

(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8月15日(15.08.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/166351 A1

(51) 国際特許分類:

G02B 6/12 (2006.01)

G02F 1/035 (2006.01)

G02B 6/125 (2006.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2023/004535

(22) 国際出願日:

2023年2月10日(10.02.2023)

(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: 一明 秀樹(ICHIMEI Hideki); 〒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). 片
岡 優(KATAOKA Yu); 〒1058641 東京都港

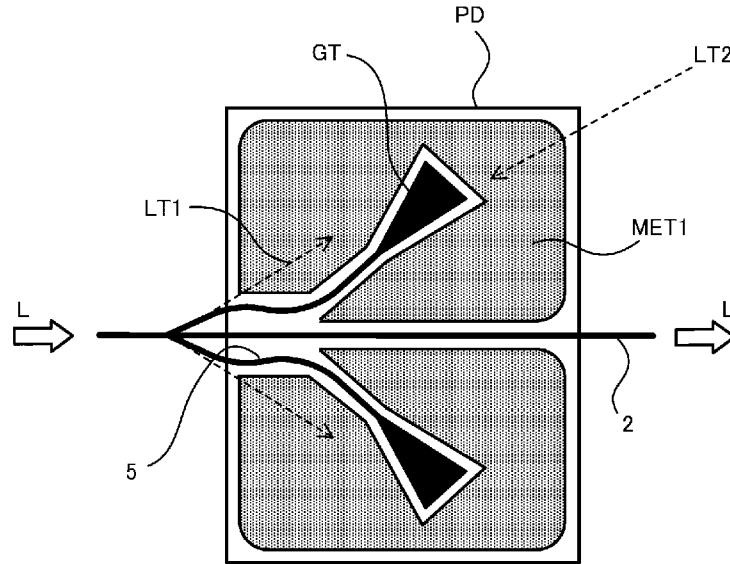
区東新橋一丁目9番2号 住友大阪セメ
ント株式会社内 Tokyo (JP).

(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, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,

(54) Title: OPTICAL WAVEGUIDE ELEMENT, AND OPTICAL MODULATION DEVICE AND OPTICAL TRANSMISSION DEVICE WHICH USE SAME

(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 which reduces the entrance of noise beams into a light-receiving element. An optical waveguide element equipped with a substrate (1) on which an optical waveguide (2) is formed, said optical waveguide element being characterized: in that the optical waveguide (2) has a main waveguide (2) and a branch waveguide (5) which branches off from one section of said main waveguide (2); and by being further equipped with a diffraction grating (GT) positioned at an end section of the branch waveguide (5), a light-receiving element (PD) which receives a light wave diffracted by the diffraction grating and is positioned on the substrate, and a metal film (MET1) positioned on the substrate so as to surround said diffraction grating.

[続葉有]



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

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

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 本発明の目的は、受光素子に入るノイズ光を低減した光導波路素子を提供することである。光導波路(2)を形成した基板(1)を備えた光導波路素子において、該光導波路(2)が、主導波路(2)と該主導波路の一部から分岐する分岐導波路(5)とを有し、該分岐導波路(5)の端部に配置された回折格子(GT)と、該基板上に配置され、該回折格子で回折される光波を受光するための受光素子(PD)と、該回折格子を取り囲むように、該基板上に配置される金属膜(MET1)とを備えることを特徴とする。

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基板を備えた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 (H i g h B a n d w i d t h C o h e r e n t D r i v e r M o d u l a t o r) のように、近年の光変調デバイスにおいては、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。ドライバ回路を光導波路素子の一端側に配置し、高周波信号を光導波路素子に入力する場合、光導波路素子の他端側には、光波を入力する入力部と光波を出力する出力部と一緒に配置することが提案されている。

[0004] 特許文献 1 では、小型化された光導波路素子においても、光導波路の伝搬損失や結合損失などの光損失が発生している箇所を容易に特定する方法が提案されている。具体的には、図 1 に示すように、折り返し光導波路 2 を形成した基板 1 を備えた光導波路素子において、該光導波路 2 の一部に形成されたグレーティング 6、または該光導波路の一部に合流または、分岐するモニタ用光導波路に接続されたグレーティング 6 を備え、該グレーティングを介して、該光導波路に光波を光源 L D から入力するか、または該光導波路を伝搬する光波の少なくとも一部を出力し受光素子（P D 1，P D 2）で受光することを特徴とする。

光導波路素子を小型化するため、折り返し光導波路 2 のモードフィールド

径（MFD）が $1\text{ }\mu\text{m}$ 程度と小さいため、光導波路2の端部にはスポットサイズ変換部SSCを設け、MFDを $3\text{ }\mu\text{m}$ 以上に広げることが行われている。

[0005] また、特許文献1では、図2に示すように、受光素子PD1（PD2）で受光できなかったグレーティング6からの高次の回折光やそれらの多重反射光を吸収するため、受光素子の後側に金属などの光吸収部材AB1を配置することが提案されている。また、図3に示すように、光導波路2から分岐した分岐導波路5の先端にグレーティング6を配置し、グレーティング6から漏出したノイズ光を吸収するためグレーティング6の下流側に光吸収部材AB2を配置する構成も開示されている。

[0006] 光変調デバイスを製造する際に、例えば、図4に示すように、折り返し光導波路2を形成した基板1を備えた光導波路素子へ、光ファイバやレンズLENなどの光学部材OBを取り付けることが行われる。光学素子OBの取り付け精度を高めるため、特定のレンズLENから検査光LOを入射し、光導波路素子チップ上に設けられたモニタPDの受光感度が最大となるように光学素子OBを調整する。

[0007] 図2又は図3に示すような位置に光吸収部材（AB1，AB2）を配した場合では、モニタPDを通過した後のノイズ光の除去には適している。しかしながら、図4のように、折り返し光導波路を備えた光導波路素子の構造では、モニタPDの位置が光導波路2の入力導波路端に近いと、入力光の漏れ光（図5の符号LT2参照）がモニタ（PD1，PD2）に入射し易い。また、図5に受光素子PDの近傍の様子を拡大して示すが、信号光などのメイン光が伝搬する主導波路2から分岐する分岐導波路5の分岐点で発生した漏れ光LT1が回折格子（グレーティング）GTに入射することもある。このため、モニタPDの受光感度が最大になる光学部材OBの位置が、必ずしも光学素子の最適位置とはならないことがあった。

[0008] 図6は回折格子GTを拡大した平面図であり、分岐導波路5の端部に扇状に凹凸が規則的に配置されている。矢印A方向に進む光波は、回折格子GT

の真上方向（図面に垂直な方向）に跳ね上げる設計となっており、受光素子 P D の光受光面との最適化を行っている。

一般的に、回折格子の矢印 A から扇状に広がっている角度 α は、 7° 程度の角度に設定される。

[0009] 回折格子の構造上の特性から、矢印 A 方向と同じ方向に進む迷光 I L 1 や、逆方向に進む迷光 I L 4 は、回折格子 G T に入射すると回折格子の真上に跳ね上げられ、受光素子 P D に入射しノイズとなる。また、回折格子の跳ね上げ効果は、迷光（I L 1 と I L 4）が最も強く、その次に迷光 I L 2 が強く、矢印 A とほぼ直角な位置関係で入射する迷光 I L 3 が最も低くなる。

このため、図 5 の主導波路 2 と分岐導波路 5 との分岐部からの漏れ光 L T 1 や、光導波路 2 への入力光の漏れ光 L T 2 は、回折格子 G T で跳ね上げられ、受光素子のノイズとなり易い。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：特開 2 0 2 2 - 1 5 5 8 1 3 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] 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、受光素子に入るノイズ光を低減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

[0012] 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基板を備えた光導波路素子において、該光導波路が、主導波路と該主導波路の一部から分岐する分岐導波路とを有し、該分岐導波路の端部に配置された回折格子と、該基板上に配置され、該回折格子

で回折される光波を受光するための受光素子と、該回折格子を取り囲むように、該基板上に配置される金属膜とを備えることを特徴とする。

[0013] (2) 上記(1)に記載の光導波路素子において、該金属膜は、該基板に形成された電極の一部で構成することを特徴とする。

[0014] (3) 上記(1)に記載の光導波路素子において、該金属膜は、該分岐導波路が該主導波路から分岐した分岐点と該回折格子とを結ぶ直線上に少なくとも配置されていることを特徴とする。

[0015] (4) 上記(1)に記載の光導波路素子において、該分岐導波路が該主導波路から分岐した分岐点における該主導波路の延在方向と、該分岐導波路が形成する曲線の該端部における接線方向とが形成する角度は40度以上であることを特徴とする。

[0016] (5) 上記(1)に記載の光導波路素子において、該金属膜は、該基板を平面視した場合に、該受光素子の縁の一部に沿って該金属膜が配置されていない部分を有するパターンを備え、該パターンが該受光素子の位置決め手段を兼ねていることを特徴とする。

[0017] (6) 上記(1)に記載の光導波路素子において、該金属膜は、該基板を平面視した場合に、該受光素子の内側に配置される部分を少なくとも有する第1の金属膜と、該受光素子の外側に配置される部分のみから構成され、かつ前記第1の金属膜を取り囲む部分を備えた第2の金属膜を有し、前記第2の金属膜は、前記第1の金属膜より厚みが大きくなるように設定されていることを特徴とする。

