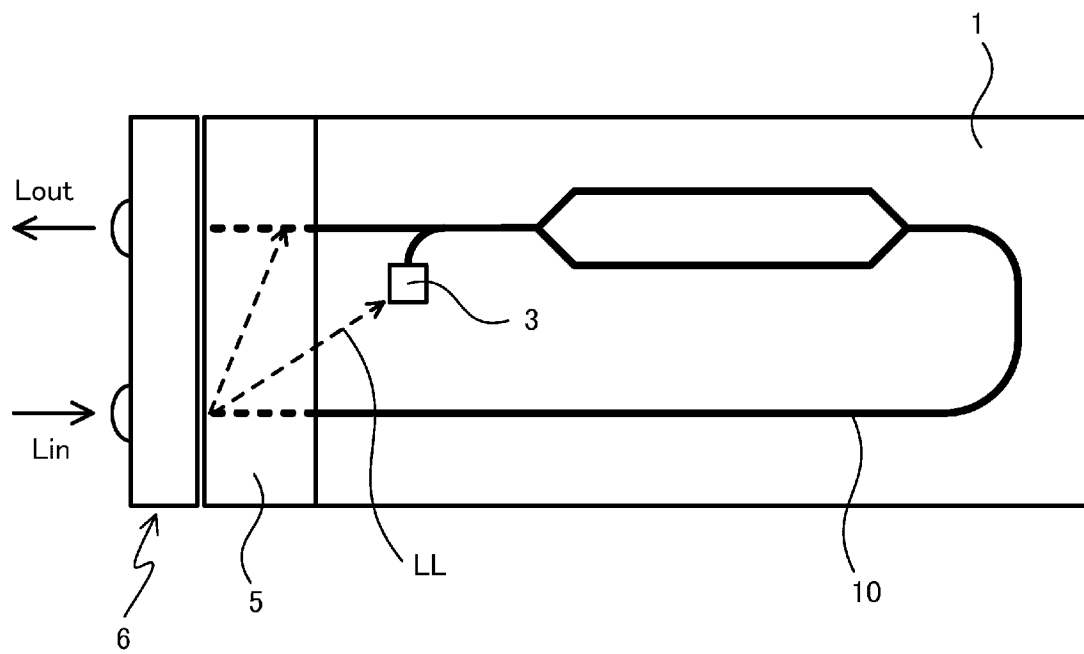
- [0044] 1 薄板
 2 クラッド層
 3 受光素子
 10 光導波路
 LA, LA1, LA2 光吸収体

