

(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
2017年11月2日(02.11.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/188295 A1

(51) 国際特許分類:
G02F 1/035 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/016471

(22) 国際出願日: 2017年4月26日(26.04.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2016-090007 2016年4月28日(28.04.2016) JP
特願 2016-091089 2016年4月28日(28.04.2016) JP

(71) 出願人: 住友大阪セメント株式会社
(SUMITOMO OSAKA CEMENT CO.,LTD.) [JP/

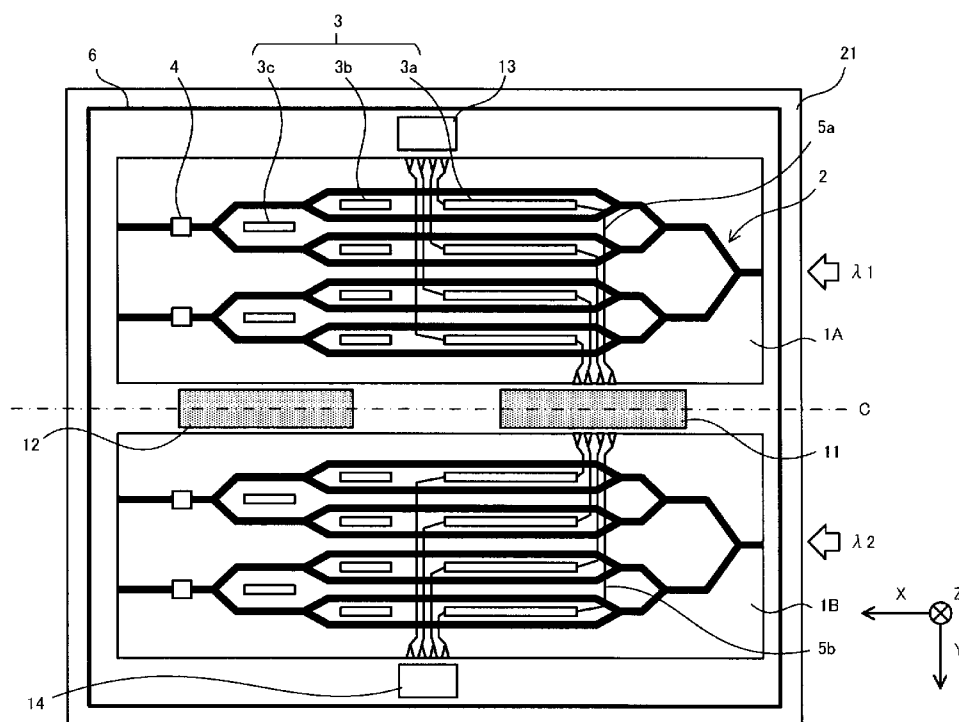
JP]; 〒1028465 東京都千代田区六番町 6 番地 2 8 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 加藤 圭(KATOU Kei); 〒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). 宮崎 徳一(MIYAZAKI Norikazu); 〒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). 清水 亮(SHIMIZU Ryo); 〒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).

(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 1 9 号 芳明ビル4階 Tokyo (JP).

(54) Title: OPTICAL MODULATOR

(54) 発明の名称: 光変調器



(57) **Abstract:** Provided is an optical modulator for suppressing variance in the length of signal line paths relative to a control electrode. The optical modulator comprises: an enclosure 6; two substrates 1A, 1B having an electro-optical effect and disposed in the enclosure interior; and a control electrode 3 for controlling, by control signal, optical waveguides 2 arranged on each of the two substrates 1A, 1B and light waves propagating through the optical waveguides. Relay substrates 11, 12 on which relay signal line paths (not shown) are formed are disposed between the two substrates 1A, 1B.



(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, 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.

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

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

The control electrode 3 and the relay signal line paths are electrically connected, and the control signal is inputted/outputted from one end of the relay signal line paths.