[0018] (7) 上記(6)に記載の光導波路素子において、該基板に形成された電極が多段状であり、前記第1及び第2の金属膜は、該電極を構成するいずれかの段の金属膜で形成されていることを特徴とする。

[0019] (8) 上記(1)に記載の光導波路素子において、該基板を平面視した場合に該受光素子の内側に配置される該金属膜の厚みは、2 μ m以下であることを特徴とする。

[0020] (9) 上記(1)乃至(8)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。

[0021] (10) 上記(9)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。

[0022] (11) 上記(10)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

[0023] 本発明により、光導波路を形成した基板を備えた光導波路素子において、該光導波路が、主導波路と該主導波路の一部から分岐する分岐導波路とを有し、該分岐導波路の端部に配置された回折格子と、該基板上に配置され、該回折格子で回折される光波を受光するための受光素子と、該回折格子を取り囲むように、該基板上に配置される金属膜とを備えるため、例えば、主導波路と分岐導波路との分岐部から放出される漏れ光などの迷光が、該金属膜で吸収され回折格子に到達することが抑制される。その結果、受光素子に入るノイズ光を低減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も可能となる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]特許文献1に記載の光導波路素子の一例を示す平面図である。

[図2]特許文献1に記載の光導波路素子において、光導波路とグレーティングについて説明する側面図である。

[図3]特許文献1に記載の光導波路素子において、グレーティングの後段に光吸収部材(電極等)を配置する様子を説明する平面図である。

[図4]光導波路2に対して光学部材OBの位置調整を説明する平面図である。

[図5]分岐導波路に設けた回折格子に漏れ光が入射する様子を説明する図である。

[図6]本発明の光導波路素子に用いられる回折格子の一例を説明する図である。

[図7]本発明の光導波路素子に係る第1の実施例を説明する図である。

[図8]本発明の光導波路素子に係る第2の実施例を説明する図である。

[図9]図8の一点鎖線C-C'における断面図である。

[図10]図7における回折格子の配置角度を説明する図である。

[図11]図10の応用例を示す図である。

[図12]図8の実施例において、第1の金属膜MET1にスリットを設けた例を説明する図である。

[図13]図8の実施例において、第1の金属膜MET1を用いて受光素子PDの位置決めを行う例を説明する図である。

[図14]図13で示した受光素子PDの位置決めに関し、他の例を説明する図である。

[図15]2つの分岐導波路の一方のみ回折格子を配置した例を説明する図である。

[図16]マルチモード干渉導波路(MMI)20を分岐した光波の一部を受光素子PDに案内する様子を示す図である。

[図17]基板1(チップ)の対向する辺に、光波の入力部と出力部とを形成した光導波路素子を説明する図である。

[図18]基板1(チップ)の隣接する辺に、光波の入力部と出力部とを形成した光導波路素子を説明する図である。

[図19]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

[0025] 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7及び8に示すように、光導波路2を形成した基板1を備えた光導波路素子において、該光導波路2が、主導波路2と該主導波路の一部から分岐する分岐導波路5とを有し、該分岐導波路2の端部に配置された回折格子GTと、該基板上に配置され、該回折格子で回折される光波を受光す

るための受光素子PDと、該回折格子を取り囲むように、該基板上に配置される金属膜MET1とを備えることを特徴とする。

[0026] 基板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やこれらの材料を異種の基板に接合した複合基板などが利用可能である。

また、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。

[0027] 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を利用することが可能であり、基板の薄膜化により厚さ方向にスロット導波路構造を形成する水平スロット導波路を使用することにより、曲げ損失の低減が可能となる。

また、Tiなどを熱拡散法やプロトン交換法などで基板表面に高屈折率部分を形成することで光導波路を形成することも可能である。リブ型光導波路部分に高屈折率材料を拡散するなど、複合的な光導波路を形成することも可能である。特に、折り曲げた光導波路を使用する場合には、光閉じ込めの強い、幅又は高さが1 μ m程度の凸状導波路を用いる。

[0028] 光導波路を形成した基板は、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 μ m以下、より好ましくは5 μ m以下、更に好ましくは1 μ m未満の厚さ(厚さの下限は0.3 μ 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。リブ型光導波路の高さは、1 μ m以下に設定することが好ましい。また、保持基板の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。

[0029] 光導波路を形成した基板(薄板、薄膜)は、機械的強度を高めるため、直接接合又は樹脂等の接着層を介して、保持基板に接着固定される。直接接合する保持基板としては、光導波路や光導波路を形成した基板よりも屈折率が

低く、光導波路などと熱膨張率が近い材料、例えば石英等が好適に利用される。また、低屈折率の中間層を介して保持基板に接合する際には、光導波路を形成した基板と同じ材料、例えばL N基板などを補強基板として利用することや、シリコンなどの高屈折率の基板を保持基板として利用することも可能である。本発明における「基板」は、この保持基板も含む概念でもある。

[0030] 本発明の光導波路素子の特徴は、分岐導波路の端部に配置した回折格子を取り囲むように金属膜を配置することである。

図7は、本発明の光導波路素子に係る第1の実施例を説明する平面図である。本来であれば、受光素子PDの下部は見えない構造であるが、受光素子PDを透明化し、金属膜MET1と回折格子GTが見えるように図示している。また、符号Lは着目している領域の光導波路2に入射する光波であり、符号L'は該光導波路2から出射する光波を示す。

[0031] 回折格子GTには、主導波路2と分岐導波路5とが分岐した分岐点からの漏れ光LT1や、光導波路素子に形成された光導波路2の入力部からの漏れ光LT2などが入射する可能性がある。特に、漏れ光LT1は、回折格子GTの近傍で発生するため、回折格子を取り囲むように金属膜MET1を配置することで、確実に漏れ光LT1の回折格子への入射を抑制することが可能となる。特に、図7に示すように、金属膜MET1は、分岐導波路5が主導波路2から分岐した分岐点と回折格子GTとを結ぶ直線上に少なくとも配置することで、分岐点からの漏れ光LT1の回折格子GTへの到達を抑制している。

[0032] また、光導波路素子の入力部からの漏れ光LT2などについても、金属層MET1により回折格子GTへの到達を抑制することが可能である。

さらに、漏れ光LT2のように、分岐点以外の場所から発生する漏れ光（迷光）で、回折格子GTに漏れ光を効果的に抑制するため、図8に示すように、第1の金属膜MET1を取り囲むように第2の金属膜を配置することも可能である。

[0033] 第1の金属膜MET1は、基板1を平面視した場合に、受光素子PDの内

側に配置される部分を少なくとも有する金属膜である。後述するように受光素子PDの外側にはみ出した部分を備えていても良い。

また、第2の金属膜MET2は、受光素子PDの外側に配置される部分のみから構成され、かつ前記第1の金属膜MET1を取り囲む部分を備えた金属膜である。

[0034] 図8の一点鎖線C-C'における断面図の概略を図9に示す。

図9では、光導波路2を形成した基板1は、保持基板3の上面に形成されている。中央の主導波路2を挟むように分岐導波路5が形成され、光導波路2と分岐導波路5の周囲には、基板1よりも屈折率の低い誘電体であれば有機／無機を問わないが、有機誘電体であれば、レジストのような樹脂で、ヤング率が小さく、パターニングしやすいものが望ましく、例えば、ポリアミド系樹脂、メラミン系樹脂、フェノール系樹脂、アミノ系樹脂、エポキシ系樹脂などの材料を設ける。また、無機誘電体であれば、 SiO_2 、 SiN 、 Al_2O_3 、 MgF 、 La_2O_3 、 ZnO 、 MgO 、 CaF_2 、 Y_2O_3 などを設ける。

このバッファ層BFを設けることにより、光導波路2と分岐導波路5の光の散乱損失を低減させることができ、その効果により光ロス特性が向上する。

[0035] 分岐導波路5を挟むように第1の金属膜MET1が配置され、さらに光導波路2を覆うようにレジストREが配置されている。なお、バッファ層を除去し、光導波路に接するようにレジストを配置することも可能である。受光素子PDを実装する際に、レジストREが形成されることで、レジストREの上面を利用し、設置精度（水平）を高める効果が期待される。受光素子PDは、接着剤ADで固定される。

[0036] 分岐導波路5の端部に配置された回折格子GT（図9では不図示）から上方に向かう光波は、基板1の上側に配置された受光素子PDに入射する。受光素子PDには、光電変換機能を有する受光面PSが、2つの回折格子に対応して2カ所に設けられている。2つの受光面PSは別々にモニタ信号を出

力するよう構成しても良いが、必要に応じて2つの受光面を1つの受光面で一体的に形成し、2つの回折格子から得られる2つの光波を合成してモニタ信号として出力することも可能である。

[0037] 第1の金属膜MET1と第2の金属膜MET2は、Auなどの光波を吸収できる材料であれば、特に限定されないが、光導波路素子の基板上に配置される変調電極やDCバイアス電極などの制御電極と同じ材料を使用する場合には、制御電極を形成する製造プロセスを利用して金属膜(MET1, MET2)を形成することが可能である。

また、制御電極を複数の電極層を積み上げ多段状(階段状などのように、各段毎に突出している端部の位置が異なる状態)に形成する場合は、第1の金属膜と第2の金属膜を異なる段(電極層)の組合せで構成することも可能である。

