

(43) 国際公開日
2014 年 8 月 7 日(07.08.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/119744 A1

- | | |
|---|--|
| <p>(51) 国際特許分類:
G02F 1/01 (2006.01) G02F 1/035 (2006.01)</p> | <p>(72) 発明者: 岡村 美紀(OKAMURA Miki); 〒1028465
東京都千代田区六番町 6 番地 2 8 住友大阪セ
メント株式会社内 Tokyo (JP). 細川 洋一
(HOSOKAWA Youichi); 〒1028465 東京都千代田区
六番町 6 番地 2 8 住友大阪セメント株式会社
内 Tokyo (JP).</p> |
| <p>(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/052313</p> | |
| <p>(22) 国際出願日: 2014 年 1 月 31 日(31.01.2014)</p> | |
| <p>(25) 国際出願の言語: 日本語</p> | |
| <p>(26) 国際公開の言語: 日本語</p> | <p>(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目 1 番
1 号丸の内 MY PLAZA (明治安田生命ビル) 9 階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).</p> |
| <p>(30) 優先権データ:
特願 2013-017714 2013 年 1 月 31 日(31.01.2013) JP</p> | |
| <p>(71) 出願人: 住友大阪セメント株式会社(SUMITOMO OSAKA CEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1028465 東京
都千代田区六番町 6 番地 2 8 Tokyo (JP).</p> | <p>(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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,</p> |

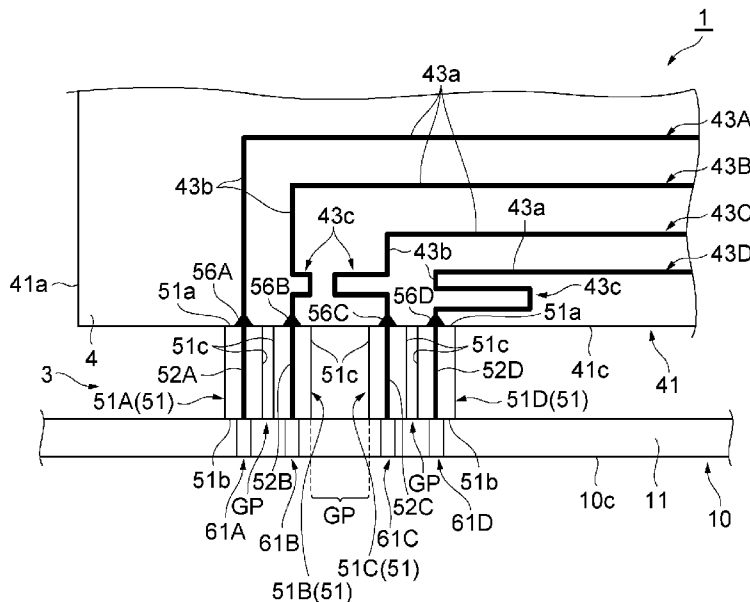
[続葉有]

(54) Title: OPTICAL MODULATOR

(54) 発明の名称：光変調器

(57) Abstract: An optical modulator comprising a substrate in which a plurality of optical waveguides and a plurality of signal electrodes are formed, a relay substrate which conveys signals from the outside to the signal electrodes, and a casing which houses the substrate and the relay substrate, wherein a first and a second relay electrode for conveying signals to the signal electrodes are formed on the relay substrate, and the relay substrate is divided between the first relay electrode and the second relay electrode.

(57) 要約: 複数本の光導波路及び複数本の信号電極が形成された基板と、外部からの信号を信号電極へ伝達する中継基板と、基板及び前記中継基板を収容する筐体と、を備え、中継基板上には、信号を信号電極へ伝達する第1の中継電極、及び第2の中継電極が設けられ、中継基板は、第1の中継電極と第2の中継電極との間で分割されている、光変調器。





PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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).

- (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, 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,

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 光変調器

技術分野

[0001] 本発明は、光変調器に関する。

背景技術

[0002] 従来、光変調器として、複数本の光導波路及び信号電極が形成された基板と、外部からの信号を信号電極へ伝達する中継基板と、基板及び中継基板を収容する筐体と、を備える光変調器が知られている。中継基板上には、信号を信号電極へ伝達する複数の中継電極が形成されている。この光変調器では、筐体に取り付けられたコネクタを介して外部から信号が入力され、基板の信号電極へ中継基板を介して伝達される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2010／021193号パンフレット

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ここで、大容量の光通信に対応する光変調器においては、信号の入力が多くなり、それに伴って中継基板のサイズが大きくなる。ここで、中継基板の材料と筐体の材料とは互いに異なるため、線膨張係数が互いに異なる。従って、温度変化が生じると熱応力が発生し、中継基板に割れやクラックなどが生じる可能性がある。このような問題は、中継基板のサイズが大きくなるほど顕著である。

[0005] 本発明は、中継基板の割れやクラックを抑制できる光変調器を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一側面に係る光変調器は、複数本の光導波路及び複数本の信号電極が形成された基板と、外部からの信号を信号電極へ伝達する中継基板と、

基板及び中継基板を収容する筐体と、を備え、中継基板上には、信号を信号電極へ伝達する第１の中継電極、及び第２の中継電極が設けられ、中継基板は、第１の中継電極と第２の中継電極との間で分割されている。

[0007] この光変調器では、中継基板上に第１の中継電極及び第２の中継電極が設けられており、中継基板が、第１の中継電極と第２の中継電極との間で分割されている。このように、中継基板を複数に分割することにより、中継基板に対する熱応力を低減させることができる。これによって、中継基板の割れやクラックを抑制することができる。

[0008] また、本発明の他の側面に係る光変調器では、分割された中継基板同士の間は、当該中継基板が設置される設置面側から延びる凸部で仕切られていてよい。これによれば、分割された中継基板をそれぞれ凸部に突き当てることによって、分割された中継基板の位置決めを容易かつ高精度に行うことができる。

[0009] また、本発明の他の側面に係る光変調器では、中継基板が設置される設置面と、設置面上に設置される中継基板の被設置面との少なくとも一方には、凹凸部が形成されていてよい。これによれば、中継基板と設置面とが接する面積を少なくすることができるため、中継基板に発生する熱応力を低減することができる。

[0010] また、本発明の他の側面に係る光変調器において、中継基板は、筐体上に設置されていてよい。このように、筐体自体に中継基板を設置することにより、部品点数を低減することができる。

[0011] また、本発明の他の側面に係る光変調器において、中継基板は、中間材上に設置され、中間材の線膨張係数は、中継基板の線膨張係数と、筐体の線膨張係数との中間のものとするといよい。これによって、筐体上に中継基板を設置した場合に比して、中継基板と設置面との間の温度変化を小さくすることができるため、中継基板に発生する熱応力を低減することができる。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、中継基板の割れやクラックを抑制できる。

図面の簡単な説明

- [0013] [図1]一実施形態に係る光変調器を概略的に示す図である。
- [図2]図1に示す光変調器の中継部周辺の構造を示す図である。
- [図3]図1に示す光変調器の中継部周辺の構造を示す断面図である。
- [図4]光変調器の前提構成及び従来の光変調器の構成を説明するための模式図である。
- [図5]変形例に係る光変調器の中継部周辺の構造を示す図である。
- [図6]変形例に係る光変調器の中継部周辺の構造を示す断面図である。
- [図7]変形例に係る光変調器の中継部周辺の構造を示す図である。
- [図8]変形例に係る光変調器の導波路及び信号電極の構造を示す図である。
- [図9]変形例に係る光変調器の中継部付近の構造を示す断面図である。

発明を実施するための形態

- [0014] 以下、添付図面を参照して本発明の実施形態を詳細に説明する。
- [0015] 図1は、一実施形態に係る光変調器を概略的に示す図である。図1に示されるように、光変調器1は、光ファイバF1によって導入された入力光を変調して、光ファイバF2に変調光を出力する装置である。光変調器1は、光入力部2と、中継部3と、光変調素子4と、終端部5と、光出力部6と、モニタ部7と、筐体10と、を備え得る。
- [0016] 筐体10は、一方向（以下、「方向A」という。）に延びる箱型の部材であって、例えばステンレス鋼から構成されている。筐体10は、方向Aにおける両端面である一端面10a及び他端面10bを有する。一端面10aには光ファイバF1を挿入するための開口が設けられている。他端面10bには光ファイバF2を挿入するための開口が設けられている。筐体10は、例えば、光入力部2、中継部3、光変調素子4、終端部5、光出力部6及びモニタ部7を収容する。
- [0017] 光入力部2は、光ファイバF1によって導入される入力光を光変調素子4に供給する。光入力部2は、光ファイバF1と光変調素子4との接続を補助するための補助部材を備えてもよい。