請求の範囲

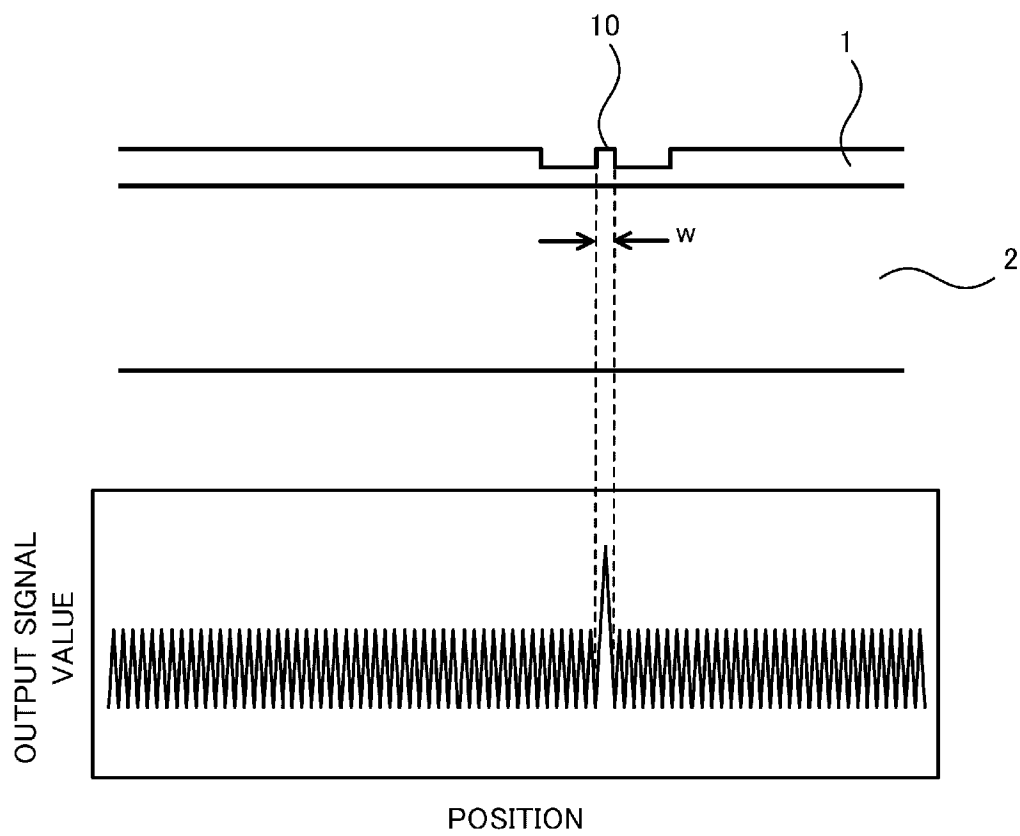
- [請求項1] 光導波路を形成した薄板と、該薄板の下面に接してクラッド層を配置した光導波路基板を有する光導波路素子において、
- 該光導波路は、該光導波路の光入力部と光出力部とが、該光導波路基板の同じ側面に配置されており、
- 該光入力部と該光出力部との間に配置され、該側面に露出する露出部分を有する光吸収体を設けたことを特徴とする光導波路素子。
- [請求項2] 請求項1に記載の光導波路素子において、該光吸収体の前記露出部分の大きさは、該光入力部のモードフィールド径よりも大きいことを特徴とする光導波路素子。
- [請求項3] 請求項1に記載の光導波路素子において、該光吸収体の前記露出部分は、複数の分離した光吸収体で構成されていることを特徴とする光導波路素子。
- [請求項4] 請求項1に記載の光導波路素子において、該光吸収体は該クラッド層に入り込むように配置されていることを特徴とする光導波路素子。
- [請求項5] 請求項4に記載の光導波路素子において、該光入力部と該光出力部との間で、該光吸収体が配置される範囲の内側には、該薄板の一部で疑似導波路が形成されていることを特徴とする光導波路素子。
- [請求項6] 請求項5に記載の光導波路素子において、該疑似導波路の断面積は、該光入力部のモードフィールド径の面積以上であり、該モードフィールド径の面積の4倍以下であることを特徴とする光導波路素子。
- [請求項7] 請求項1に記載の光導波路素子において、該光吸収体と該光入力部との距離は、該光入力部のモードフィールド径の0.75倍以上であり、該光吸収体と該光出力部との距離よりも短いことを特徴とする光導波路素子。
- [請求項8] 請求項1乃至7のいずれかに記載の光導波路素子と、該光導波路素子を収容する筐体と、該光導波路素子に光波を入出力する光ファイバとを有することを特徴とする光変調デバイス。

- [請求項9] 請求項8に記載の光変調デバイスにおいて、該光導波路を伝搬する光波を変調する変調電極を該基板に設け、該変調電極に入力する変調信号を増幅する電子回路を該筐体の内部又は外部に有することを特徴とする光変調デバイス。
- [請求項10] 請求項9に記載の光変調デバイスと、該光変調デバイスに変調動作を行わせる変調信号を出力する電子回路とを有することを特徴とする光送信装置。

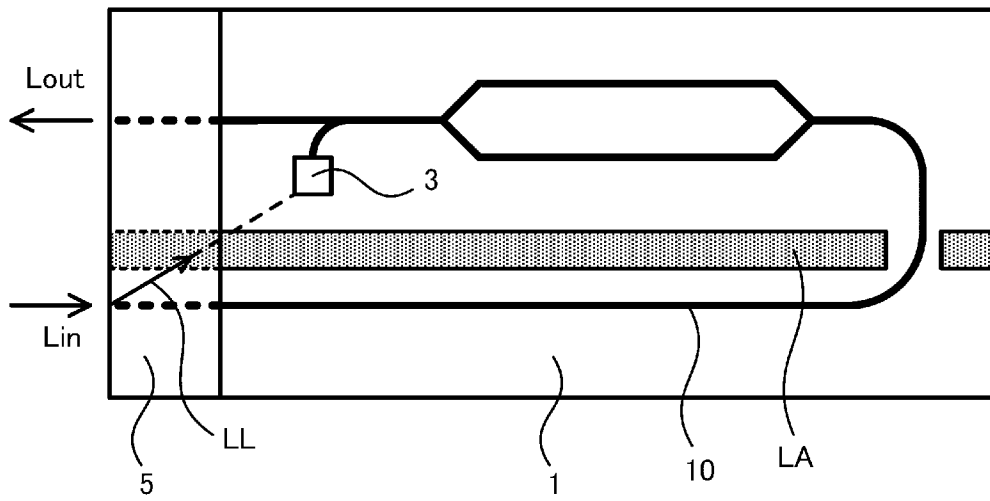
[図1]