(57) 要約: 制御電極に対する信号線路の長さのバラツキを抑えた光変調器を提供する。光変調器は、筐体6と、該筐体内部に配置される電気光学効果を有する2つの基板1A、1Bと、2つの基板1A、1Bにそれぞれ形成された、光導波路2及び該光導波路を伝搬する光波を制御信号により制御するための制御電極3とを有する。2つの基板1A、1Bの間には中継信号線路(不図示)が形成された中継基板11、12が配置され、制御電極3と中継信号線路は電氣的に接続され、制御信号は中継信号線路の一端から入出力される。

明 細 書

発明の名称： 光変調器

技術分野

[0001] 本発明は、光変調器に関し、特に、2波長集積型などの高集積型変調器の構造に関する。

背景技術

[0002] 光通信システムの高速化、大容量化が進む中で、光通信システムに使用される光変調器の高性能化、高密度化が進んでいる。また、光変調器の小型化の要請に伴い、光変調器を構成する基板の小型化も進められている。しかしながら、光変調器の高性能化と、高密度化及び小型化とは相反する要求であるので、これらを両立するための工夫が求められている。

[0003] このような光変調器に関し、以下のような発明が提案されている。

例えば、特許文献1には、基板上に第1の光変調部と第2の光変調部とを幅方向に並列に設け、該基板の一方の側部に隣接させて、変調用の電気信号を中継する中継基板を配置した構造の光変調器が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2015-172630号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 近年、2波長集積型などの高集積型光変調器が開発されている。図1には、従来の2波長集積型DP-QPSK (Dual Polarization - Quadrature Phase Shift Keying) 変調器を備えた光送信装置の構成例を示してある。同図の光変調器は、波長 λ_1 の光波が入力される光変調領域M1と、波長 λ_1 とは異なる波長 λ_2 の光波が入力される光変調領域M2とを有し、これら光変調領域M1、M2は互いに独立して動作するように構成される。

[0006] 光変調領域M1、M2の各々は、電気光学効果を有する基板1上に、光導

波路 2 と、光導波路 2 を伝搬する光波を制御信号により制御するための制御電極 3 と、光導波路 2 を伝搬する光波を検出するための受光素子 4 とを備えている。制御電極 3 は、制御信号の一種である R F 信号（変調信号）が印加される R F 電極 3 a 又は制御信号の一種である D C 信号（バイアス電圧）が印加される D C 電極 3 b, 3 c など構成される。

[0007] 各光変調領域 M 1, M 2 の光導波路 2 は、マッハツェンダー型光導波路を入子型に多重に配置した構造となっており、これに相応して多数の制御電極 3 又は受光素子 4 が設けられている。同図では、光変調領域 M 1, M 2 のそれぞれに、4 つの R F 電極 3 a と、6 つの D C 電極 3 b, 3 c と、2 つの受光素子 4 を設けてある。

光変調領域 M 1 の下流には偏波合成部（不図示）が配置され、メインとなるマッハツェンダー型光導波路の出力側アーム部を伝搬する光波を偏波合成部で合成して、光変調器に接続された光ファイバに出力する。光変調領域 M 2 についても同様である。偏波合成部は、空間光学系を用いて偏波合成を行う構造のもの又は光導波路を用いて偏波合成を行う構造のものなどがある。

[0008] 基板 1 の光変調領域 M 2 側の辺部に隣接させて、R F 電極 3 a に対する R F 信号を中継する高周波信号用の中継基板 1 1 と、D C 電極 3 b, 3 c に対する D C 信号又は受光素子 4 で検出した受光信号を中継する低周波信号用の中継基板 1 2 が配置されている。また、基板 1 の光変調領域 M 1 側の辺部には、光変調領域 M 1 の R F 電極 3 a に対する R F 信号を終端する終端基板 1 3 が配置され、基板 1 の光変調領域 M 2 側の辺部には、光変調領域 M 2 の R F 電極 3 a に対する R F 信号を終端する終端基板 1 4 が配置されている。

[0009] 上記のような光変調器は、光送信装置を構成する部品の一つとして該光送信装置に内蔵して使用される。一般的に、光変調器は光送信装置のプリント基板 2 1 に搭載され、その搭載面と同一面上に配置されたドライバ素子 2 2 からの制御信号に基づいて動作する。すなわち、光変調器は、その外部（筐体 6 の外部）にあるドライバ素子 2 2 から制御信号の供給を受けて、制御信号に応じた光変調を行う。しかしながら、ドライバ素子 2 2 が筐体 6 の側方