[0038] 第1の金属膜MET1の厚みは、 $2\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $1\mu\text{m}$ 以下、さらに好ましくは $0.7\mu\text{m}$ 未満の厚さである。また、厚さの下限は $0.3\mu\text{m}$ 以上が好ましい。第1の金属膜MET1は受光素子PDの下側に位置する部分を有するため、厚みが薄い方が永久レジストなどを用いて金属膜MET1上に永久レジストを配置でき、受光素子と光導波路とを精度よく平行に実装することが可能となる。なお、金属膜の厚みが薄すぎると、光吸収性能が低下するため、上述した厚みを確保することが好ましい。

[0039] また、図8及び図9に示すように、第1の金属膜MET1は、主導波路2や分岐導波路5と近接して配置されるため、光導波路と金属膜との距離を精確にコントロールすることが必要である。このため、電子ビーム(EB)描画装置を用いてEBレジストのパターニングを行っている。ただし、EBレジストでは、 $2\mu\text{m}$ 以上の厚みに対してパターン形成を行うことは膨大な時間を要し現実的ではない。EBレジストは、光導波路に近接して配置される制御電極(変調電極やDCバイアス電極)の1段目又は特定の段の電極層の形成にも使用される。このため、制御電極でEBレジストを使用する段の電極層の形成に合わせて、第1の金属層を形成することが好ましい。

[0040] 第2の金属膜MET2の厚みは、図9に示すように、第1の金属膜MET1の厚みより厚く構成することが好ましい。特に、受光素子PDの下面の位置よりも高い位置に第2の金属膜MET2の上面が位置することが好ましい。これは、第2の金属膜の外側から漏れ光（迷光）が第2の金属膜MET2の領域内に入射する際に、基板1の内部を伝搬する光波だけでなく、基板1上の空間を伝搬する光波も効率良く遮断できるためである。また、第2の金属膜MET2の厚みは、電気帯域や高周波特性を向上させるために、厚く設けることが好ましい。

[0041] 第2の金属膜MET2を厚く形成する場合には、制御電極の場合と同様に、紫外線露光機を用いてフォトリソストにパターン形成を行い、例えば8～30 μm 程度の厚みを持たせることも可能である。当然、制御電極の特定の電極層を生成する際に、第2の金属層を形成することが可能である。

[0042] 図10及び図11は、分岐導波路5の端部50に配置される回折格子GTの角度 θ について説明している。図6を用いて説明したように、回折格子GTに入射する迷光（IL1～IL4）の入射方向によって、受光素子PDに入り込む漏れ光の量が異なる。

このため、分岐導波路5が主導波路2から分岐した分岐点における主導波路2の延在方向（図10の左右方向）と、該分岐導波路5が形成する曲線の端部で回折格子が取り付けられている位置での接線方向Dとが形成する角度 θ は、例えば40度以上に設定する。角度 θ が40度以上になると、分岐導波路5の分岐点から放射される漏れ光LT1と回折格子GTの接線方向Dとが交わる角度が、0度から90度へと変化する。このため、図6の回折格子GTに入射する迷光（IL2又はIL3）のように、回折格子から受光素子PDへ導入される迷光の量が減少することとなる。

[0043] 図10の状態よりも図11のように、例えば角度 θ が90度となることで、より漏れ光LT1が受光素子PD方向に跳ね上げられる量は少なくなる。例えば、漏れ光LT1が放射される角度 β を参考に、角度 $\theta = 90\text{度} + \beta$ の関係式を満足する角度 θ 程度に設定することが、最も好ましい。これは、図

6のI L 3方向と同じになる。

特に、分岐導波路の分岐点から回折格子G Tまでは、直線距離で約350 μ mと近いので、回折格子G Tの角度 θ は、極めて重要となる。

[0044] 図12は、第1の金属膜の一部に、多くのスリット（切込み）S L 1～S L 3を形成したものである。特に、EBレジストを使用する場合は、金属膜の面積は小さい程、レジストを形成する面積が減少し、生産性は高くなる。

[0045] 図7のように受光素子P Dの輪郭と第1の金属膜M E T 1との形成領域がほぼ同じ場合には、第1の金属膜を受光素子の位置合わせに使用することが可能となる。また、図13及び図14のように、受光素子P Dの角部に対応して、金属膜が配置されていない部分を有するパターンを形成することも可能である。図13では金属膜のマークを形成し、図14ではスリットS L 4等の金属膜の無い部分を形成し、受光素子の角部の位置を示している。なお図13及び図14に示す符号R Tは、光導波路2の近傍を伝搬する不要光を除去する金属膜である。

[0046] 図15及び図16は、本発明の光導波路素子の応用例である。図15では、2つの分岐導波路の一方のみに回折格子G Tを設けたものである。当然、回折格子を取り囲むように第1の金属膜M E T 1 1が設けられている。他方の分岐導波路を覆うように金属膜M E T 1 0が形成され、当該導波路を伝搬する光波が吸収される。受光素子P Dには、少なくとも回折格子G Tに対応する受光面があれば良く、部品の種類を削減するために2つの受光面を有する受光素子を使用しても良い。

[0047] 図16では、分岐導波路5のマルチモード干渉導波路（M M I）20を用いて形成したものである。このような場合でも、分岐導波路5の端部に回折格子G Tを取り付けることも可能である。また、回折格子G Tを取り囲む第1の金属膜M E T 1が配置される。当然、受光素子の受光面が複数ある場合は、使用しない受光面の下側には、金属膜を形成することが好ましい。さらに、受光素子P Dを取り囲むように第2の金属膜（M E T 2 0，M E T 2 1）も形成しても良い。

[0048] 図4に示すように折り返し光導波路を用いる場合に限らず、図17のように、基板1（チップ）の対向する辺に、光波の入力部（L i n）と出力部（L o u t）とを形成した光導波路素子や、図18のように、基板1（チップ）の隣接する辺に、光波の入力部と出力部とを形成した場合でも、本発明の光導波路素子の構成は効果的である。具体的には、図17や図18の光導波路素子では、入力部は受光素子PDから離れて配置されているが、複数のマッハツェンダー型光導波路が使用されている状態では、各マッハツェンダー型光導波路の分岐部や合波部より多くの漏れ光（迷光）が発生している。また、光学部品OBを位置決めする際には、変調電極RF1やDCバイアス電極（DC1，DC2）に所定の電圧を印加した状態で、例えば、受光素子PDの受光量を最適化した状態で光学部品OBの位置決めを行うため、漏れ光が回折格子に入射することを抑制することは極めて重要である。

[0049] 図19に示すように、本発明の光導波路素子（基板1）を金属等の筐体CA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MDを提供することができる。当然、基板1の光導波路の入射部又は出射部に光ファイバを直接接続するだけでなく、空間光学系を介して光学的に接続することも可能である。なお、符号10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。

[0050] 光変調デバイスMD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DSP）を、光変調デバイスMDに接続することにより、光送信装置OTA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DRVが使用される。ドライバ回路DRVやデジタル信号プロセッサDSPは、筐体CAの外部に配置することも可能であるが、筐体CA内に配置することも可能である。特に、ドライバ回路DRV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

[0051] 以上のように、本発明によれば、受光素子に入るノイズ光を低減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可能となる。

符号の説明

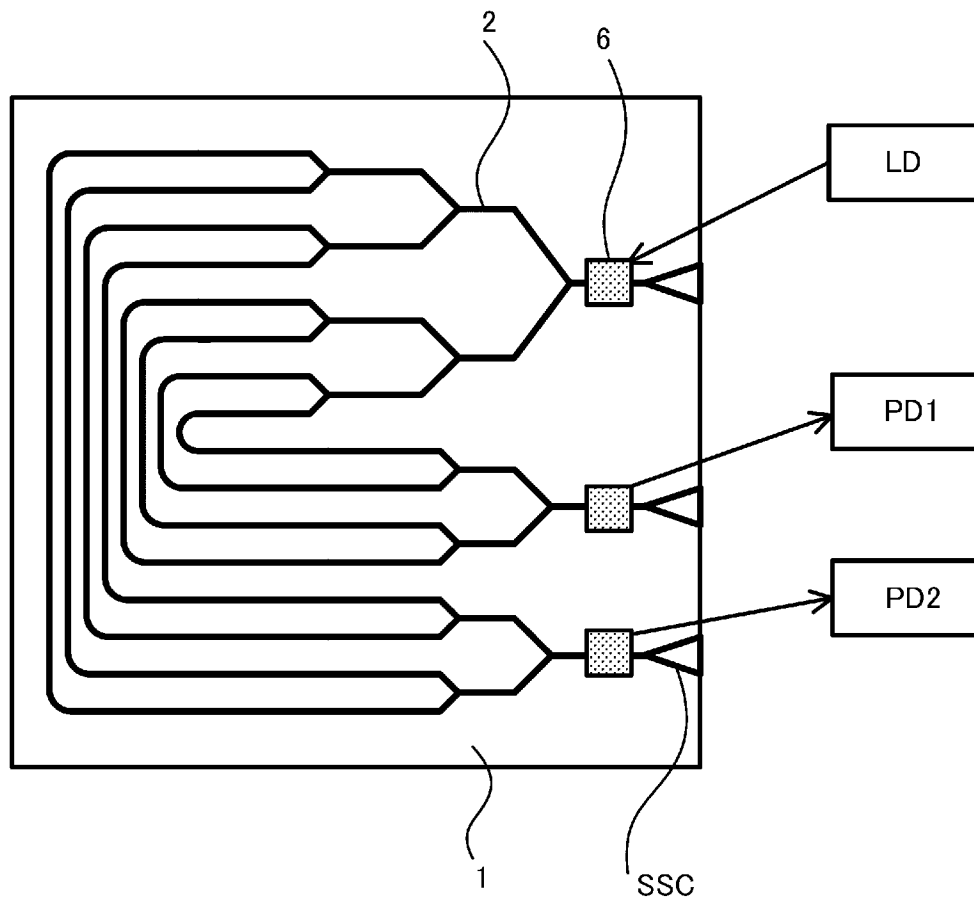
[0052] 1 基板
2 光導波路
5 分岐導波路（モニタ用光導波路）
G T 回折格子
M E T 1 第1の金属膜
M E T 2 第2の金属膜
L T 1, L T 2 漏れ光