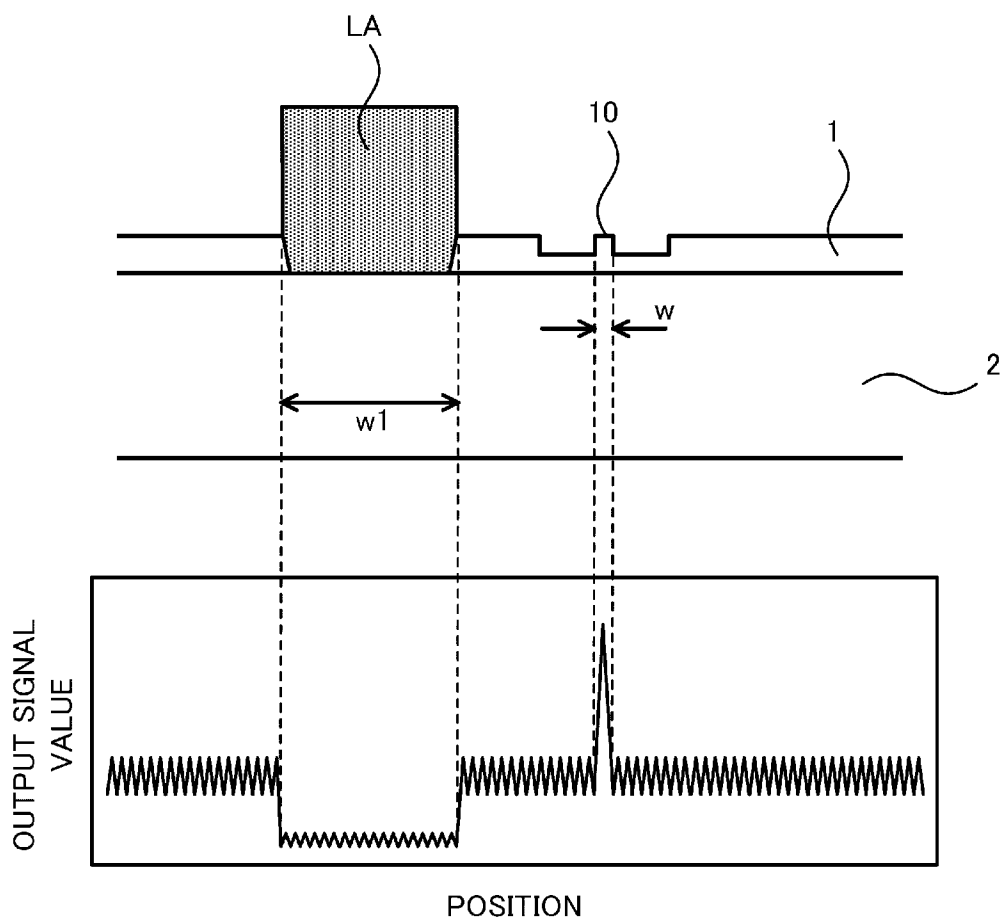
[図2]



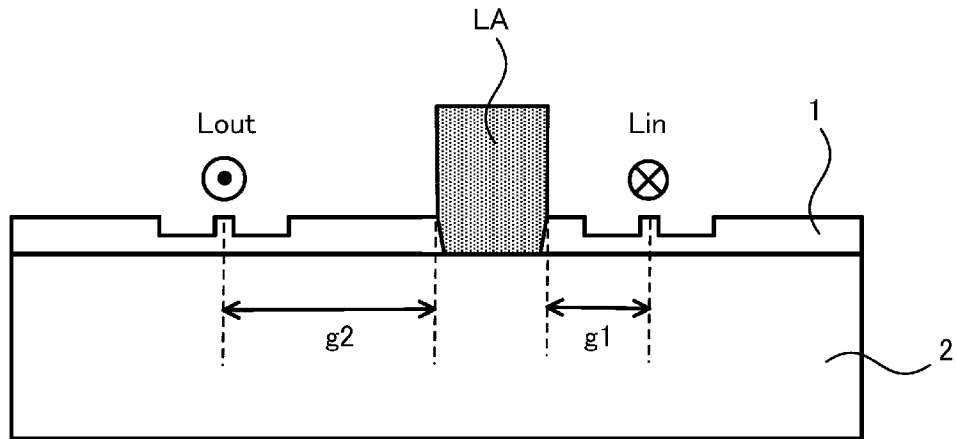
[図3]