に並列させて配置する構造だと、光変調器及びドライバ素子 2 2 の実装面積が大きくなるので、光送信装置の小型化が困難であった。

[0010] また、上記のように基板 1 の片側に中継基板 1 1, 1 2 を配置する構造だと、高周波信号用の中継基板 1 1 又は低周波信号用の中継基板 1 2 に接続される入出力端子（DC ピン又は RF コネクタなど）を筐体 6 の同一な側面に配置することができる。このため、光変調器を取り扱いやすくなるという利点がある。しかしながら、多数の制御電極 3（3 a, 3 b, 3 c）又は受光素子 4 を配置した基板（チップ）では、それらの部品（3, 4）に接続する信号線路（電気線）の配線の自由度が少ない。特に中継基板 1 1, 1 2 に近い側の光変調領域 M 2 は、光変調領域 M 2 に対する信号線路だけでなく、光変調領域 M 1 に対する信号線路の一部も配設されるとともに、信号線路が局所的に集中することになるので、信号線路の複雑化が顕著になる。その結果、制御電極 3（3 a, 3 b, 3 c）に対する信号線路の長さにバラツキが生じやすい。例えば、RF 電極 3 a に対する信号線路 5 a, 5 b の各々で長さにバラツキが生じることで、各 RF 電極 3 a に対する RF 信号にスキュー（時間遅延）が発生したり、各々の信号線路で伝搬損失差が生じる懸念がある。また、信号線路の長さが長くなると伝搬損失が増加したり、信号線路間でクロストークが発生する可能性があるという問題もある。

[0011] 本発明が解決しようとする第 1 の課題は、上記のような問題を解決し、制御電極に対する信号線路の長さのバラツキを抑えた光変調器を提供することである。また、本発明が解決しようとする第 2 の課題は、上記のような問題を解決し、光変調器及びドライバ素子の実装面積を抑えた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] 上記第 1 の課題を解決するため、第 1 の本発明では、光変調器は、以下のような技術的特徴を有する。

（A 1） 筐体と、該筐体内部に配置される電気光学効果を有する 2 つの基板と、前記 2 つの基板にそれぞれ形成された、光導波路及び該光導波路を伝

搬する光波を制御信号により制御するための制御電極とを有する光変調器において、前記2つの基板の間には中継信号線路が形成された中継基板が配置され、該制御電極と該中継信号線路は電氣的に接続され、該制御信号は該中継信号線路の一端から入出力されることを特徴とする。

[0013] (A2) 上記(A1)に記載の光変調器において、該筐体外部の底面には該中継信号線路の一端に接続されたピンが配置され、該制御信号は、該ピンを介して入出力されることを特徴とする。

[0014] (A3) 上記(A2)に記載の光変調器において、該制御信号は20Gbps以上の変調信号であることを特徴とする。

[0015] (A4) 上記(A2)又は(A3)に記載の光変調器において、該ピンの制御信号が入力される側における変調器外部の信号線路との接続構造はコネクタであることを特徴とする。

[0016] (A5) 上記(A1)に記載の光変調器において、該筐体外部の底面側にはフレキシブル信号線路が形成されたフレキシブル基板が配置され、該フレキシブル信号線路の一端は該中継信号線路の一端に接続され、該制御信号は該フレキシブル信号線路の他端を介して入出力されることを特徴とする。

[0017] (A6) 上記(A5)に記載の光変調器において、該制御信号のスキューの調整は該フレキシブル基板に配置された該フレキシブル信号線路で行うことを特徴とする。

[0018] (A7) 上記(A1)乃至(A6)のいずれかに記載の光変調器において、前記2つの基板における該制御電極は前記2つの基板間の中心線に対して線対称に配置されることを特徴とする。

[0019] 上記第2の課題を解決するため、第2の本発明では、光送信装置及び光変調器は、以下のような技術的特徴を有する。

(B1) 筐体と、該筐体内部に配置される電気光学効果を有する2つの基板と、前記2つの基板にそれぞれ形成された、光導波路及び該光導波路を伝搬する光波を制御信号により制御するための制御電極とを有する光変調器と、該制御信号を出力するドライバ素子とを備えた光送信装置において、該ド

ライバ素子は該筐体外部の底面側に配置され、該制御電極と電氣的に接続されることを特徴とする。

[0020] (B 2) 上記 (B 1) に記載の光送信装置において、前記 2 つの基板の間に、該ドライバ素子と該制御電極とを電氣的に接続するための中継信号線路が形成された中継基板が配置されることを特徴とする。