- [0018] 中継部 3 は、外部から供給される電気信号である変調信号を中継して光変調素子 4 に出力する。中継部 3 は、例えば筐体 10 の側面 10c に設けられた変調信号入力用のコネクタを介して変調信号を入力し、光変調素子 4 に変調信号を出力する。
- [0019] 光変調素子 4 は、中継部 3 から出力される変調信号に応じて、光入力部 2 から供給される入力光を変調光に変換する装置であって、例えば LN 光変調素子である。光変調素子 4 は、基板 41 と、光導波路 42 と、信号電極 43 と、を備え得る。基板 41 は、例えばニオブ酸リチウム (LiNbO_3 、以下「LN」という。) などの電気光学効果を奏する誘電体材料から構成されている。基板 41 は方向 A に沿って延びており、方向 A における両端部である一端部 41a 及び他端部 41b を有する。
- [0020] 光導波路 42 は、基板 41 上に設けられている。光導波路 42 は、例えばマッハツェンダ (Mach-Zehnder) 型の光導波路であって、光変調素子 4 の変調方式に応じた構造を有する。この例では、光変調素子 4 の変調方式は、QPSK (Quadrature Phase Shift Keying: 4 値位相変調) 方式である。この場合、光導波路 42 は、マッハツェンダ部 420 の 2 つの分岐導波路上に、マッハツェンダ部 421 及びマッハツェンダ部 422 が設けられた構造を有する。すなわち、マッハツェンダ部 420 の入力導波路 42a は基板 41 の一端部 41a から方向 A に沿って延び、分岐されてマッハツェンダ部 421 の入力端及びマッハツェンダ部 422 の入力端にそれぞれ接続されている。マッハツェンダ部 420 の出力導波路 42b では、マッハツェンダ部 421 の出力端及びマッハツェンダ部 422 の出力端から延びる導波路が合流して方向 A に沿って他端部 41b まで延びている。
- [0021] 信号電極 43 は、変調信号に応じた電界を光導波路 42 に印加するための部材であって、基板 41 上に設けられている。信号電極 43 の配置及び数は、基板 41 の結晶軸の向き及び光変調素子 4 の変調方式に応じて決定される。各信号電極 43 には、中継部 3 から出力される変調信号がそれぞれ印加される。

[0022] 光変調素子 4 では、光入力部 2 から光変調素子 4 に入力される入力光は、入力導波路 4 2 a によってマッハツェンダ部 4 2 1 及びマッハツェンダ部 4 2 2 に分岐して入力される。入力光は、マッハツェンダ部 4 2 1 及びマッハツェンダ部 4 2 2 においてそれぞれ変調される。マッハツェンダ部 4 2 1 において変調された変調光及びマッハツェンダ部 4 2 2 において変調された変調光は、出力導波路 4 2 b において合波されて光変調素子 4 から出力される。

[0023] 終端部 5 は、変調信号の電氣的終端である。終端部 5 は、光変調素子 4 の信号電極 4 3 の各々に対応した抵抗器を備え得る。各抵抗器の一端は光変調素子 4 の信号電極 4 3 に電氣的に接続され、各抵抗器の他端は接地電位に接続されている。各抵抗器の抵抗値は、信号電極 4 3 の特性インピーダンスと略等しく、例えば 50 Ω 程度である。

[0024] 光出力部 6 は、光変調素子 4 から出力される変調光を光ファイバ F 2 に出力する。光出力部 6 は、基板 4 1 の他端部 4 1 b に設けられている。

[0025] モニタ部 7 は、例えば、各マッハツェンダ部 4 2 1, 4 2 2 の光出力の相補的な光強度をモニタする。モニタ部 7 は光電変換素子を備え得る。光電変換素子は、光信号を電気信号に変換するための素子であって、例えばフォトダイオードである。光電変換素子は、例えば基板 4 1 上で、マッハツェンダ部 4 2 0 の出力導波路 4 2 b と分岐した導波路上に置かれ、導波路から漏れだしたエバネッセント波を受光し、その光強度に応じた電気信号をバイアス制御部（不図示）に出力する。なお、モニタ部 7 は、光変調素子 4 から出力される放射光の光強度をモニタしてもよい。

[0026] 図 2 に、本実施形態における光変調器 1 の中継部 3 周辺の構造を示す。図 2 に示すように、基板 4 1 は、四本の信号電極 4 3 A, 4 3 B, 4 3 C, 4 3 D を有している。各信号電極 4 3 A, 4 3 B, 4 3 C, 4 3 D は、光導波路 4 2（図 1 参照）と平行に延びる本体部 4 3 a と、基板 4 1 の側端部 4 1 c から本体部 4 3 a の端部まで電極を引き出す引出部 4 3 b と、を有する。各信号電極 4 3 A, 4 3 B, 4 3 C, 4 3 D は、側端部 4 1 c に平行に延び

る本体部43aの端部から屈曲して、側端部41cに向かって引出部43bが延びる構成となっている。本実施形態では、各信号電極43A, 43B, 43C, 43Dの本体部43aが側端部41cの反対側からこの順で並設されており、各信号電極43A, 43B, 43C, 43Dの引出部43bが端部41a側からこの順で並設されている。なお、本実施形態では、信号電極43A, 43B, 43C, 43Dが四本設けられている例について説明しているが、四本より少なくてもよく、多くてもよい。

[0027] 筐体10の側壁部11には、外部接続のためのコネクタ61A, 61B, 61C, 61Dが、基板41の端部41a側からこの順で並設されている。なお、このコネクタ位置は、規格化により、間隔や配置が定められている場合もある。当該コネクタ61A, 61B, 61C, 61Dには、光変調器1に信号を入力する外部コネクタ70が取り付けられる。

[0028] 中継部3は、中継基板51と、信号を信号電極43A, 43B, 43C, 43Dへ伝達する中継電極52A, 52B, 52C, 52Dと、を備えている。中継基板51は、中継基板51A, 51B, 51C, 51Dに分割されている。分割された中継基板51A, 51B, 51C, 51Dは、矩形状の板材によって構成され、基板41の側端部41cと、筐体10の側壁部11との間に設けられている。中継基板51A, 51B, 51C, 51Dは、例えばアルミナなどによって構成される。中継電極52A, 52B, 52C, 52Dは、中継基板51A, 51B, 51C, 51D上において、端部41a側からこの順で各中継基板に分かれて並設されており、信号電極43A, 43B, 43C, 43Dとそれぞれ電氣的に接続されている。中継電極52A, 52B, 52C, 52Dは、基板41側の端部51aから筐体10の側壁部11側の端部51bまで延びている。中継電極52A, 52B, 52C, 52Dは、基板41側の端部51aにおいて信号電極43A, 43B, 43C, 43Dの引出部43bと電氣的に接続され、側壁部11側の端部51bにおいて外部接続のためのコネクタ61A, 61B, 61C, 61Dと電氣的に接続されている。なお、接続部56A, 56B, 56C, 56Dでの

接続方法は、電氣的な接続が可能であれば特に限定されないが、図3に示すようにワイヤボンディングを採用してもよい。中継電極52A, 52B, 52C, 52Dは、端部51aから端部51bへ向かって、傾斜した状態で延びていてもよく、真っ直ぐに延びていてもよい。このように、中継基板51を複数に分けることにより、個々の中継基板51A, 51B, 51C, 51Dのサイズが小さくなり、温度変化により中継基板に係る応力を小さくすることができる。また、中継基板51上には光変調器1の高周波特性を調整するためのコンデンサや抵抗からなるフィルタを実装してもよい。

[0029] 信号の位相差を無くすため、信号電極43A及び中継電極52Aの合計長さ、信号電極43B及び中継電極52Bの合計長さ、信号電極43C及び中継電極52Cの合計長さ、並びに信号電極43D及び中継電極52Dの合計長さは、互いに等しいことが好ましい。ただし、ここで合計長さとは、信号電極43A, 43B, 43C, 43Dについての、基板41の端部51aから光導波路42の変調に寄与する部分（作用部）の始点までの長さと、中継電極52A, 52B, 52C, 52Dの長さの合計とする。そのためには、基板41もしくは中継基板51の何れかの配線を這い回したり、作用部の始点の位置を各マッハツェンダ部421, 422を構成する各分岐導波路毎にずらしたりして長さ調整部を設け、合計長さを等しくすればよい。また、図2の例では、基板41側で長さ調整を行っているが、信号電極43A, 43B, 43C, 43Dは真っ直ぐに形成し、中継電極52A, 52B, 52C, 52D側に長さ調整部を設けてもよい。それに伴って、中継基板51A, 51B, 51C, 51Dのサイズも大きくなる。このような構造を採用した場合、基板41側での配線の這い回しをシンプルにすることができる。従って、基板41のサイズを小さくすることができる。また、基板41上の信号電極43A, 43B, 43C, 43Dの方が信号電極線が細く中継電極52A, 52B, 52C, 52Dよりもロスの大きな構造であるために、中継基板51上にて電極を這い回した方が好ましい場合がある。なお、図2に示す構造では、中継基板51A, 51B, 51C, 51D側の配線の這い回しを