請求の範囲

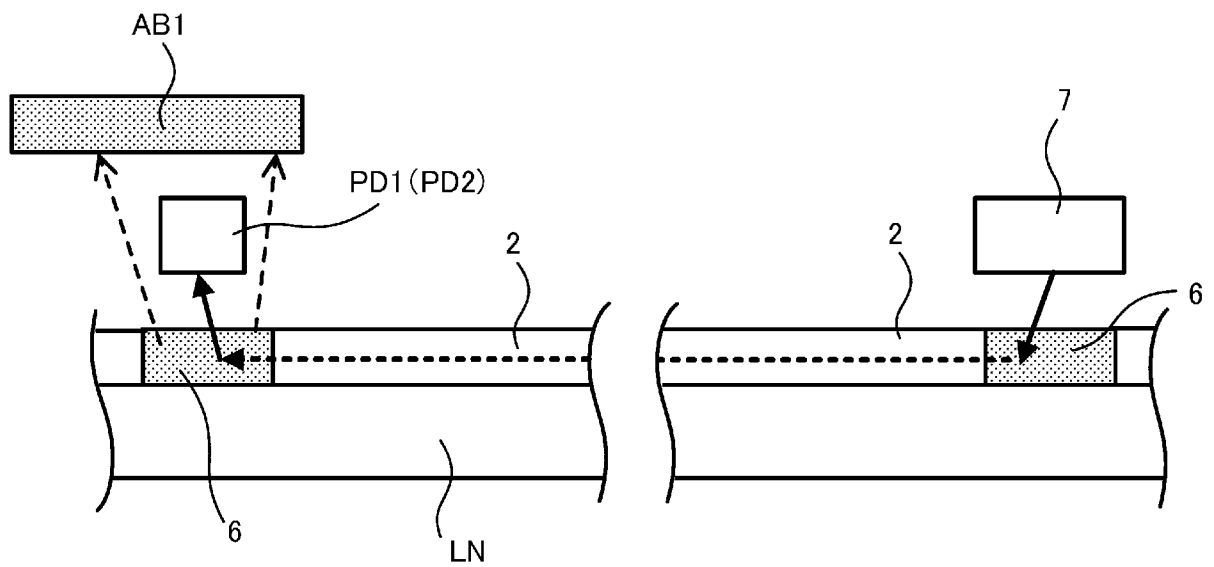
- [請求項1] 光導波路を形成した基板を備えた光導波路素子において、
該光導波路が、主導波路と該主導波路の一部から分岐する分岐導波路とを有し、
該分岐導波路の端部に配置された回折格子と、
該基板上に配置され、該回折格子で回折される光波を受光するための受光素子と、
該回折格子を取り囲むように、該基板上に配置される金属膜とを備えることを特徴とする光導波路素子。
- [請求項2] 請求項1に記載の光導波路素子において、該金属膜は、該基板に形成された電極の一部で構成することを特徴とする光導波路素子。
- [請求項3] 請求項1に記載の光導波路素子において、該金属膜は、該分岐導波路が該主導波路から分岐した分岐点と該回折格子とを結ぶ直線上に少なくとも配置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、該分岐導波路が該主導波路から分岐した分岐点における該主導波路の延在方向と、該分岐導波路が形成する曲線の該端部における接線方向とが形成する角度は40度以上であることを特徴とする光導波路素子。
- [請求項5] 請求項1に記載の光導波路素子において、該金属膜は、該基板を平面視した場合に、該受光素子の縁の一部に沿って該金属膜が配置されていない部分を有するパターンを備え、該パターンが該受光素子の位置決め手段を兼ねていることを特徴とする光導波路素子。
- [請求項6] 請求項1に記載の光導波路素子において、該金属膜は、該基板を平面視した場合に、該受光素子の内側に配置される部分を少なくとも有する第1の金属膜と、該受光素子の外側に配置される部分のみから構成され、かつ前記第1の金属膜を取り囲む部分を備えた第2の金属膜を有し、前記第2の金属膜は、前記第1の金属膜より厚みが大きくなるように設定されていることを特徴とする光導波路素子。

- [請求項7] 請求項6に記載の光導波路素子において、該基板に形成された電極が多段状であり、前記第1及び第2の金属膜は、該電極を構成するいずれかの段の金属膜で形成されていることを特徴とする光導波路素子。
- [請求項8] 請求項1に記載の光導波路素子において、該基板を平面視した場合に該受光素子の内側に配置される該金属膜の厚みは、 $2\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする光導波路素子。
- [請求項9] 請求項1乃至8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10] 請求項9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11] 請求項10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。

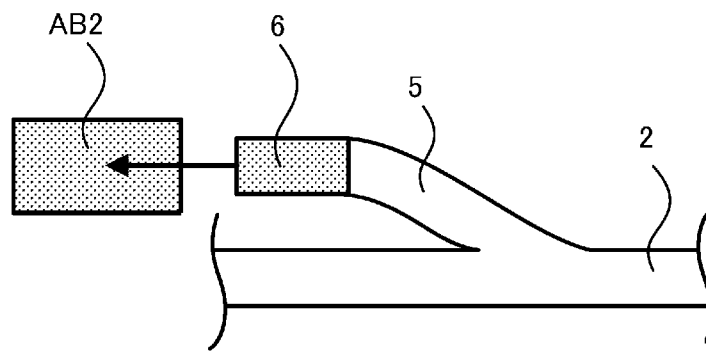
[図1]



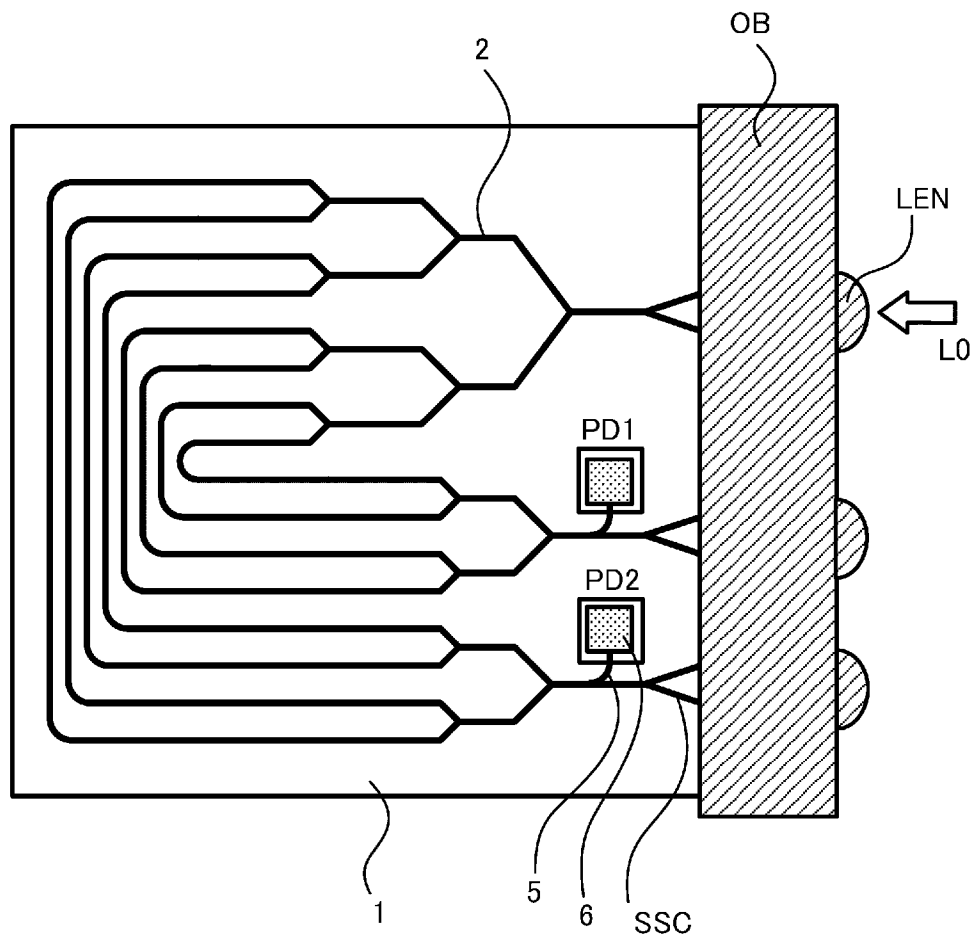
[図2]