[0021] (B 3) 上記 (B 1) に記載の光送信装置において、前記 2 つの基板のそれぞれにおいて、前記 2 つの基板の間とは反対側に、該ドライバ素子と該制御電極とを電氣的に接続するための中継信号線路が形成された中継基板が配置されることを特徴とする。

[0022] (B 4) 上記 (B 1) 乃至 (B 3) のいずれかに記載の光送信装置において、該ドライバ素子は、前記 2 つの基板間の中心線から見て該筐体外部の底面側に配置されることを特徴とする。

[0023] (B 5) 上記 (B 4) に記載の光送信装置において、該ドライバ素子は、前記 2 つの基板を平面視する方向から見て該ドライバ素子の中心と前記 2 つの基板間の中心線とが合うように配置されることを特徴とする。

[0024] (B 6) 上記 (B 2) に記載の光送信装置において、該ドライバ素子は、前記 2 つの基板を平面視する方向から見て該中継基板と重なる位置に配置されることを特徴とする。

[0025] (B 7) 上記 (B 1) 乃至 (B 6) のいずれかに記載の光送信装置において、該制御信号は 20 Gbps 以上であることを特徴とする。

[0026] (B 8) 外部のドライバ素子から出力される制御信号に基づいて動作する光変調器において、筐体と、該筐体内部に配置される電気光学効果を有する 2 つの基板と、前記 2 つの基板にそれぞれ形成された、光導波路及び該光導波路を伝搬する光波を該制御信号により制御するための制御電極と、該筐体外部の底面側に配置される該ドライバ素子を該制御電極と電氣的に接続するための電氣的接続手段とを備えたことを特徴とする。

発明の効果

[0027] 第 1 の本発明によれば、制御電極に対する信号線路の長さのバラツキを抑

えた光変調器を提供することができる。また、第2の本発明によれば、光変調器及びドライバ素子の実装面積を抑えた光送信装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]従来の2波長集積型DP-QPSK変調器を備えた光送信装置の構成例を示す平面図である。

[図2]本発明の第1実施例に係る光変調器を説明する平面図である。

[図3]本発明の第1実施例に係る光変調器を説明する断面図である。

[図4]本発明の第2実施例に係る光変調器を説明する断面図である。

[図5A]本発明の第3実施例に係る光送信装置を説明する断面図であり、光送信装置のプリント基板に光変調器を搭載する前の様子を示す図である。

[図5B]本発明の第3実施例に係る光送信装置を説明する断面図であり、光送信装置のプリント基板に光変調器を搭載した後の様子を示す図である。

[図6A]本発明の第3実施例に係る光送信装置を説明する底面図であり、ドライバ素子の配置の一例を示す図である。

[図6B]本発明の第3実施例に係る光送信装置を説明する底面図であり、ドライバ素子の配置の別の例を示す図である。

[図7]本発明の第4実施例に係る光送信装置を説明する平面図である。

[図8]本発明の第4実施例に係る光送信装置を説明する断面図である。

発明を実施するための形態

[0029] 以下、本発明に係る光変調器及び光送信装置について詳細に説明する。

本発明が適用される光変調器は、例えば図2に示すように、筐体6と、該筐体内部に配置される電気光学効果を有する2つの基板1A、1Bと、2つの基板1A、1Bにそれぞれ形成された、光導波路2及び該光導波路を伝搬する光波を制御信号により制御するための制御電極3とを有する。

[0030] 基板1A、1Bとしては、石英、半導体など光導波路を形成できる基板であれば良く、特に、電気光学効果を有する基板である、 LiNbO_3 （ニオブ酸リチウム）、 LiTaO_3 （タンタル酸リチウム）又はPLZT（ジルコン

酸チタン酸鉛ランタン)のいずれかの単結晶などを用いた基板が好適に利用可能である。

[0031] 基板 1 A, 1 B に形成する光導波路 2 は、例えば、 LiNbO_3 基板 (LN 基板) 上にチタン (Ti) などの高屈折率物質を熱拡散することにより形成される。また、光導波路となる部分の両側に溝を形成したリブ型光導波路又は光導波路部分を凸状としたリッジ型導波路も利用可能である。また、PLC 等の異なる導波路基板に光導波路を形成し、これらの導波路基板を貼り合せ集積した光回路にも、本発明を適用することが可能である。