シンプルにすることができると共に、当該中継基板 5 1 A, 5 1 B, 5 1 C, 5 1 D を小型にできる。

[0030] 中継基板 5 1 A, 5 1 B, 5 1 C, 5 1 D は、図 3 (a) に示すように筐体 1 0 自体に設けられた設置面 1 2 a 上に設置されてよい。図 3 (a) に示す構成によれば、中継基板 5 1 A, 5 1 B, 5 1 C, 5 1 D が配置される位置に、筐体 1 0 の底面 1 0 e から突出する台座部 1 2 が設けられ、当該台座部 1 2 の上面が設置面 1 2 a となる。なお、設置面 1 2 a と、中継基板 5 1 A, 5 1 B, 5 1 C, 5 1 D の被設置面 5 1 e との間には、導電性接着剤が充填される。このように、筐体 1 0 自体に中継基板 5 1 A, 5 1 B, 5 1 C, 5 1 D を設置することにより、部品点数を低減することができる。

[0031] あるいは、図 3 (b) に示すように筐体 1 0 上に配置されている中間材 2 0 の設置面 2 0 a 上に設置されてもよい。図 3 (b) に示す構成によれば、中継基板 5 1 A, 5 1 B, 5 1 C, 5 1 D が配置される位置において、筐体 1 0 の底面 1 0 e 上に中間材 2 0 が設けられ、当該中間材 2 0 の上面が設置面 2 0 a となる。なお、中間材 2 0 は中継基板 5 1 A, 5 1 B, 5 1 C, 5 1 D と筐体 1 0 の GND 接続を強固に行うために金属材料等の導電性材料が望ましい。中間材 2 0 は中継基板 5 1 A, 5 1 B, 5 1 C, 5 1 D の線膨張係数と筐体 1 0 の線膨張係数の間のものを用いる。中継基板 5 1 A, 5 1 B, 5 1 C, 5 1 D の材料がアルミナ ($6.7 \times 10^{-6} / \text{K}$) であり、筐体 1 0 の材料がステンレス (SUS304) ($17.3 \times 10^{-6} / \text{K}$) であった場合、その間の線膨張係数を有する中間材 2 0 の材料としては $8 \times 10^{-6} / \text{K} \sim 15 \times 10^{-6} / \text{K}$ の間が望ましく、具体的には、ニッケル ($13 \times 10^{-6} / \text{K}$)、コバルト ($12 \times 10^{-6} / \text{K}$) 及びそれらの合金 ($10 \times 10^{-6} / \text{K}$ 前後)、ステンレス (SUS403) ($10 \times 10^{-6} / \text{K}$) などがある。なお、設置面 2 0 a と、中継基板 5 1 A, 5 1 B, 5 1 C, 5 1 D の被設置面 5 1 e との間には、導電性接着剤が充填される。また、導電性接着剤の他にも、ハンダや AuSn のろう材なども用いられる。なお、これらは筐体 1 0 と中間材 2 0 との間にも充填されている。このように、中継基板 5 1 A,

5 1 B, 5 1 C, 5 1 Dが、筐体 1 0 よりも小さく中継基板 5 1 A, 5 1 B, 5 1 C, 5 1 D よりも大きい線膨張係数を有する中間材 2 0 上に設置されることによって、筐体 1 0 上に中継基板 5 1 A, 5 1 B, 5 1 C, 5 1 D を設置した場合に比して、中継基板 5 1 A, 5 1 B, 5 1 C, 5 1 D と設置面 2 0 a との間の温度変化によるサイズ変化の差を小さくすることができるため、中継基板 5 1 A, 5 1 B, 5 1 C, 5 1 D に発生する熱応力を低減することができる。

[0032] ここで、中継基板 5 1 は、各中継電極 5 2 A, 5 2 B, 5 2 C, 5 2 D の間で分割されており、それぞれ隣り合う中継電極が第 1 の中継電極、第 2 の中継電極に相当する。すなわち、分割された中継基板 5 1 A には中継電極 5 2 A、中継基板 5 1 B には中継電極 5 2 B、中継基板 5 1 C には中継電極 5 2 C、中継基板 5 1 D には中継電極 5 2 D が設けられている。各中継基板 5 1 A, 5 1 B, 5 1 C, 5 1 D の互いに対向する端部 5 1 c 同士の間には、隙間 G P が形成される。各中継基板 5 1 A, 5 1 B, 5 1 C, 5 1 D は、完全に分割されており、分割部分に係る端部 5 1 c は、基板 4 1 側の端部 5 1 a と側壁部 1 1 側の端部 5 1 b との間の全域に亘って形成されている。なお、図 2 に示す例では、分割部分に係る端部 5 1 c は、端部 5 1 a, 5 1 b と垂直に真っ直ぐに延びる形状であるが、中継基板 5 1 A, 5 1 B, 5 1 C, 5 1 D が分割されている限り、分割部分に係る端部 5 1 c の形状は特に限定されない。例えば、傾斜していてもよく、屈曲していても湾曲していてもよい。また、各中継基板 5 1 A, 5 1 B, 5 1 C, 5 1 D 同士の間の隙間 G P の大きさは特に限定されず、各隙間 G P の大きさが互いに異なっていても同じであってもよい。

[0033] 次に、本実施形態に係る光変調器 1 の作用・効果について説明する。

[0034] まず、図 4 を参照して、光変調器の前提構成、及び従来の光変調器の構成について説明する。光変調器の分野においては、図 4 (c) に示すように、複数の信号電極 2 4 3 A, 2 4 3 B, 2 4 3 C, 2 4 3 D の引出部 2 4 3 b は、互いに近接して並設された状態で設けられる。すなわち、信号電極 2 4

3 A, 2 4 3 B, 2 4 3 C, 2 4 3 Dと中継電極 2 5 2 A, 2 5 2 B, 2 5 2 C, 2 5 2 Dとの接続部 2 5 6 A, 2 5 6 B, 2 5 6 C, 2 5 6 Dは、互いに近接して並設されている。従って、基板 2 4 1 の側端部 2 4 1 c が長く広い範囲を有しているとしても、接続部 2 5 6 A, 2 5 6 B, 2 5 6 C, 2 5 6 D は極力一箇所にまとめられることが好ましい（後述の図 7 のように、全ての接続部がまとめられていなくとも、少なくとも一对の接続部がまとめられていることが好ましい）。

[0035] また、光変調器の分野においては、図 1 に示した Q P S K 変調方式の他にも D P - Q P S K 変調 (Dual Polarization-Quadrature Phase Shift Keying : 偏波直交 4 値位相変調) 方式や Q A M 変調 (Quadrature Amplitude Modulation : 直角位相振幅変調) などがある。図 8 (a) に D P - Q P S K 変調器の光導波路及び電極構造を、図 8 (b) に Q A M 変調器の光導波路及び電極構造を示す。Q A M 変調器では、出力導波路 4 2 b において、例えば 2 : 1 の振幅比で合波する。このような光導波路の構造により、信号電極 4 3 の引出部 4 3 b の配置は一か所にまとめて密集することになる。少なくとも変調部毎に一对にまとまっていることにより、基板間の距離やボンディング長、中継基板とピンの位置などの実装による特性の影響を揃えることができ、周波数応答特性のバランスや、電極間の電気長の整合性に優れた変調器構成とすることができる。

[0036] 上述のような構成が前提となる理由は以下の通りである。すなわち、図 4 (a) に示すように、各信号電極 1 4 3 の引出部 1 4 3 b 及び接続部 1 5 6 の距離が大きく離れており互いに並設されていない場合、各信号電極 1 4 3 に対して個別の中継基板 1 5 1 が設けられ、それぞれ離れた位置に設置される。この場合、導波路基板と筐体との位置関係のズレが大きくなるなど、位置合わせ精度にも問題が生じる。一方、図 4 (c) のように各接続部 2 5 6 A, 2 5 6 B, 2 5 6 C, 2 5 6 D が所定の範囲内で並設されている場合、各中継電極 2 5 2 A, 2 5 2 B, 2 5 2 C, 2 5 2 D を一の中継基板 2 5 1 でまとめることが可能となり（また、中継基板 2 5 1 内で各中継電極 2 5 2