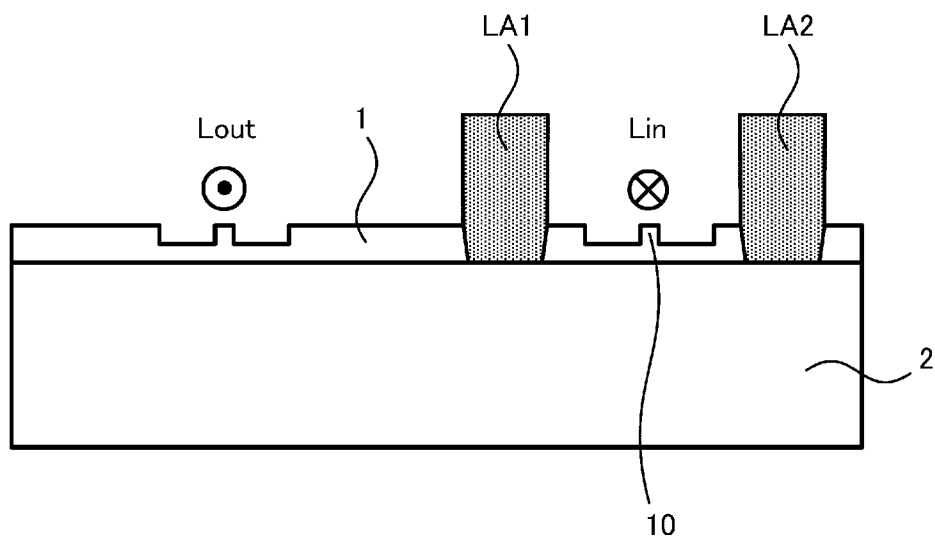
[図4]



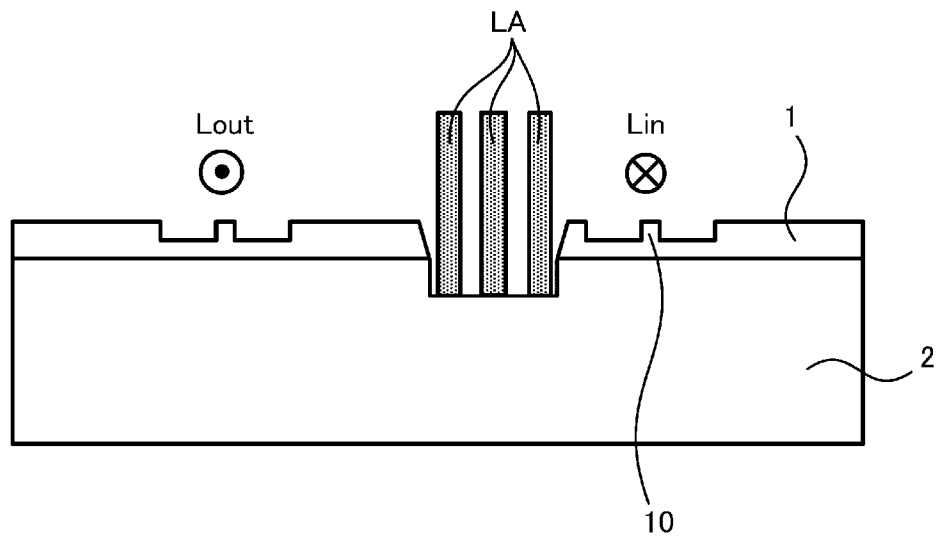
[図5]