[0032] 基板 1 A, 1 B には、光導波路 2 を伝搬する光波を制御信号により制御するための制御電極 3 が設けられる。制御電極 3 としては、変調電極を構成する RF 電極 3 a 及びこれを取り巻く接地電極 (不図示)、DC 信号を印加する DC 電極 3 b、3 c などがある。これら制御電極 3 は、基板表面に、Ti・Au の電極パターンを形成し、金メッキ方法などにより形成することが可能である。さらに、必要に応じて光導波路形成後の基板表面に誘電体 SiO_2 等のバッファ層を設けることも可能である。

[0033] 基板 1 A, 1 B の各々の光変調領域を構成する光導波路 2 は、マッハツェンダー型導波路を入れ子型に多重に配置した構造となっており、これに相応して多数の制御電極 3 又は受光素子 4 が設けられている。同図では、基板 1 A, 1 B のそれぞれに、4 つの RF 電極 3 a と、6 つの DC 電極 3 b, 3 c と、2 つの受光素子 4 を設けてある。

[0034] 本明細書では、基板の長さ方向を「X 方向」とし、基板の幅方向を「Y 方向」とし、基板の厚さ方向を「Z 方向」とする。X 方向は光波の進行方向 (図中の矢印 X の方向) に対応し、これに直交する方向 (図中の矢印 Y の方向) が Y 方向となり、基板を平面視する方向 (図中の矢印 Z の方向) が Z 方向となる。

[0035] (第 1 の本発明について)

本発明の一態様に係る光変調器の主な特徴は、基板 1 A, 1 B の間に、中継信号線路 (不図示) が形成された中継基板 1 1, 1 2 が配置され、制御電

極 3 と中継信号線路は電氣的に接続され、制御信号は中継信号線路の一端から入出力されることである。以下、第 1 実施例及び第 2 実施例を参照して詳細に説明する。なお、光変調器の概略的な構成は、図 1 を参照して説明した従来の光変調器と同様である。

実施例 1

[0036] 図 2 は、本発明の第 1 実施例に係る光変調器を説明する平面図であり、図 3 は、図 2 における A - A' 断面図である。

本例の光変調器は、筐体 6 の内部底面（筐体外部の底面に対向する筐体内部の面）に、2 つの基板 1 A, 1 B を Y 方向に並列に配置してある。基板 1 A と基板 1 B の間には、RF 電極 3 a に対する RF 信号を中継する高周波信号用の中継基板 1 1 と、DC 電極 3 b, 3 c に対する DC 信号を中継する低周波信号用の中継基板 1 2 が配置される。中継基板 1 2 は、受光素子 4 で検出した受光信号を外部に出力する際の中継に用いることもできる。

[0037] 中継基板 1 1, 1 2 には中継信号線路（不図示）が形成されている。中継信号線路は、一方の端部が基板 1 A, 1 B の制御電極 3 に対する信号線路と電氣的に接続され、他方の端部にピン 7 が接続される。すなわち、中継信号線路は、制御電極 3 と電氣的に接続され、ピン 7 から入出力される制御信号を制御電極 3 との間で中継する。図 2 では、基板 1 A の RF 電極 3 a に対する信号線路 5 a と、基板 1 B の RF 電極 3 a に対する信号線路 5 b を示しているが、他の信号線路は省略している。

[0038] このように、基板 1 A と基板 1 B の間に、これらの基板に対する制御信号を中継する中継基板 1 1, 1 2 を配置することで、従来技術のように信号線路が局所的に集中することがなくなる。すなわち、一方の光変調領域（M 2）に、他方の光変調領域（M 1）に対する信号線路の一部を配設させずに済むようになる。また、信号線路の長さは、中継基板 1 1, 1 2 上の中継信号線路の配設の仕方により調整できる。このため、信号線路の長さを揃えやすくなり、信号線路の長さのバラツキによる制御信号のスキュー（位相ずれ）を抑制できる。