A, 2 5 2 B, 2 5 2 C, 2 5 2 D 同士の間の精度を確保しておくことができる)、位置合わせ工程が容易となり、精度も確保することができる。

[0037] また、光変調器の分野においては、信号の位相差を無くするため、それぞれの信号電極及び中継電極の合計長さを等しくする必要がある。従って、信号電極に長さ調整部（例えば、図2に示す長さ調整部4 3 c）を設ける必要がある。しかしながら、図4（a）に示すような構成を採用した場合、一の信号電極1 4 3と、他の信号電極1 4 3との間で長さの差が大きくなり、長さ調整部での配線の這い回しを非常に大きくしなくてはならなくなる。しかしながら、基板1 4 1のうち長さ調整部を設けることができるスペースには限りがある。また、基板1 4 1上の他の構成要素の配置との関係から、這い回しの設計において制約を受ける場合がある。また、長さ調整部中の配線間の間隔を狭くし過ぎた場合はクロストークなどの問題が生じる点においても、設計上の制約を受ける。上述のような制約を考慮して、例えば、長さ調整部での配線の這い回しを大きくするために図4（b）に示すように、複数往復に係る長さ調整部1 4 3 cを形成した場合、端部1 4 1 cと本体部1 4 3 aとの間のスペースが大きくなり、基板1 4 1を小型化することができないという問題が生じる（ただし、本発明は、図4（b）のような長さ調整部を採用した光変調器を排除するものではない）。また、基板サイズが大きくなった場合の部品コストに対する影響は、導波路基板よりも、中継基板の方が低い。従って、特性面においてもコスト面においても、中継基板に長さ調整部を設けたほうが好ましい。

[0038] 以上より、光変調器の分野においては、図4（c）に示すように、各接続部2 5 6 A, 2 5 6 B, 2 5 6 C, 2 5 6 Dが極力一箇所にとまとめられる構成が前提となるが、図4（c）に示すように一枚の中継基板2 5 1に複数の中継電極2 5 2 A, 2 5 2 B, 2 5 2 C, 2 5 2 Dを設けた場合、次のような問題が生じる。

[0039] すなわち、近年の大容量の光通信の要求に対応するため、信号の入力を多くした場合、中継基板2 5 1のサイズが大きくなる。また、光変調器の製造

においては、導波路基板や中継基板の部品実装時に数百℃の高温、例えば、導電性接着剤の硬化時には200℃、ハンダ付け時には300℃、ろう材接合時には500℃程度になることがある。図4（d）に示すように、中継基板251は、筐体10上に設置されているが、中継基板251の材料の線膨張係数と、筐体10の材料の線膨張係数は異なる。従って、温度変化が生じると、中継基板251と筐体10との境界部付近（図においてCEで示す部分）において熱応力が発生し、中継基板251に割れやクラック等が生じる可能性がある。これは、中継基板251のサイズが大きくなるほど顕著になる。

[0040] これに対し、本実施形態に係る光変調器1では、中継基板51上に中継電極52A、52B、52C、52Dが並設されており、中継基板51が、各中継基板51A、51B、51C、51Dの間で分割されている。このように、中継基板51を複数の中継基板51A、51B、51C、51Dに分割することにより、中継基板51に対する熱応力を低減させることができる。これによって、中継基板51の割れやクラックを抑制することができる。

[0041] なお、本発明に係る光変調器は上記実施形態に限定されない。

[0042] 例えば、図5（a）及び図6に示すように、分割された中継基板51A、51B、51C、51D同士の間は、当該中継基板51A、51B、51C、51Dが設置される筐体10の台座部12の設置面12a（または図9（a）に示すように、中間材20の設置面20a）側から延びる凸部80で仕切られていてよい。なお、図9（b）に示すように、中継基板51A、51B、51C、51Dが中間材20に設置されて、当該中間材20が設置される筐体10の底面から凸部80が突出していてもよい。中継基板51A、51B、51C、51Dは中間材20に実装した後に、筐体10に実装してもよいし、中間材20を筐体10に実装した後に中継基板51A、51B、51C、51Dを中間材20に実装してもよい。図5（a）に示す凸部80は、中継基板51A、51B、51C、51Dの端部51cの一部の領域に対して設けられているが、全領域に対して設けられていてもよい。すなわち、

凸部80が、端部51aから端部51bに至るまで延びていてよい。また、図6に示す例では、凸部80の断面形状は矩形であるが、特に形状は限定されず、U字状、半円状、三角形状などであってもよい。ただし、中継基板51A、51B、51C、51Dの側面に対する合わせ面として機能する両側面80aは、平面状であることが好ましい。なお、中継基板51A、51B、51C、51Dと設置面12a（または設置面20a）との間には導電性接着剤ADが充填されている。以上のような構成によれば、分割された中継基板51A、51B、51C、51Dをそれぞれ凸部80に突き当てることによって、側端部41cに沿った方向における位置決めを容易にかつ精度良く行うことができる。

[0043] 光変調器は、使用する信号の周波数が高いため、基板とコネクタのピンとの位置関係や隙間が高周波特性に影響する。これらの位置合わせのトレランスは20 μ m程度と小さいために、精度よく位置合わせを行うことが重要である。

[0044] また、図5（b）に示すように、基板41の側端部41cに対して中継基板51A、51B、51C、51Dを挟んで対向する位置決め部81を設けてもよい。図5（b）に示す位置決め部81は、中継基板51A、51B、51C、51Dの端部51bの一部の領域に対して設けられているが、全領域に対して設けられていてもよい。中継基板51A、51B、51C、51Dの端部51bを位置決め部81に突き当てることによって、側端部41cと直交する方向における位置決めを容易に行うことができる。なお、図2に示す実施形態においては、筐体10の側壁部11自体を位置決め部81として機能させてもよい。

[0045] また、図6（b）、（c）に示すように、中継基板51A、51B、51C、51Dが設置される設置面12a（または設置面20a）には、凹凸部83、85が形成されていてよい。図6（b）に示す凹凸部83は、断面矩形形状の溝84を所定間隔で複数並設することによって構成されている。図6（c）に示す凹凸部85は、断面三角形状の溝86を所定間隔で複数並設す

ることによって構成されている。なお、凹凸部 83, 85 は、中継基板 51 A, 51 B, 51 C, 51 D の被設置面 51 e の全領域に対して設けられていてよいが、一部の領域に設けられていてもよい。また、凹凸部 83, 85 を構成する溝 84, 86 が延びる方向は特に限定されず、図 6 に示すように凸部 80 の延在方向に平行な方向（基板 41 の側端部 41 c と直交する方向）に延びてもよく、凸部 80 の延在方向と直交する方向（基板 41 の側端部 41 c と平行な方向）に延びてもよい。ただし、中継基板 51 A, 51 B, 51 C, 51 D の形状において、長手方向と短手方向の長さの差が大きい場合は、長手方向に凹凸が存在するように凹凸の方向を設定するのがより好適である。以上のような構成によれば、中継基板 51 A, 51 B, 51 C, 51 D と設置面 12 a（または設置面 20 a）とが接する面積を少なくすることができるため、中継基板 51 A, 51 B, 51 C, 51 D に発生する熱応力を低減することができる。なお、凹凸部は、設置面 12 a（または設置面 20 a）に代えて中継基板 51 A, 51 B, 51 C, 51 D の被設置面 51 e に設けられてもよく、被設置面 51 e 及び設置面 12 a（または設置面 20 a）の両方に設けられてもよい。また、溝 84, 86 に低ヤング率の導電性接着剤を充填することで、応力緩和が可能であり、GND 接続を強固に行うことができる。

[0046] 上述の実施形態では、4 つの中継電極 52 A, 52 B, 52 C, 52 D（及び接続部 56 A, 56 B, 56 C, 56 D）が並設されていたが、図 7 に示すように、一対の中継電極 52 A, 52 B（及び接続部 56 A, 56 B）が並設され、一対の中継電極 52 C, 52 D（及び接続部 56 C, 56 D）が並設されるが、中継電極 52 A, 52 B と中継電極 52 C, 52 D とは、互いに離間しており並設されていない状態であってもよい。この状態においては、図 7（a）に示すように、中継電極 52 A, 52 B に対する中継基板 351 と中継電極 52 C, 52 D に対する中継基板 351 は、それぞれ個別に設けられている。また、一方の中継基板 351 は、中継電極 52 A と中継電極 52 B との間で中継基板 351 A 及び中継基板 351 B に分割されてい

る。他方の中継基板 3 5 1 は、中継電極 5 2 C と中継電極 5 2 D との間で中継基板 3 5 1 C 及び中継基板 3 5 1 D に分割されている。