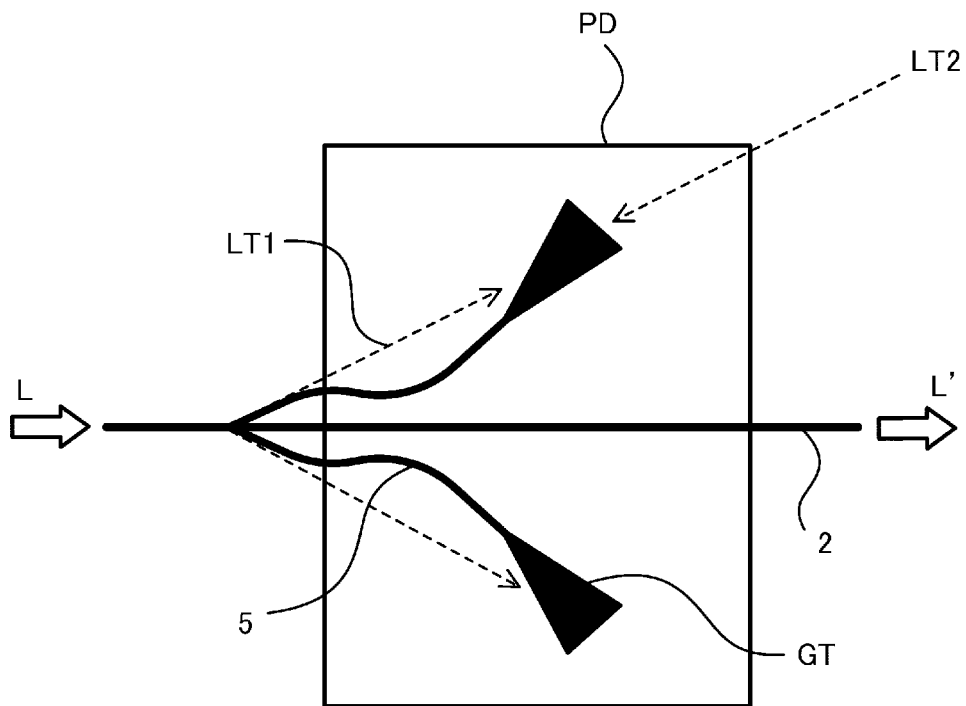
[図3]



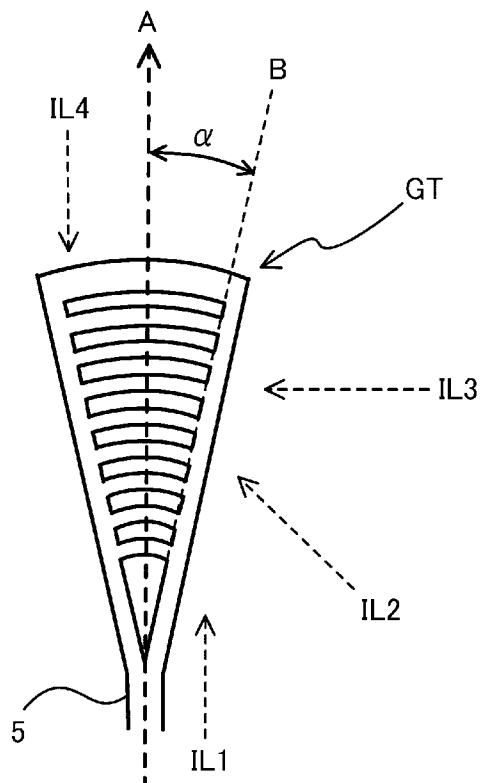
[図4]



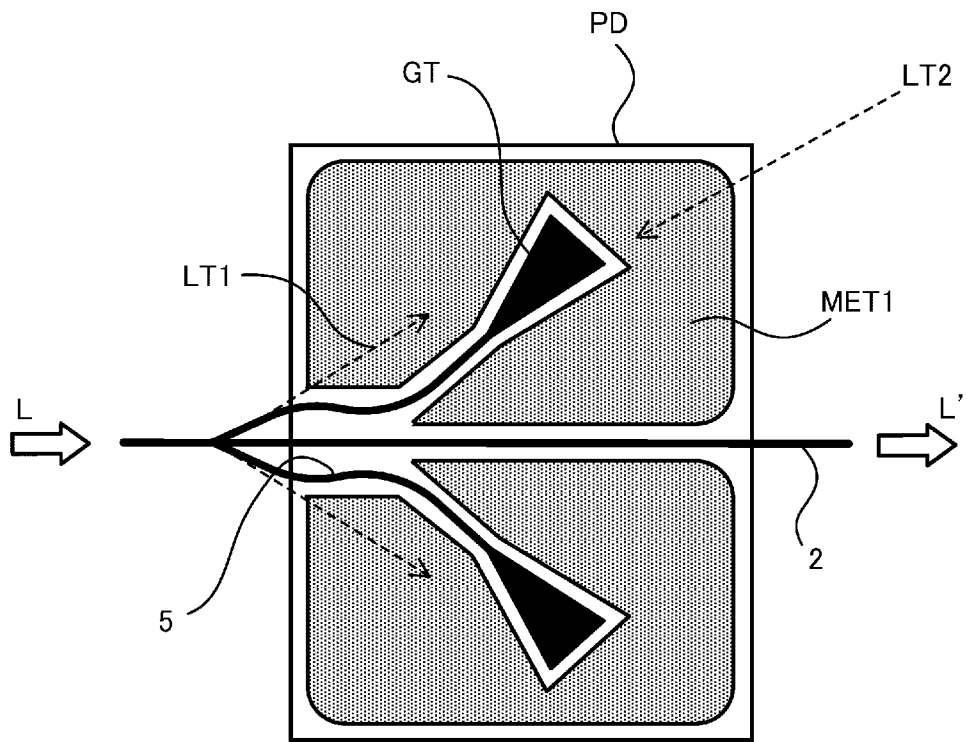
[図5]



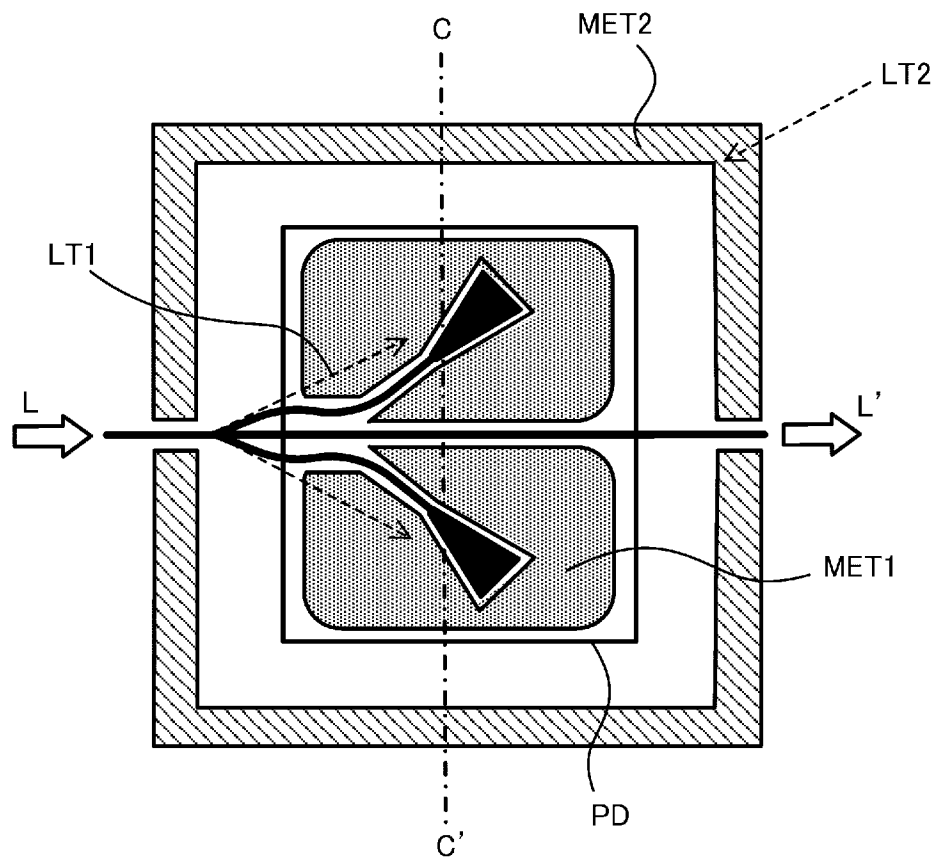
[図6]