- [0039] また、信号線路の長さの調整は中継基板 1 1, 1 2 上の中継信号線路で行えるので、伝搬損失が大きい基板 1 A, 1 B 上の信号線路をなるべく短くすることで、信号線路全体での伝搬損失を抑え、また信号線路間でクロストークの発生を抑制することが可能となる。更に、1 枚の基板（チップ）に多数の光変調領域を形成するのではなく、本例のようにチップを分離した構造にすることで、チップ製造の歩留りを改善する効果も得られる。
- [0040] また、本例の光変調器において、中継基板 1 1, 1 2 に形成された中継信号線路には、図 3 に示すように、中継基板 1 1, 1 2 から筐体 6 の底面を貫通するように延びるピン 7 の一端が電氣的に接続されている。ピン 7 の他端は制御信号の入出力のため変調器外部の信号線路と接続される。ピン 7 の他端側（制御信号が入力される側）における変調器外部の信号線路との接続構造としては、制御信号が D C 信号の場合、ピン 7 をそのまま利用してもよい。また制御信号が R F 信号の場合、ピン 7 の他端側における当該構造は G P P O 又は G 3 P O などのコネクタとしてもよい。
- [0041] このように、筐体 6 の底面から出たピン 7 を介して制御信号を入出力する構成とすることで、ピン 7 の他端から制御電極 3 に至る信号線路の長さを短縮できる。その結果、スキューの低減、信号線路間の伝搬損失のバラツキの低減、信号線路トータルとしての伝搬損失の低減といった効果を得ることができる。
- [0042] また、本例の光変調器は、基板 1 A における各制御電極 3 と基板 1 B における各制御電極 3 を、基板 1 A と基板 1 B の間の中心線（図中の一点鎖線 C）に対して線対称に配置している。このため、光変調器外部もしくは内部の温度変化により基板 1 A 又は基板 1 B に熱応力が発生した場合でも、基板 1 A 又は基板 1 B に対する熱応力が一点鎖線 C に対して対称に発生する。したがって、基板 1 A と基板 1 B 間の光学特性又は電気特性の劣化のバラツキを抑制することができる。また、従来のように中継基板 1 1, 1 2 を基板 1 A もしくは基板 1 B の筐体内壁側の同じ側面に配置せず、基板 1 A と基板 1 B の間に中継基板 1 1, 1 2 を配置しているので、上記構成と相俟って相乗的

な効果を得ることができる。また、基板 1 A 及び基板 1 B における光導波路も一点鎖線 C に対して対称に配置した場合、更に上記効果を高めることができる。

実施例 2

[0043] 図 4 は、本発明の第 2 実施例に係る光変調器を説明する断面図である。

本例の光変調器は、筐体 6 の外部の底面側に、信号線路（フレキシブル信号線路）が形成されたフレキシブル基板 3 1 を配置してある。中継基板 1 1, 1 2 に形成された中継信号線路には、中継基板 1 1, 1 2 から筐体 6 の底面を貫通するように延びるピン 7 の一端が電氣的に接続されている。また、ピン 7 の他端はフレキシブル信号線路の一端と電氣的に接続されている。制御電極 3 に対する制御信号は、フレキシブル信号線路の他端から入出力される。

[0044] このように、制御電極 3 に対する制御信号の信号経路の一部を、基板 1 A 又は基板 1 B などより伝搬損失が小さいフレキシブル信号線路で形成することで、制御信号の伝搬損失を低減することができる。特に、信号経路においてフレキシブル信号線路で形成する区間の割合を多くし、基板 1 A, 1 B 上の信号線路を最小限に抑えることで、信号線路トータルとしての伝搬損失を低減することができる。また、スキューの調整を、配線取り回しが容易なフレキシブル信号線路の区間で行うことで、基板 1 A, 1 B 上の配線を簡素化でき、設計自由度の改善を図ることができる。

[0045] 以上、第 1 の本発明について、第 1 実施例及び第 2 実施例を用いて説明したが、本発明は上述した内容に限定されず、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜設計変更可能であることはいうまでもない。

一例として、DC 信号と RF 信号を、筐体の互いに異なる面に配置されたピン又はコネクタからそれぞれ入出力する構成とすることができる。

この場合、例えば、筐体の互いに異なる面に配置されたピン又はコネクタは、変調器外部の信号線路と接続される部分における DC 信号の伝搬方向と RF 信号の伝搬方向が直交するように配置する構成としてもよい。こうする