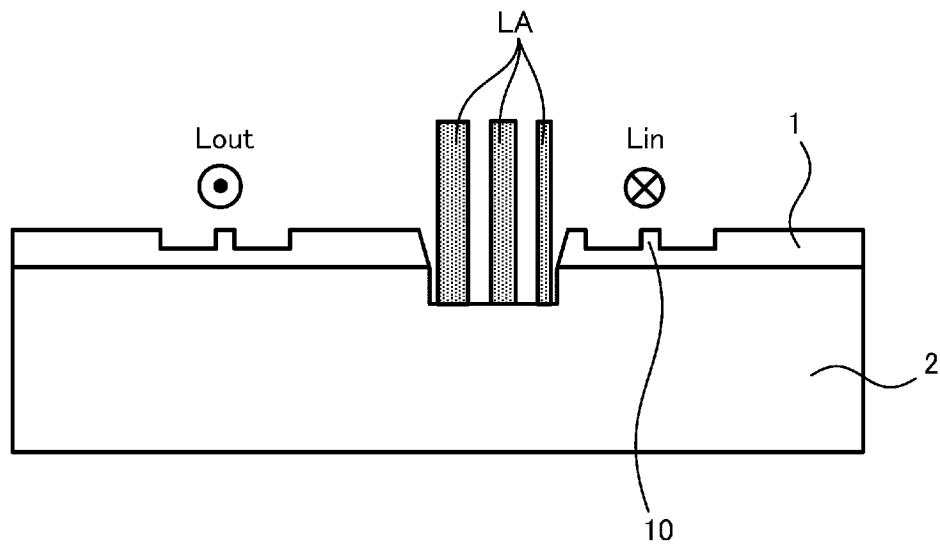
[図6]



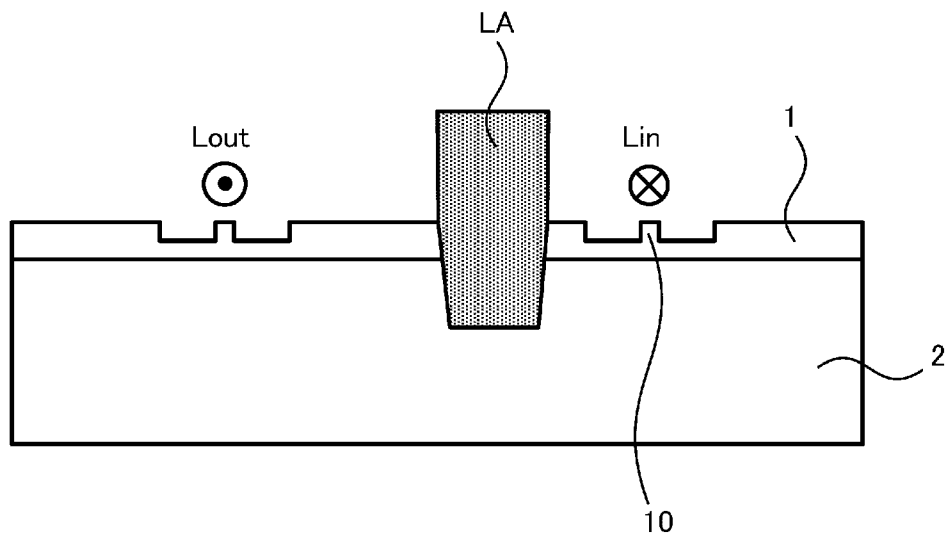
[図7]



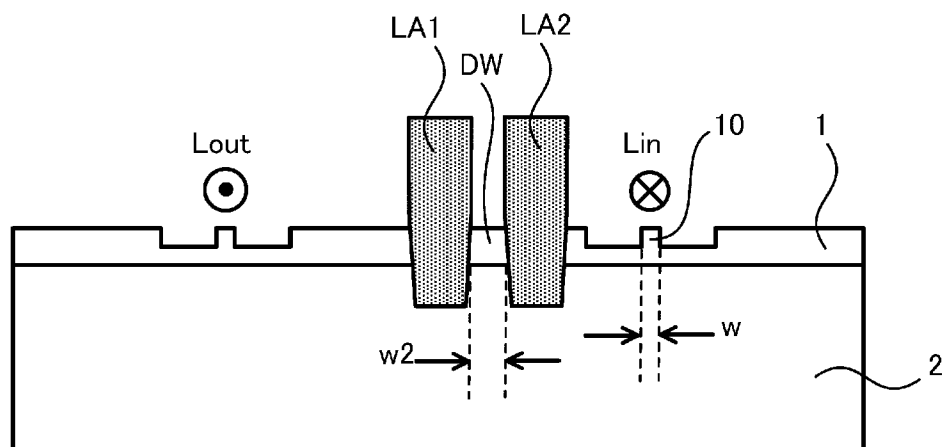
[図8]