[0047] また、図 7 (b) に示すように、中継基板 3 5 1 A, 3 5 1 B の設置構造として、筐体 1 0 の台座部 1 2 (または中間材 2 0) に溝部 3 6 0 を形成し、当該溝部 3 6 0 の底面を設置面 1 2 a (または設置面 2 0 a) としてもよい。この場合、溝部 3 6 0 の各側面が中継基板 3 5 1 A, 3 5 1 B の位置決め部として機能する。中継基板 3 5 1 A 用の溝部 3 6 0 と中継基板 3 5 1 B 用の溝部 3 6 0 との間には位置決め用の凸部 3 8 0 が形成される。なお、中継基板 3 5 1 C, 3 5 1 D に対しても同様な溝部 3 6 0 の構造を適用してよい。また、図 2 に示す中継基板 5 1 A, 5 1 B, 5 1 C, 5 1 D に対しても同様な趣旨の溝部の構造を適用してよい。

[0048] また、これまでは、各中継電極毎に中継基板を分割する例を示したが、中継基板 1 枚あたりの中継電極数は、1 本に限らない。特に、中継電極を 1 対でまとめて、2 本の中継電極を 1 枚の中継基板上に形成すれば、前述のように、対となる信号の特性を揃えることができ好適である。

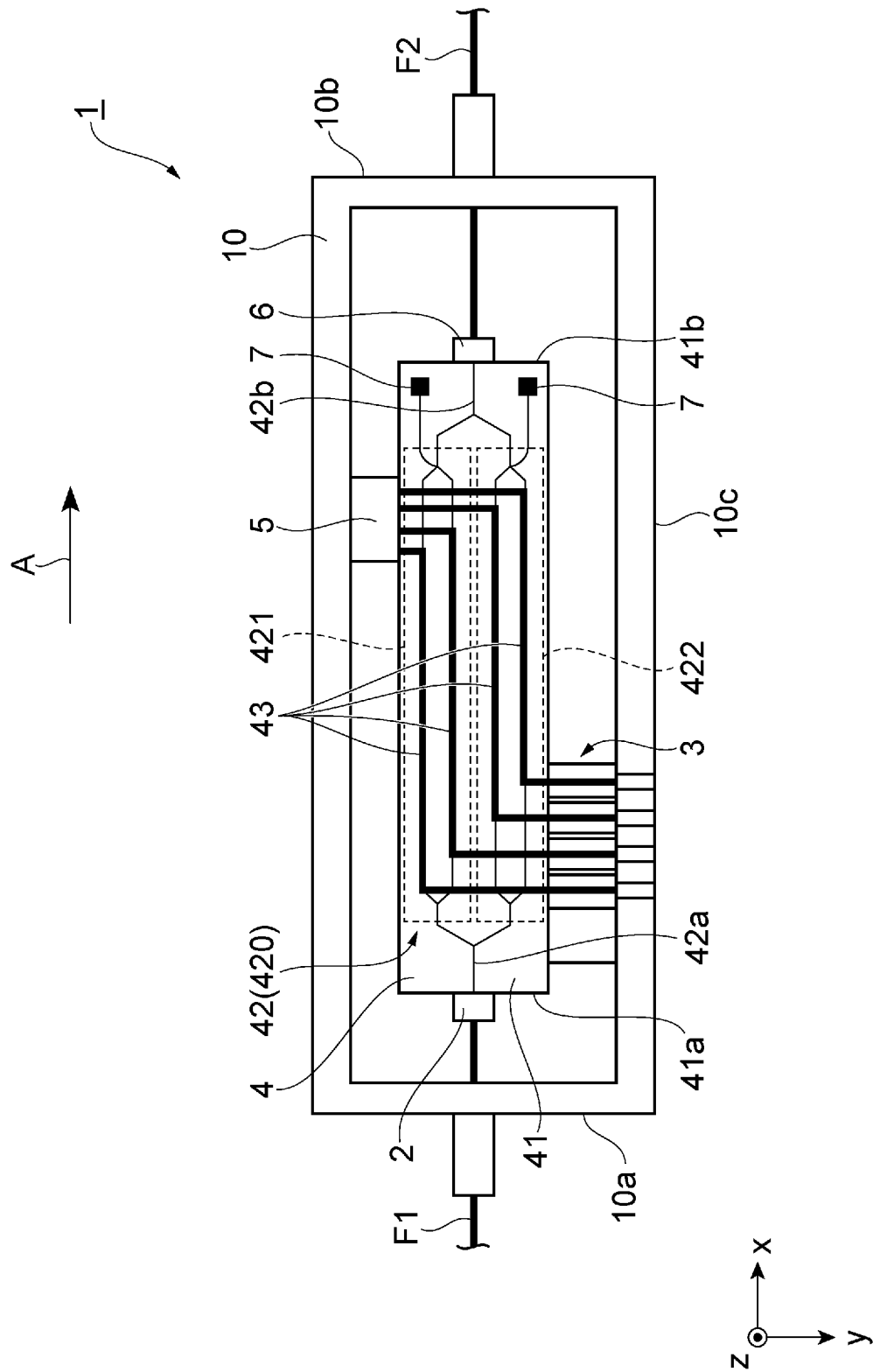
符号の説明

[0049] 1 …光変調器、1 0 …筐体、2 0 …中間材、4 1 …基板、5 1, 3 5 1 …中継基板、5 1 A, 5 1 B, 5 1 C, 5 1 D, 3 5 1 A, 3 5 1 B, 3 5 1 C, 3 5 1 D …中継基板 (分割された中継基板)、5 2 A, 5 2 B, 5 2 C, 5 2 D …中継電極、8 0 …凸部、8 3, 8 5 …凹凸部。

請求の範囲

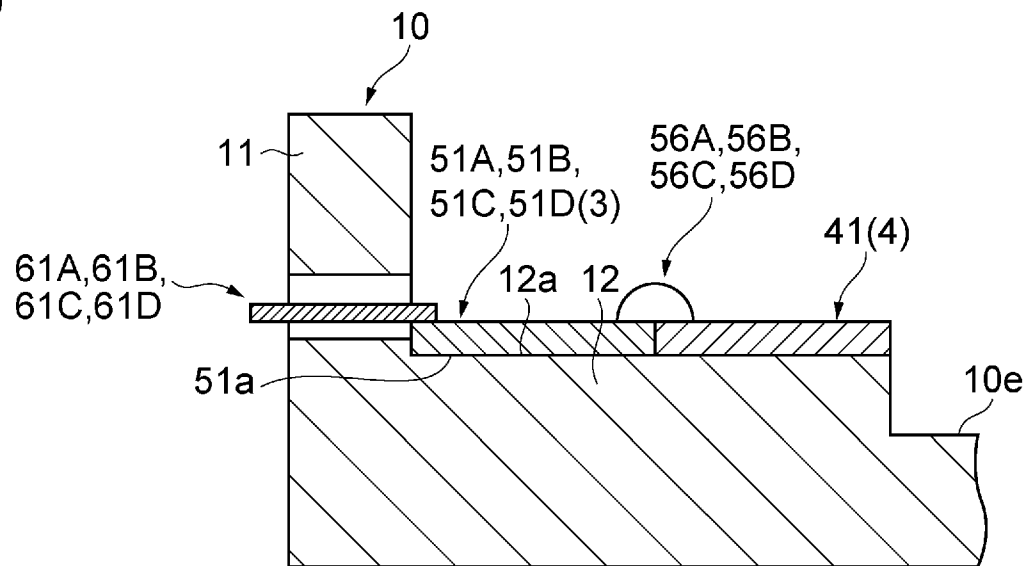
- [請求項1] 複数本の光導波路及び複数本の信号電極が形成された基板と、外部からの信号を前記信号電極へ伝達する中継基板と、前記基板及び前記中継基板を収容する筐体と、を備え、前記中継基板上には、信号を前記信号電極へ伝達する第1の中継電極、及び第2の中継電極が設けられ、前記中継基板は、前記第1の中継電極と前記第2の中継電極との間で分割されている、光変調器。
- [請求項2] 分割された前記中継基板同士の間は、当該中継基板が設置される設置面側から延びる凸部で仕切られている、請求項1に記載の光変調器。
- [請求項3] 前記中継基板が設置される設置面と、前記設置面上に設置される前記中継基板の被設置面との少なくとも一方には、凹凸部が形成されている、請求項1又は2に記載の光変調器。
- [請求項4] 前記中継基板は、前記筐体上に設置されている、請求項1～3の何れか一項に記載の光変調器。
- [請求項5] 前記中継基板は、中間材上に設置され、前記中間材の線膨張係数は、前記中継基板の線膨張係数より大きく、前記筐体の線膨張係数より小さい、請求項1～3の何れか一項に記載の光変調器。

[図1]