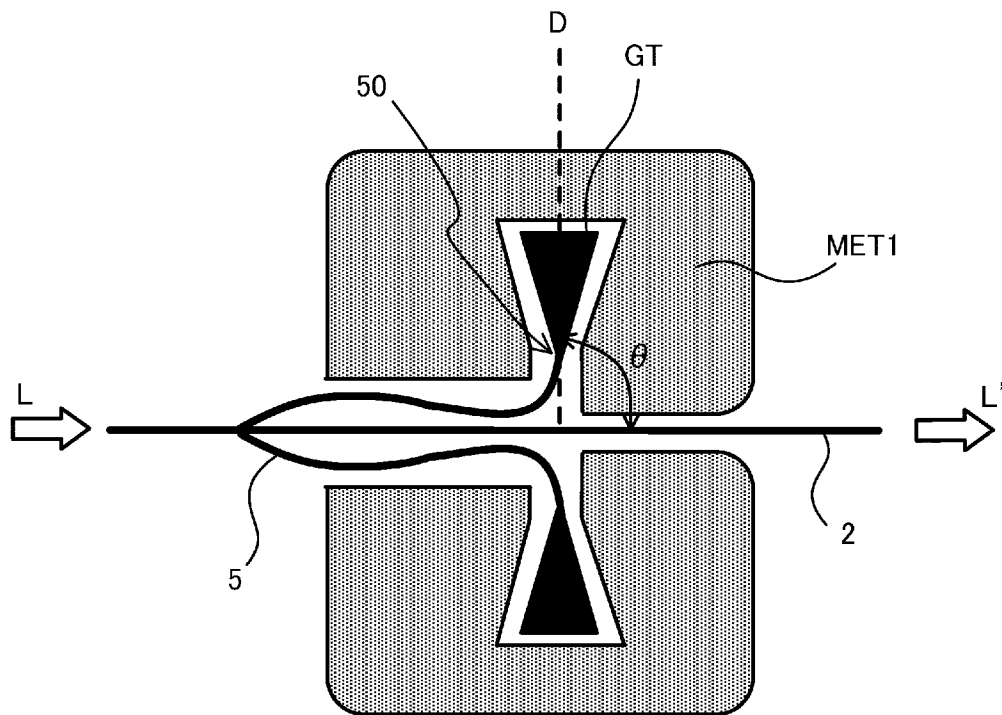
[図7]



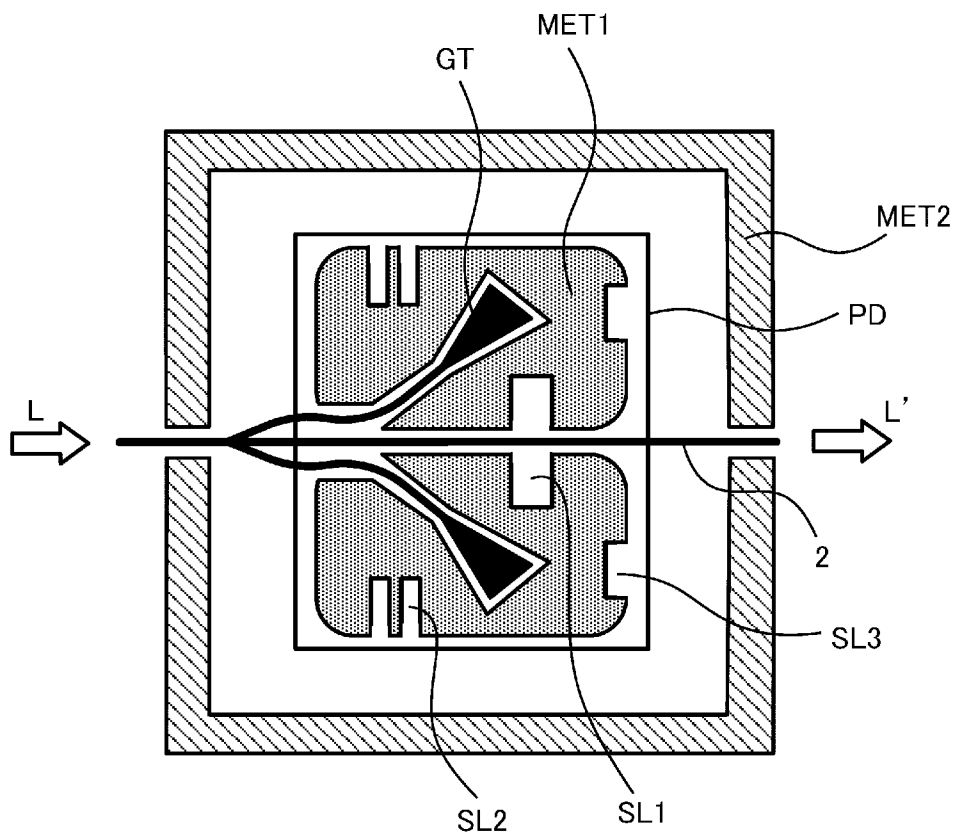
[図8]



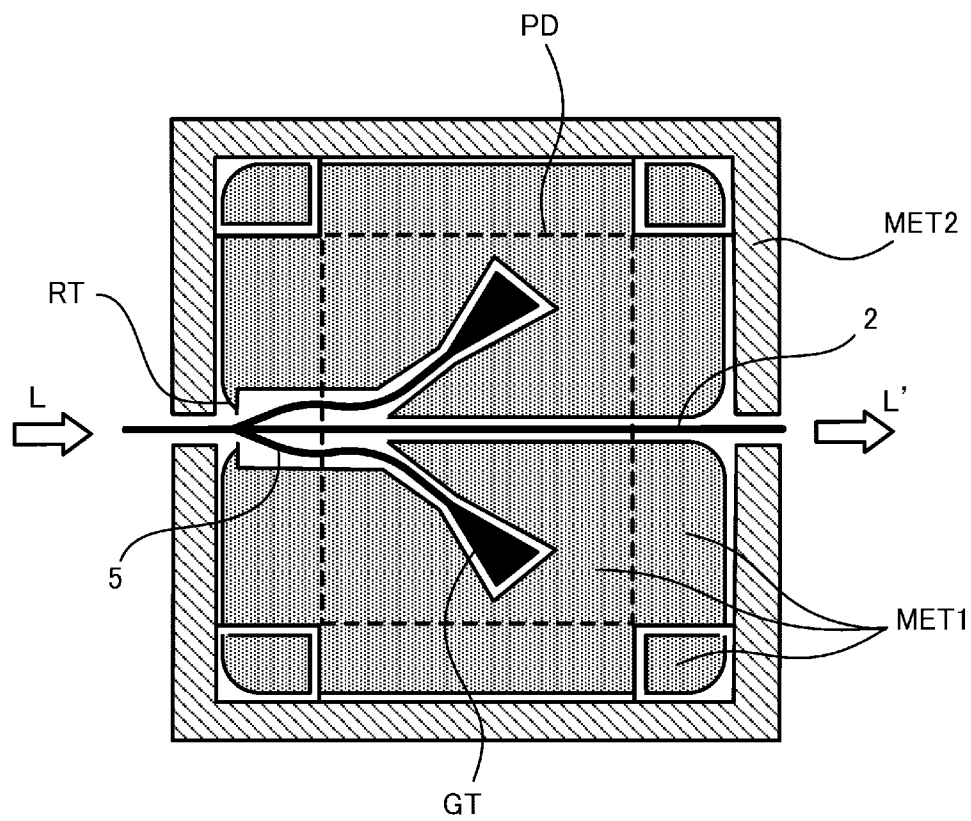
[図11]



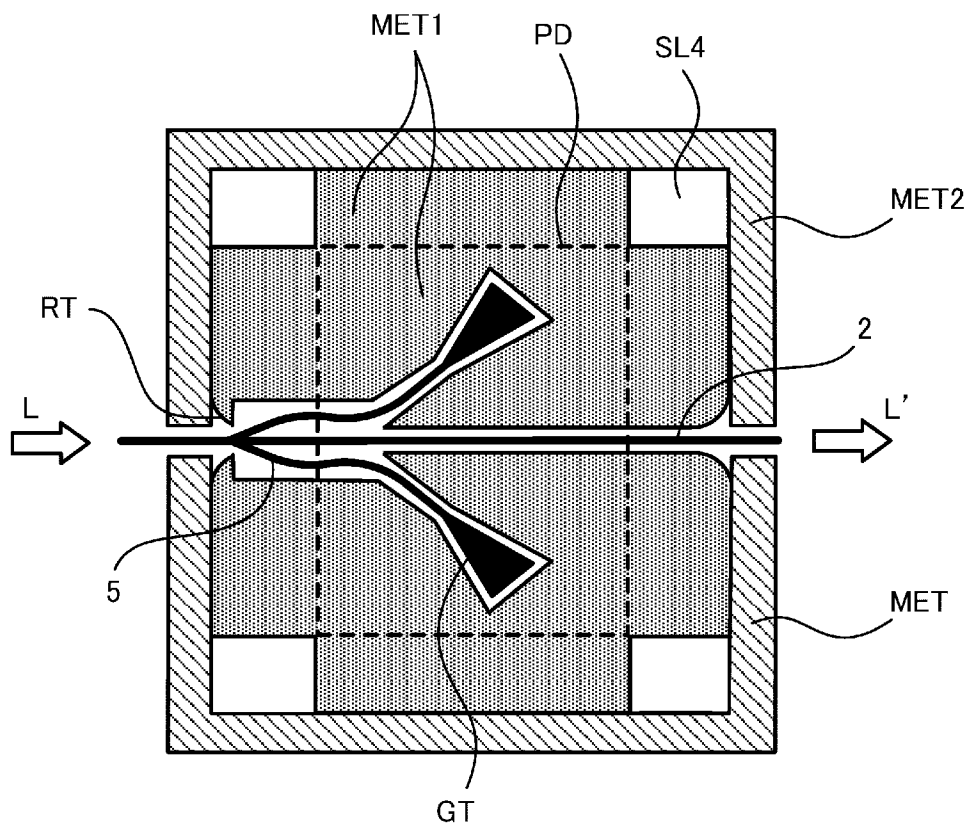
[図12]