ことで、DC信号の伝搬方向とRF信号の伝搬方向が直交するので、DC信号とRF信号との間のクロストークが抑制できる。また、筐体の同一面にピンとコネクタを配置した従来の構成と比較して、ピンとコネクタの距離を大きくすることができるので、DC信号の伝搬方向とRF信号の伝搬方向が直交することとの相乗効果により、DC信号とRF信号との間のクロストークを効果的に抑制することができる。

[0046] また、例えば、筐体の底面と側面にピン又はコネクタをそれぞれ配置し、DC信号は筐体の側面に配置されたピン又はコネクタから入出力し、RF信号は筐体の底面に配置されたピン又はコネクタから入出力する構成としてもよい。このような構成の場合でも、RF信号の信号線路の長さを短縮することができ、スキューの低減、信号線路間の伝搬損失のバラツキの低減、信号線路トータルとしての伝搬損失の低減といった効果を得ることができる。

尚、本発明の効果は変調信号が20Gbps未満でも一定の効果が得られるが、変調信号が20Gbps以上の場合、信号線路全体での伝搬損失の抑制及び信号線路間でクロストーク発生の抑制の面で更に高い効果を奏することができる。

[0047] また、基板1A、1B又は中継基板11、12における筐体内部の面との固定面は、基板又は中継基板の全面でなくともよい。例えば、基板又は中継基板の一部を固定面とすることで、環境温度の変化に伴う基板又は中継基板への応力の発生を緩和できるので、環境温度に対する変調特性の劣化を抑制することができる。また、筐体内部に配置される基板1A、1B又は中継基板11、12は、筐体内部の面に接着剤又は半田等により固定されてもよいし、基板又は中継基板と筐体内部の面との間に他の部材を介して固定してもよい。

[0048] (第2の本発明について)

本発明の一態様に係る光送信装置の主な特徴は、制御電極3に対する制御信号を出力するドライバ素子22を、光変調器の筐体外部の底面側に配置したことである。以下、第3実施例及び第4実施例を参照して詳細に説明する

。なお、光変調器及び光送信装置の概略的な構成は、図1を参照して説明した従来の光変調器と同様である。

実施例 3

[0049] 図2は、本発明の第3実施例に係る光送信装置を説明する平面図であり、図5は、これをX方向に見た断面図である。また、図6は、ドライバ素子22の配置を説明する底面図である。なお、図5Aは、光送信装置のプリント基板に光変調器を搭載する前の様子を示す図であり、図5Bは、光送信装置のプリント基板に光変調器を搭載した後の様子を示す図である。また、図6Aは、ドライバ素子の配置の一例を示す図であり、図6Bは、ドライバ素子の配置の別の例を示す図である。

[0050] 本例の光送信装置における光変調器は、筐体6の内部底面（筐体外部の底面に対向する筐体内部の面）に、2つの基板1A、1BをY方向に並列に配置してある。基板1Aと基板1Bの間には、RF電極3aに対するRF信号を中継する高周波信号用の中継基板11と、DC電極3b、3cに対するDC信号を中継する低周波信号用の中継基板12が配置される。中継基板12は、受光素子4で検出した受光信号を外部に出力する際の中継に用いることもできる。

[0051] 本例の光変調器は、光送信装置を構成する部品の一つとして該光送信装置に内蔵して使用される。具体的には、本例の光変調器は、光送信装置のプリント基板21上に搭載され、その搭載面（上面）とは反対側の面（下面）に配置されたドライバ素子22からの制御信号に基づいて動作する。すなわち、制御信号を出力するドライバ素子22を、光変調器の筐体外部の底面側に配置する構造となっている。

[0052] 中継基板11、12には中継信号線路（不図示）が形成されている。中継信号線路の一方の端部は、基板1A、1Bの制御電極3に対する信号線路と電氣的に接続され、他方の端部は、電氣的接続手段の一例であるピン7a、7bと電氣的に接続される。ピン7a、7bは、中継基板11、12から筐体6の底面を貫通するように形成されている。また、ピン7a、7bは、筐