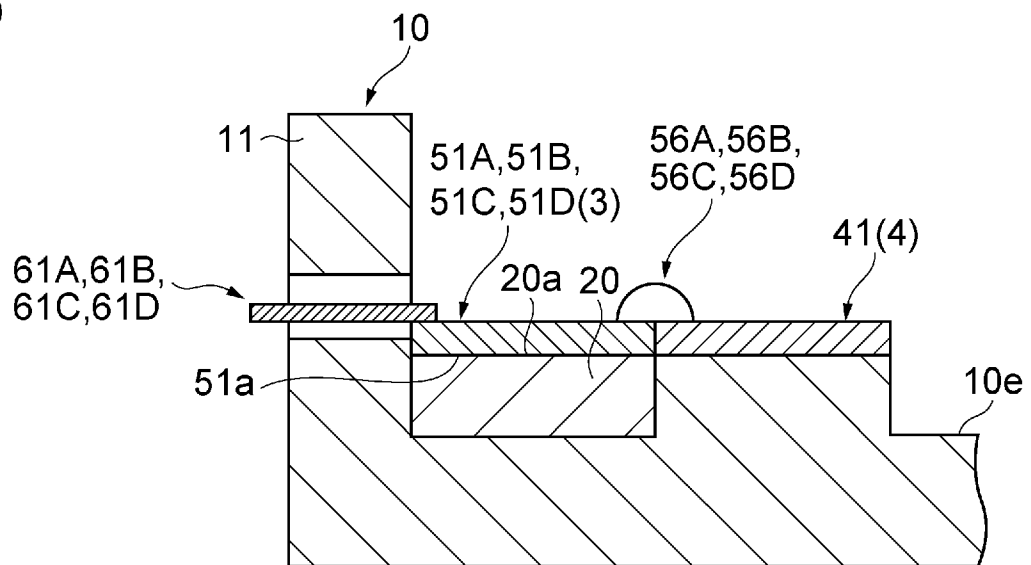


[図3]

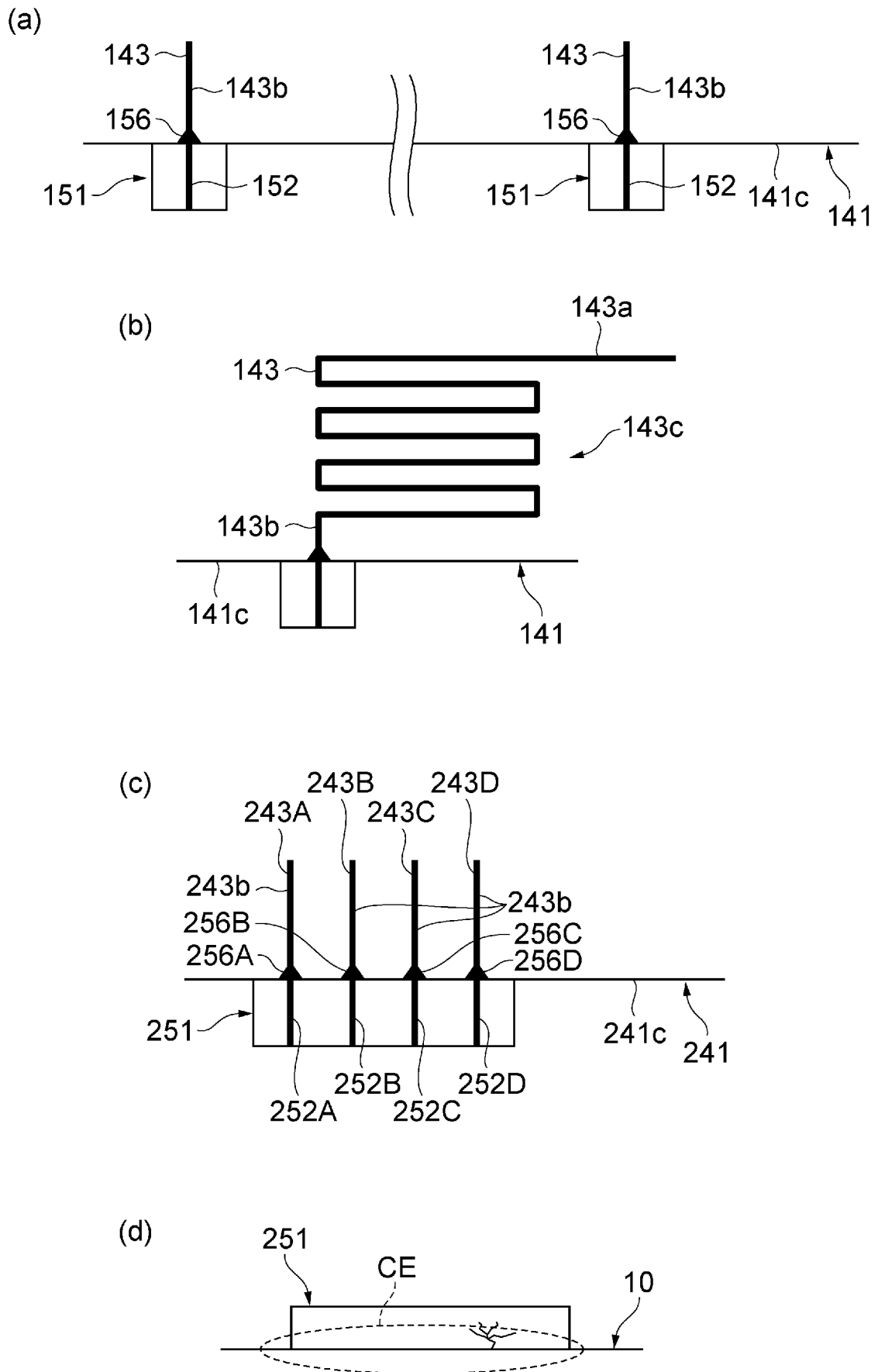
(a)



(b)

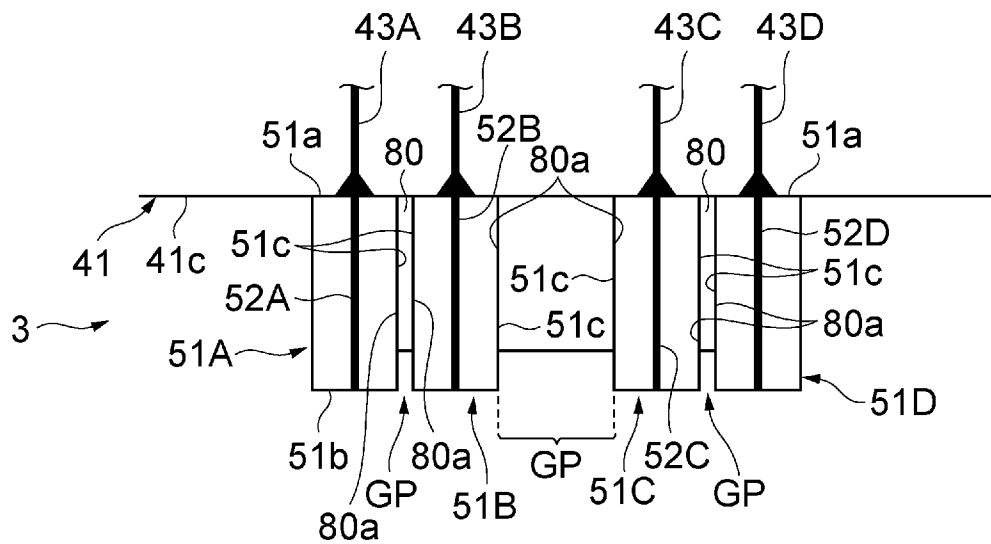


[図4]

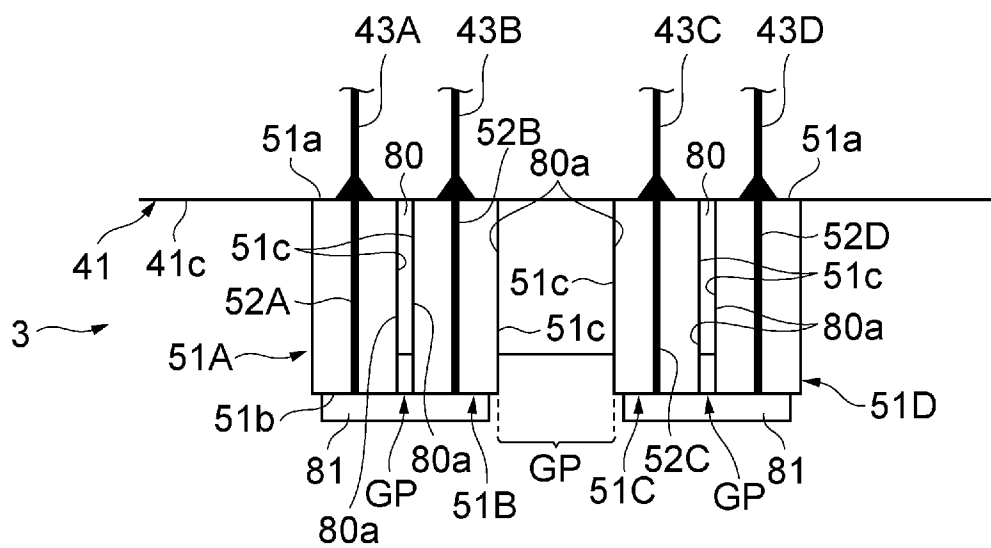


[図5]