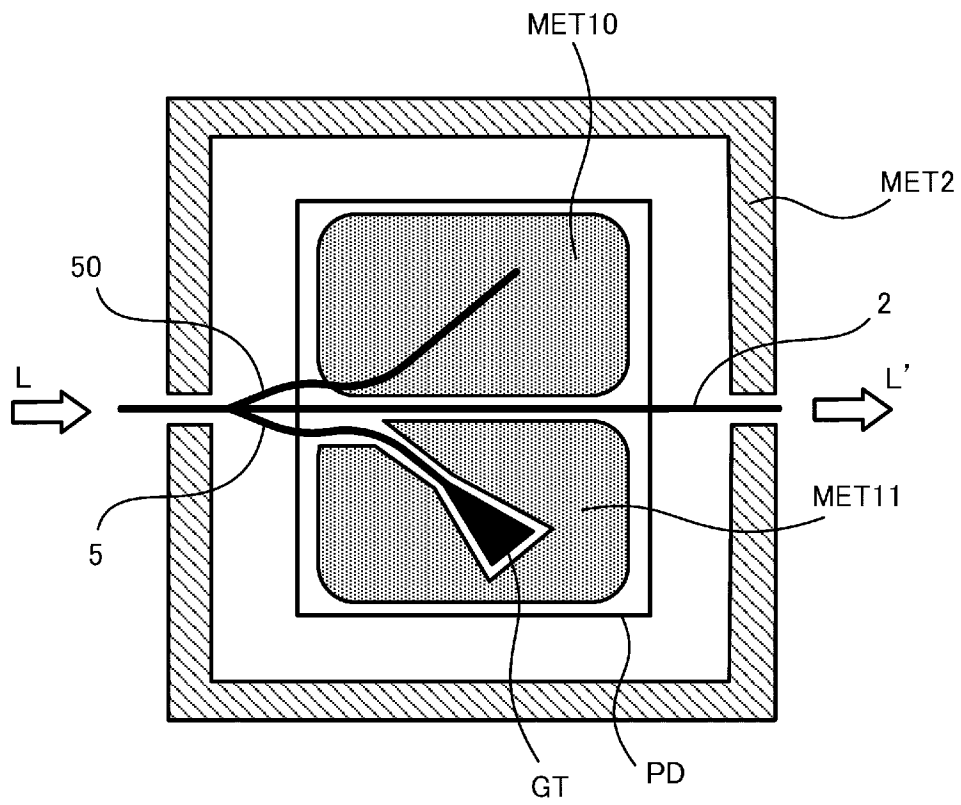
[図13]



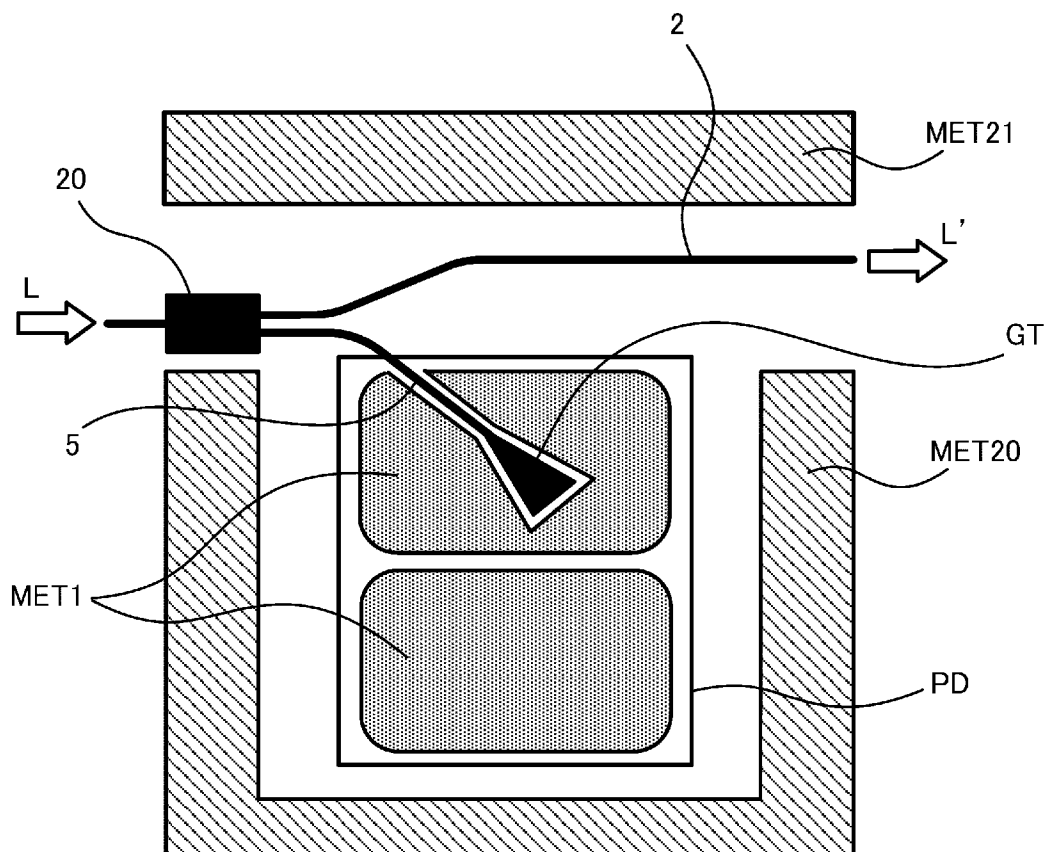
[図14]



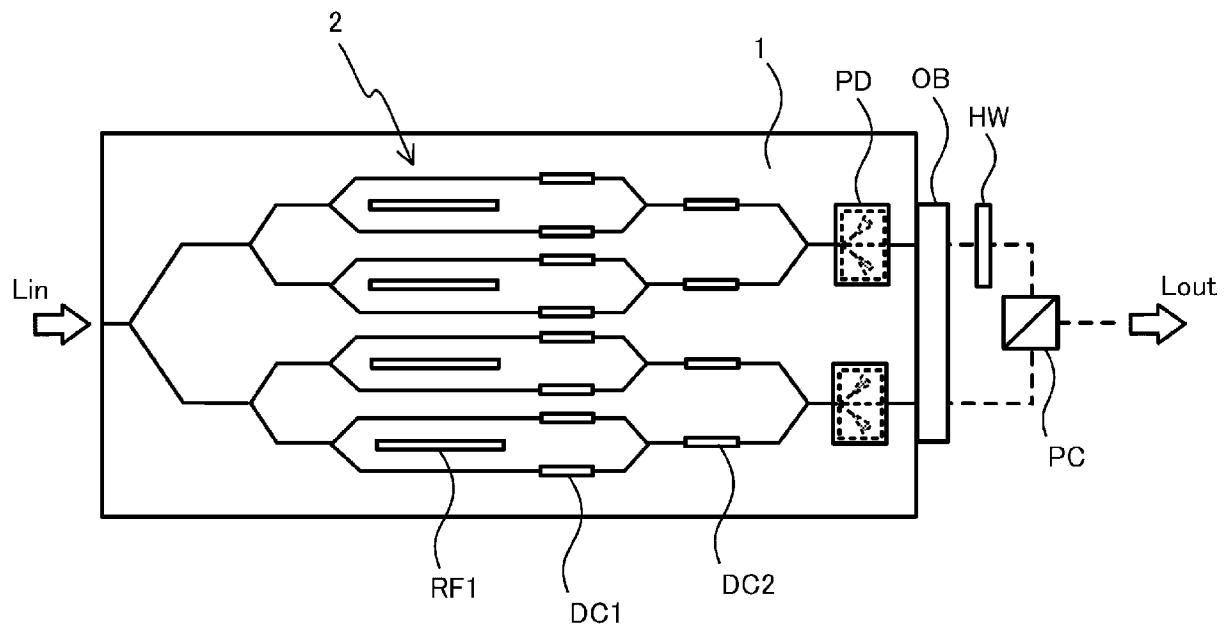
[図15]