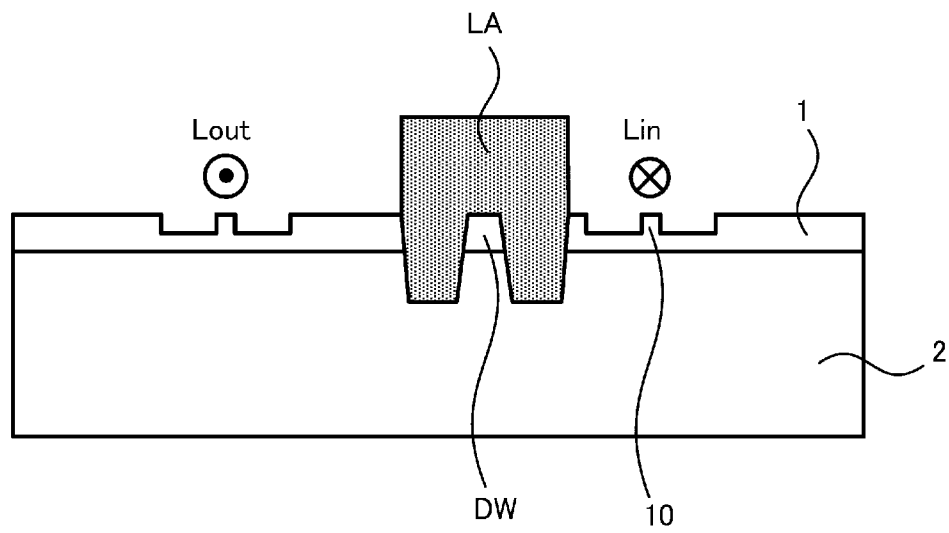
[図9]



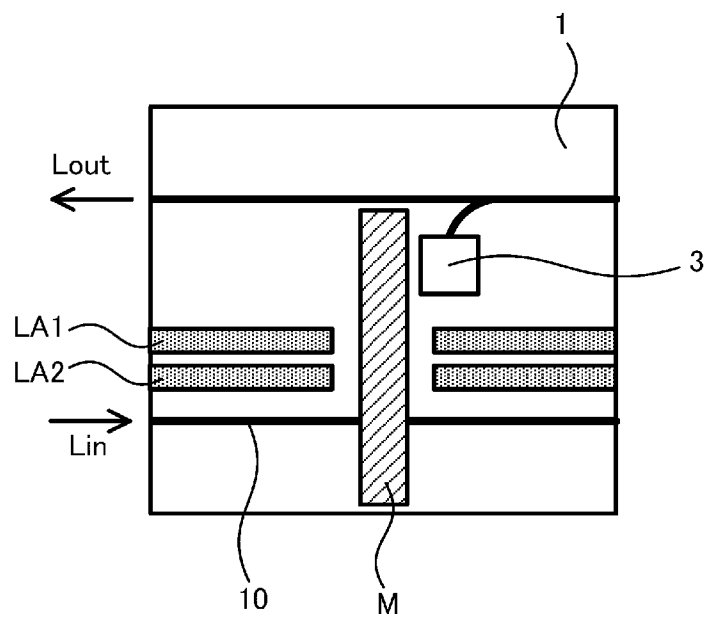
[図10]



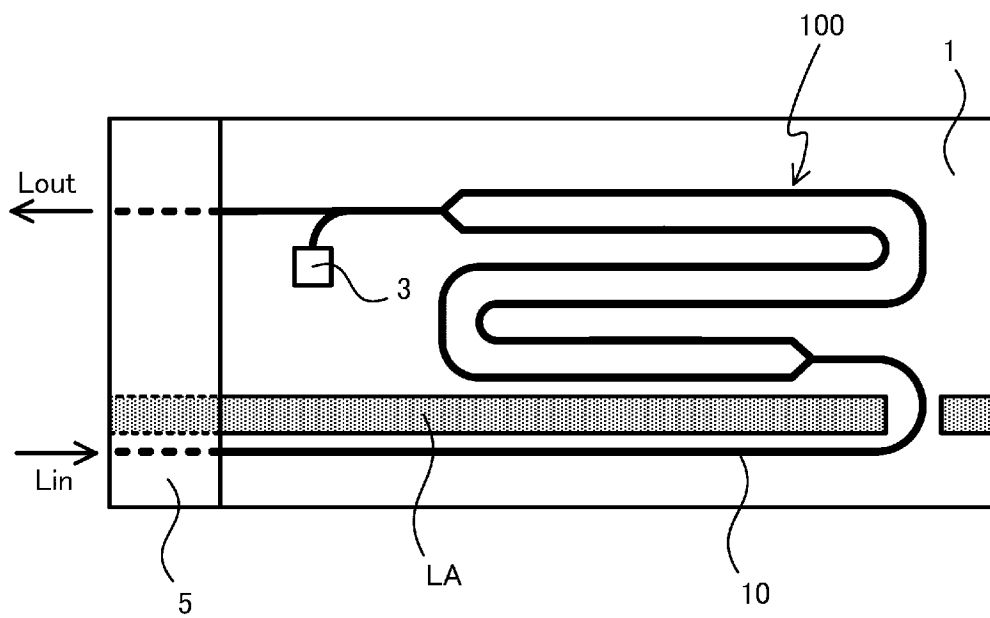
[図11]