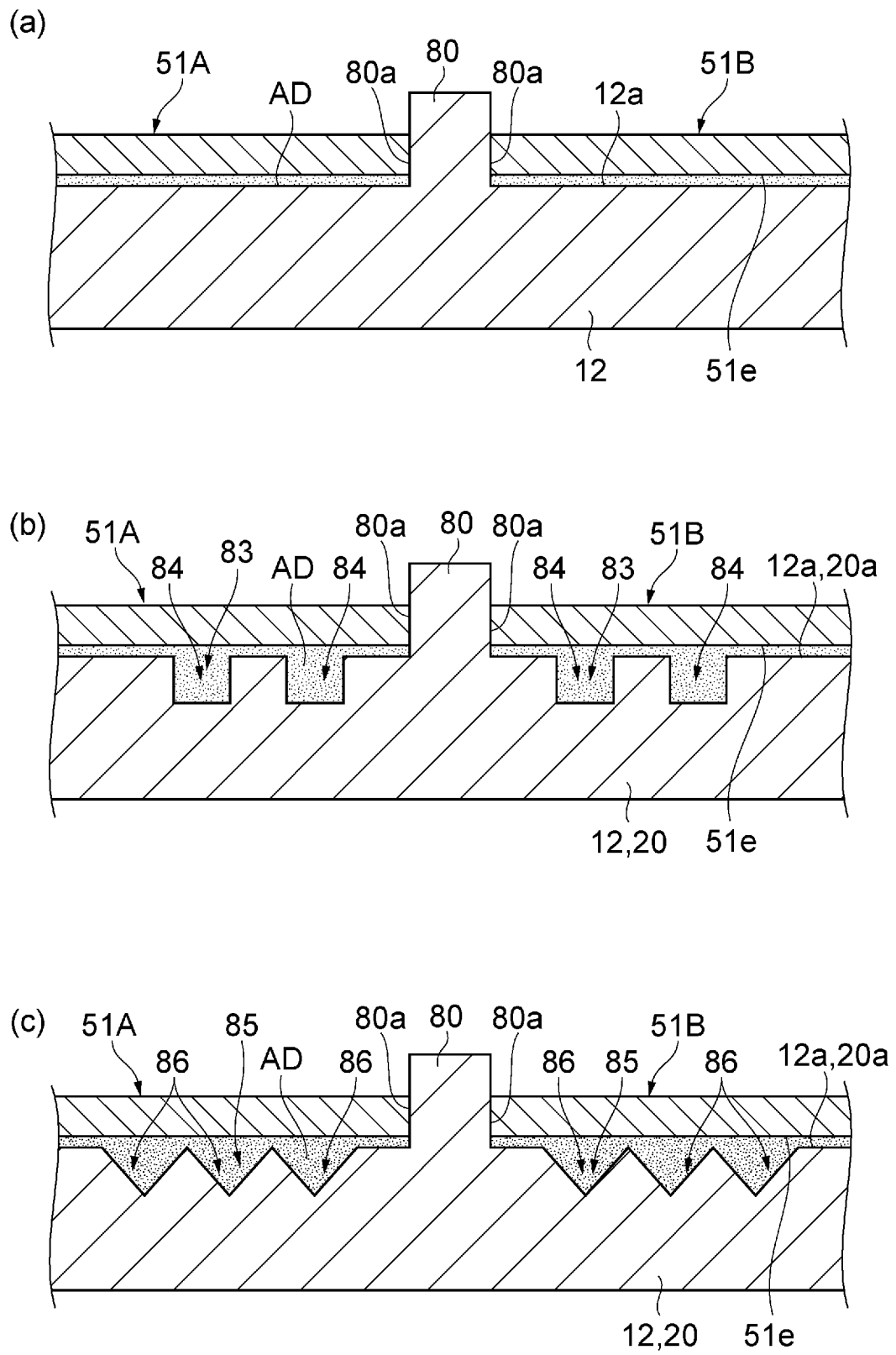
(a)



(b)

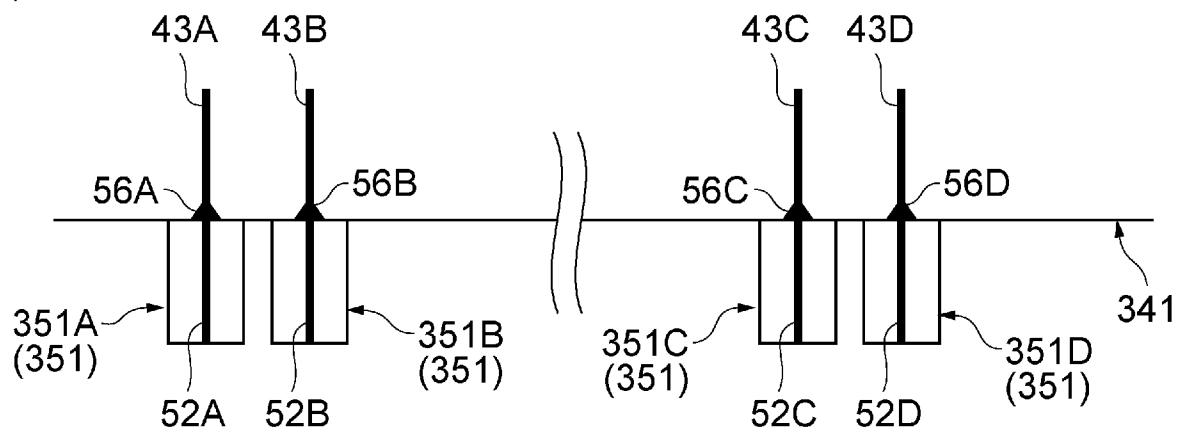


[図6]

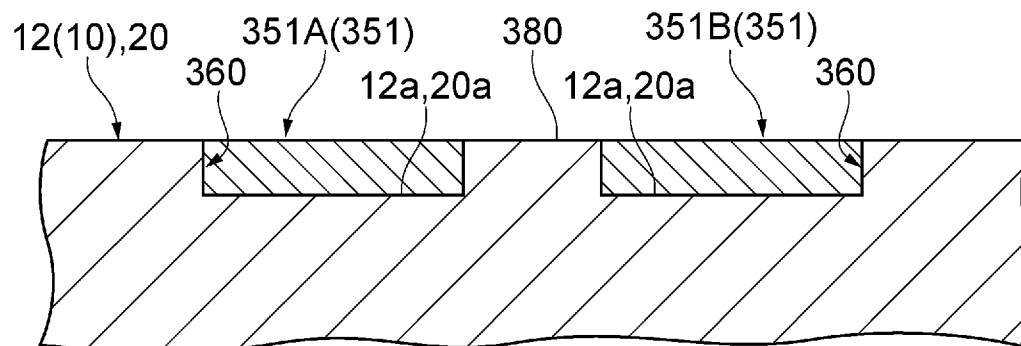


[図7]

(a)

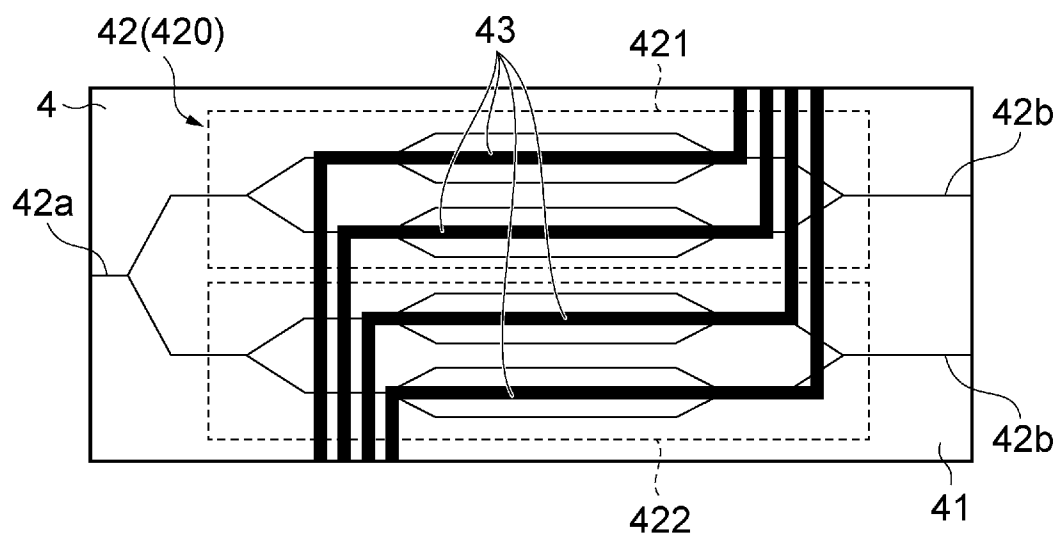


(b)