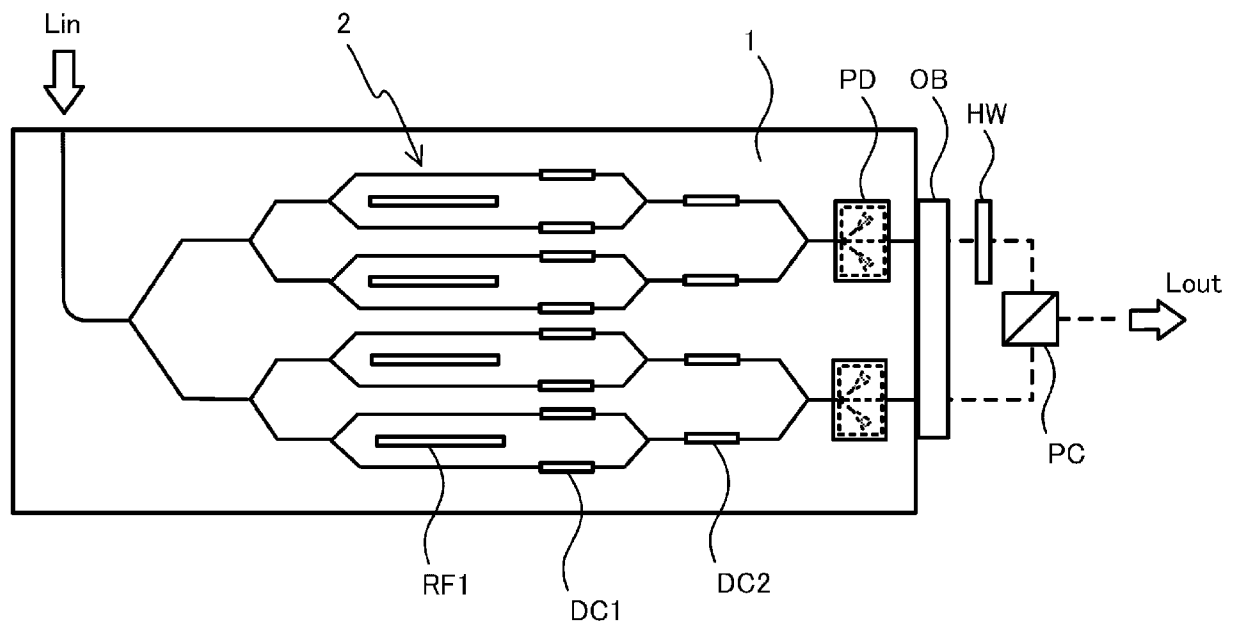
[図16]



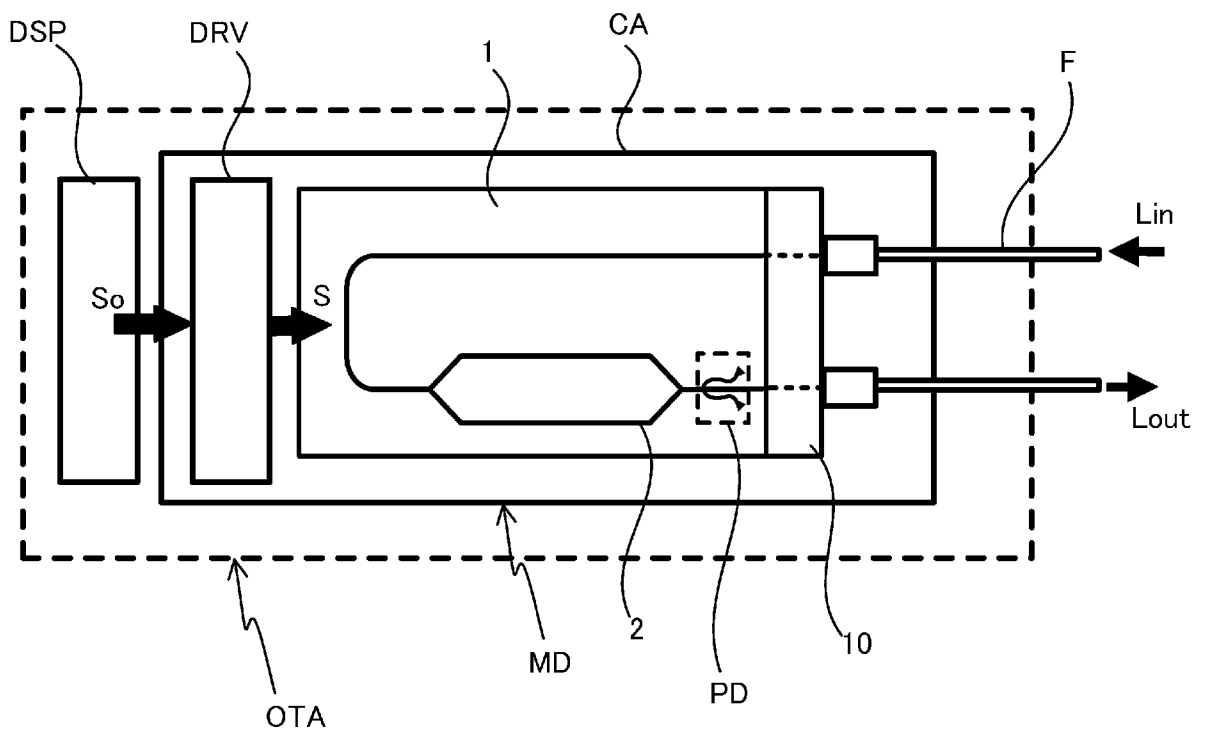
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/004535

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G02B 6/12**(2006.01)i; **G02B 6/125**(2006.01)i; **G02F 1/035**(2006.01)i

FI: G02B6/12 301; G02B6/125 301; G02F1/035

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)

G02B6/12-6/14; G02F1/00-1/125; G02F1/21-7/00

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-163675 A (RICOH CO., LTD.) 10 June 2004 (2004-06-10) paragraphs [0063]-[0098], fig. 4-6	1-11
Y	JP 2018-173604 A (SUMITOMO OSAKA CEMENT CO., LTD.) 08 November 2018 (2018-11-08) paragraphs [0026]-[0035], fig. 6, 9	1-11
Y	WO 2020/213067 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 22 October 2020 (2020-10-22) paragraphs [0040]-[0047], fig. 8, 9	4, 9-11
Y	JP 09-311232 A (HITACHI, LTD.) 02 December 1997 (1997-12-02) paragraphs [0041], [0042], fig. 2, 3	5, 7, 9-11
Y	US 2017/0168234 A1 (CORIANT ADVANCED TECHNOLOGY, LLC) 15 June 2017 (2017-06-15) paragraphs [0026]-[0032], [0037], [0038], fig. 1-3, 7	6-7, 9-11



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

04 April 2023

Date of mailing of the international search report

18 April 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/JP2023/004535**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2017-191178 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 19 October 2017 (2017-10-19) paragraphs [0026]-[0044], fig. 1-3	9-11
Y	JP 2021-162642 A (SUMITOMO OSAKA CEMENT CO., LTD.) 11 October 2021 (2021-10-11) paragraphs [0009]-[0018], [0042], [0043], fig. 1-6	9-11
A	US 2017/0192171 A1 (CORIANT ADVANCED TECHNOLOGY, LLC) 06 July 2017 (2017-07-06) paragraph [0078], fig. 14	6, 9-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/004535

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2004-163675	A	10 June 2004	(Family: none)	
JP	2018-173604	A	08 November 2018	(Family: none)	
WO	2020/213067	A1	22 October 2020	US 2022/0155520 A1	paragraphs [0056]-[0063], fig. 8, 9
JP	09-311232	A	02 December 1997	(Family: none)	
US	2017/0168234	A1	15 June 2017	US 2017/0322373 A1	
JP	2017-191178	A	19 October 2017	(Family: none)	
JP	2021-162642	A	11 October 2021	US 2021/0302674 A1	paragraphs [0010]-[0020], [0054], [0055], fig. 1-6
				CN 113467112 A	
US	2017/0192171	A1	06 July 2017	WO 2017/120510 A1	

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; G02B 6/125(2006.01)i; G02F 1/035(2006.01)i FI: G02B6/12 301; G02B6/125 301; G02F1/035		
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）） G02B6/12-6/14; G02F1/00-1/125; G02F1/21-7/00		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2004-163675 A（株式会社リコー）10.06.2004（2004-06-10） [0063]-[0098], 図4-6	1-11
Y	JP 2018-173604 A（住友大阪セメント株式会社）08.11.2018（2018-11-08） [0026]-[0035], 図6, 9	1-11
Y	WO 2020/213067 A1（日本電信電話株式会社）22.10.2020（2020-10-22） [0040]-[0047], 図8-9	4, 9-11
Y	JP 09-311232 A（株式会社日立製作所）02.12.1997（1997-12-02） [0041]-[0042], 図2-3	5, 7, 9-11
Y	US 2017/0168234 A1（CORIANT ADVANCED TECHNOLOGY, LLC）15.06.2017（2017-06-15） [0026]-[0032], [0037]-[0038], 図1-3, 7	6-7, 9-11
Y	JP 2017-191178 A（住友電気工業株式会社）19.10.2017（2017-10-19） [0026]-[0044], 図1-3	9-11
Y	JP 2021-162642 A（住友大阪セメント株式会社）11.10.2021（2021-10-11） [0009]-[0018], [0042]-[0043], 図1-6	9-11
☒ 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 04.04.2023		国際調査報告の発送日 18.04.2023
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
A	US 2017/0192171 A1 (CORIANT ADVANCED TECHNOLOGY, LLC) 06.07.2017 (2017 - 07 - 06) [0078], 図14	6, 9-11

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/JP2023/004535

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2004-163675	A	10.06.2004	(ファミリーなし)	
JP	2018-173604	A	08.11.2018	(ファミリーなし)	
WO	2020/213067	A1	22.10.2020	US 2022/0155520 A1	
				[0056]-[0063], 図8-9	
JP	09-311232	A	02.12.1997	(ファミリーなし)	
US	2017/0168234	A1	15.06.2017	US 2017/0322373 A1	
JP	2017-191178	A	19.10.2017	(ファミリーなし)	
JP	2021-162642	A	11.10.2021	US 2021/0302674 A1	
				[0010]-[0020], [0054]-[0055], 図1-6	
				CN 113467112 A	
US	2017/0192171	A1	06.07.2017	WO 2017/120510 A1	