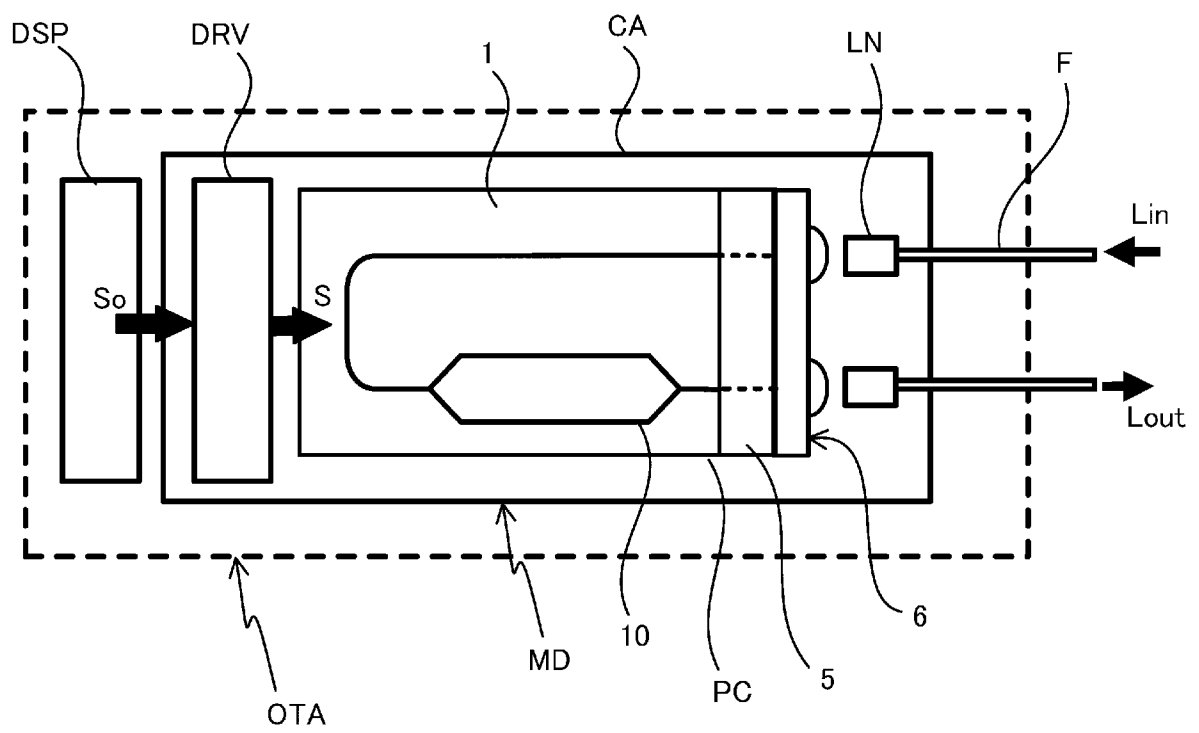
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/012582

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G02B 6/12**(2006.01)i

FI: G02B6/12 351

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)

G02F1/00-1/125; G02F1/21-7/00; 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 1971-2023

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 2023-008095 A (FUJITSU OPTICAL COMPONENTS LIMITED) 19 January 2023 (2023-01-19)	1-4, 7-10
A	paragraphs [0025]-[0039], fig. 1-3	5-6
Y	JP 2006-276518 A (SUMITOMO OSAKA CEMENT CO., LTD.) 12 October 2006 (2006-10-12)	1-4, 7-10
A	paragraphs [0031]-[0035], fig. 2	5-6
Y	JP 2014-048516 A (SUMITOMO OSAKA CEMENT CO., LTD.) 17 March 2014 (2014-03-17)	1-4, 7-10
A	paragraphs [0027], [0029]-[0031], [0035], fig. 1-2, 4	5-6