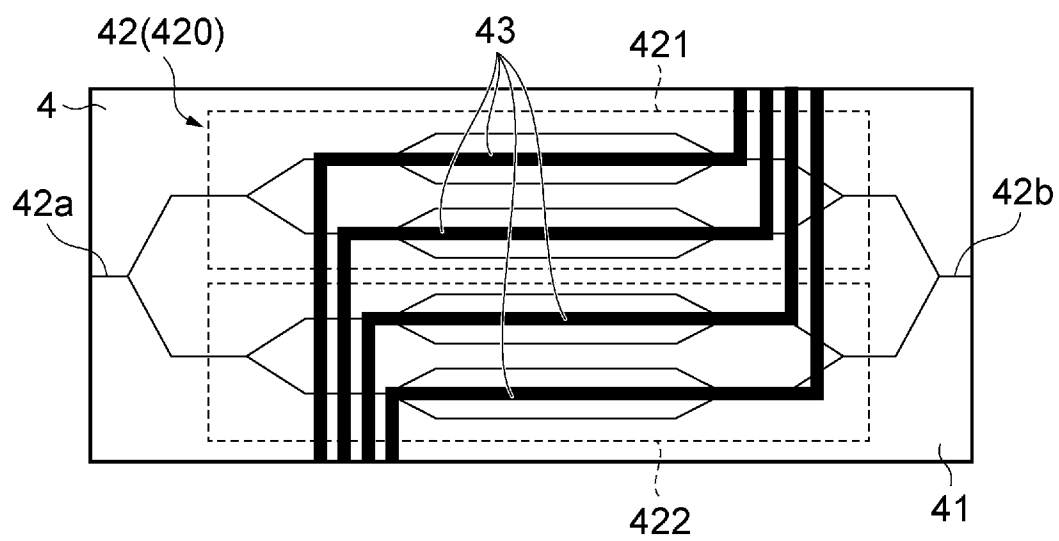


[図8]

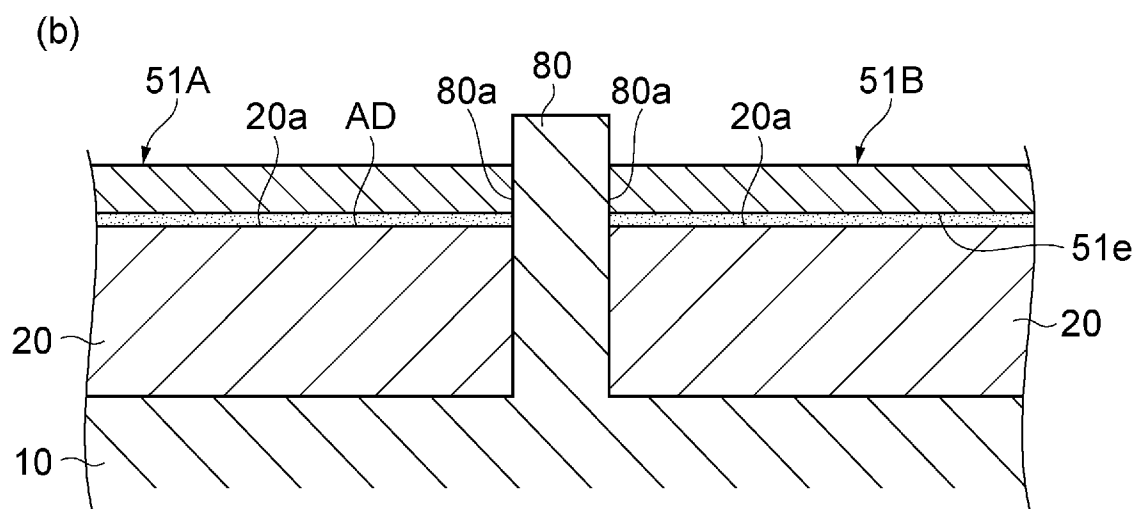
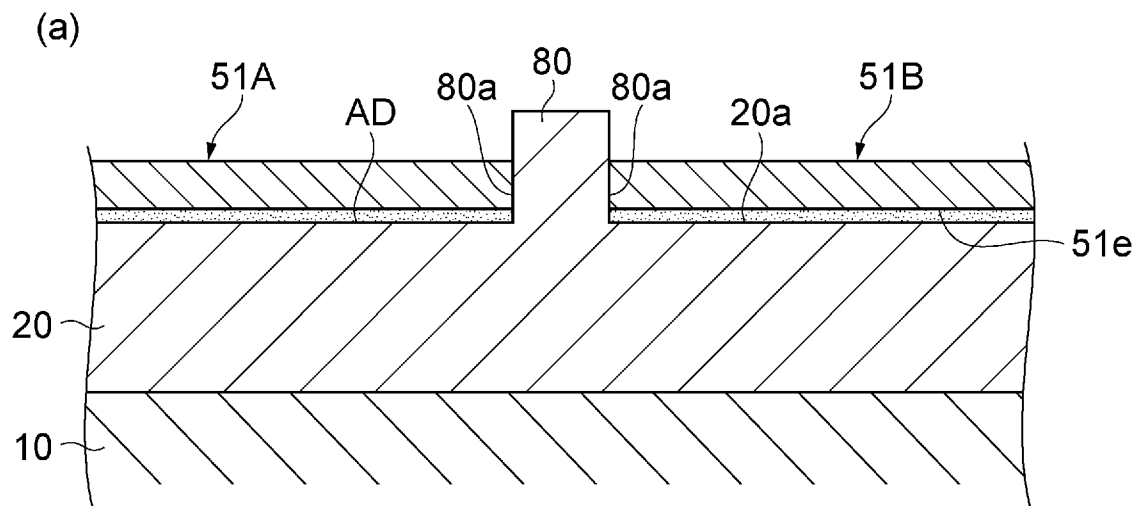
(a)



(b)



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/052313

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F1/01(2006.01)i, G02F1/035(2006.01)i

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, 1/21-7/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
X Y	JP 4-163420 A (Fujitsu Ltd.), 09 June 1992 (09.06.1992), entire text; all drawings (Family: none)	1-2, 4 3, 5
Y	JP 59-159110 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 08 September 1984 (08.09.1984), page 3, lower left column, line 1 to page 5, upper left column, line 8; fig. 1 to 4 (Family: none)	3
Y	JP 2011-13646 A (Anritsu Corp.), 20 January 2011 (20.01.2011), paragraphs [0002] to [0009]; fig. 14 to 15 (Family: none)	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
11 April, 2014 (11.04.14)

Date of mailing of the international search report
22 April, 2014 (22.04.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/052313

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-232583 A (Anritsu Corp.), 17 November 2011 (17.11.2011), abstract; all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 6-130338 A (Fujitsu Ltd.), 13 May 1994 (13.05.1994), paragraph [0087]; fig. 11 (Family: none)	1-5
A	JP 2002-107594 A (NGK Insulators, Ltd.), 10 April 2002 (10.04.2002), abstract; all drawings & US 6640032 B2 & EP 1193517 A2 & DE 60116970 T	3
A	JP 2008-276145 A (Anritsu Corp.), 13 November 2008 (13.11.2008), abstract; all drawings (Family: none)	5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02F1/01(2006.01)i, G02F1/035(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. G02F1/00-1/125, 1/21-7/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
X Y	JP 4-163420 A（富士通株式会社） 1992.06.09, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-2, 4 3, 5
Y	JP 59-159110 A（住友電気工業株式会社） 1984.09.08, 第3頁左下欄第1行-第5頁左上欄第8行, 第1-4図 （ファミリーなし）	3
Y	JP 2011-13646 A（アンリツ株式会社） 2011.01.20, 段落【0002】-【0009】, 図14-15（ファミリーなし）	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。

* 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矛盾するものではなく、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

1 1 . 0 4 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

2 2 . 0 4 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

古田 敦浩

2 X

5 2 6 3

電話番号 03-3581-1101 内線 3294

C (続き) . 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	JP 2011-232583 A (アンリツ株式会社) 2011.11.17, 要約, 全図 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 6-130338 A (富士通株式会社) 1994.05.13, 段落【0087】, 図 11 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2002-107594 A (日本碍子株式会社) 2002.04.10, 要約, 全図 & US 6640032 B2 & EP 1193517 A2 & DE 60116970 T	3
A	JP 2008-276145 A (アンリツ株式会社) 2008.11.13, 要約, 全図 (ファミリーなし)	5