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

25 May 2023

Date of mailing of the international search report

13 June 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/JP2023/012582

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2006-301612 A (SUMITOMO OSAKA CEMENT CO., LTD.) 02 November 2006 (2006-11-02)	1-4, 7-10
A	paragraphs [0043]-[0048], fig. 4-6	5-6
Y	JP 2004-093905 A (SUMITOMO OSAKA CEMENT CO., LTD.) 25 March 2004 (2004-03-25)	3, 8-10
A	paragraphs [0040]-[0041], fig. 2	5-6
Y	JP 2022-155813 A (SUMITOMO OSAKA CEMENT CO., LTD.) 14 October 2022 (2022-10-14)	8-10
A	paragraphs [0019]-[0021], [0046]-[0047], fig. 12	5-6
A	JP 2008-250019 A (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 16 October 2008 (2008-10-16)	1-10
	paragraph [0054], fig. 1-4	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/012582

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2023-008095	A	19 January 2023	US 2023/0004028 A1 paragraphs [0054]-[0068], fig. 1-3 CN 115586664 A	
JP	2006-276518	A	12 October 2006	US 2007/0053625 A1 paragraphs [0043]-[0050], fig. 2	
JP	2014-048516	A	17 March 2014	US 2015/0261060 A1 paragraphs [0036], [0038]- [0040], [0044], fig. 1-2, 4 CN 104603679 A	
JP	2006-301612	A	02 November 2006	US 2008/0002926 A1 paragraphs [0080]-[0085], fig. 4-6	
JP	2004-093905	A	25 March 2004	US 2006/0110089 A1 paragraphs [0064]-[0070], fig. 2	
JP	2022-155813	A	14 October 2022	WO 2022/210855 A1	
JP	2008-250019	A	16 October 2008	US 2008/0240645 A1 paragraph [0070], fig. 1-4	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 6/12(2006.01)i FI: G02B6/12 351		
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）） G02F1/00-1/125; G02F1/21-7/00; 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 1971-2023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 2023-008095 A（富士通オプティカルコンポーネンツ株式会社）19.01.2023 (2023 - 01 - 19) [0025]-[0039], 図1-3	1-4, 7-10
A		5-6
Y	JP 2006-276518 A（住友大阪セメント株式会社）12.10.2006（2006 - 10 - 12） [0031]-[0035], 図2	1-4, 7-10
A		5-6
Y	JP 2014-048516 A（住友大阪セメント株式会社）17.03.2014（2014 - 03 - 17） [0027], [0029]-[0031], [0035], 図1-2, 4	1-4, 7-10
A		5-6
Y	JP 2006-301612 A（住友大阪セメント株式会社）02.11.2006（2006 - 11 - 02） [0043]-[0048], 図4-6	1-4, 7-10
A		5-6
☒ 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、一般的な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 25.05.2023		国際調査報告の発送日 13.06.2023
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） 奥村 政人 2L 4752 電話番号 03-3581-1101 内線 3295

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 2004-093905 A (住友大阪セメント株式会社) 25.03.2004 (2004 - 03 - 25) [0040]-[0041], 図2	3, 8-10
A		5-6
Y	JP 2022-155813 A (住友大阪セメント株式会社) 14.10.2022 (2022 - 10 - 14) [0019]-[0021], [0046]-[0047], 図12	8-10
A		5-6
A	JP 2008-250019 A (古河電気工業株式会社) 16.10.2008 (2008 - 10 - 16) [0054], 図1-4	1-10

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/JP2023/012582

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2023-008095	A	19.01.2023	US	2023/0004028	A1	
				[0054]-[0068], 図1-3			
				CN	115586664	A	
JP	2006-276518	A	12.10.2006	US	2007/0053625	A1	
				[0043]-[0050], 図2			
JP	2014-048516	A	17.03.2014	US	2015/0261060	A1	
				[0036], [0038]-[0040], [0044], 図1-2, 4			
				CN	104603679	A	
JP	2006-301612	A	02.11.2006	US	2008/0002926	A1	
				[0080]-[0085], 図4-6			
JP	2004-093905	A	25.03.2004	US	2006/0110089	A1	
				[0064]-[0070], 図2			
JP	2022-155813	A	14.10.2022	WO	2022/210855	A1	
JP	2008-250019	A	16.10.2008	US	2008/0240645	A1	
				[0070], 図1-4			