体 6 の底面から突出する部分の長さが、少なくともプリント基板 2 1 の厚さ以上になるようにしてある。

[0053] プリント基板 2 1 には、光変調器を搭載した際にピン 7 a, 7 b が位置することになる箇所に、ピン 7 a, 7 b を挿し通せる貫通孔 2 3 a, 2 3 b を形成してある。また、プリント基板 2 1 の下面には、ドライバ素子 2 2 から貫通孔 2 3 a, 2 3 b に向かって延びる出力端子 2 4 a, 2 4 b を設けてある。プリント基板 2 1 に光変調器を搭載すると、プリント基板 2 1 の貫通孔 2 3 a, 2 3 b からピン 7 a, 7 b の一部が突出する。この突出した部分と出力端子 2 4 a, 2 4 b とを半田等により接続することで、中継基板 1 1, 1 2 の中継信号線路とプリント基板 2 1 の出力端子 2 4 a, 2 4 b とを電氣的に接続することができる。なお、出力端子 2 4 a, 2 4 b と貫通孔 2 3 a, 2 3 b との間隔を広げ、出力端子 2 4 a, 2 4 b と貫通孔 2 3 a, 2 3 b の間に信号線路を形成し、この信号線路を介してピン 7 a, 7 b と出力端子 2 4 a, 2 4 b とを電氣的に接続する構成にしてもよい。

[0054] 出力端子 2 4 a は、ドライバ素子 2 2 から基板 1 A 側に供給する制御信号を出力するための端子である。出力端子 2 4 b は、ドライバ素子 2 2 から基板 1 B 側に供給する制御信号を出力するための端子である。すなわち、例えば基板 1 A に対する R F 信号が、ドライバ素子 2 2 から出力端子 2 4 a、ピン 7 a、信号線路 5 a 等を通じて、基板 1 A 側の R F 電極 3 a に伝送される。また、例えば基板 1 B に対する R F 信号が、ドライバ素子 2 2 から出力端子 2 4 b、ピン 7 b、信号線路 5 b 等を通じて、基板 1 B 側の R F 電極 3 b に伝送される。なお、図 2 では、基板 1 A の R F 電極 3 a に対する信号線路 5 a と、基板 1 B の R F 電極 3 a に対する信号線路 5 b を示しているが、他の信号線路は省略している。

[0055] このように、本例の光送信装置では、ドライバ素子 2 2 を光変調器の筐体外部の底面側に配置したので、従来構成と比較してプリント基板 2 1 のサイズを小さくすることができる。また、これにより、光変調器及びドライバ素子 2 2 の実装面積を抑えた光送信装置を提供することができる。

- [0056] また、本例の光送信装置では、基板 1 A と基板 1 B の間に配置した中継基板 1 1, 1 2 に、ドライバ素子 2 2 と制御電極 3 とを電氣的に接続するための中継信号線路を形成したので、従来技術のように信号線路が局所的に集中することを抑制できる。すなわち、一方の光変調領域 (M 2) に、他方の光変調領域 (M 1) に対する信号線路の一部を配設させずに済むようになる。また、信号線路の長さは、中継基板 1 1, 1 2 上の中継信号線路の配設の仕方により調整できる。このため、信号線路の長さを揃えやすくなり、信号線路の長さのバラツキによる制御信号のスキュー (時間遅延) を抑制できる。
- [0057] また、信号線路の長さの調整は中継基板 1 1, 1 2 上の中継信号線路又はプリント基板 2 1 上の信号線路で行える。このため、伝搬損失が大きい基板 1 A, 1 B 上の信号線路をなるべく短くすることで、信号線路全体での伝搬損失を抑え、また信号線路間でクロストークの発生を抑制することが可能となる。更に、1 枚の基板 (チップ) に多数の光変調領域を形成するのではなく、本例のようにチップを分離した構造にすることができる。このため、1 チップに搭載する導波路又は電極の微細パターンが少なくなるので、パターンの欠陥等によるチップ製造の歩留りを改善する効果も得られる。
- [0058] また、本例の光送信装置では、基板 1 A と基板 1 B の間の中心線 (図中の一点鎖線 C) から見て筐体外部の底面側に配置されたドライバ素子 2 2 と接続できる位置に、ピン 7 a, 7 b を設けている。このため、ドライバ素子 2 2 から制御電極 3 に至る信号線路の長さを効率的に短縮できる。これにより、制御信号の伝搬損失の更なる低減を実現することができる。基板 1 A, 1 B の各制御電極 3 に対する信号線路の配線を最適化するには、図 5 又は図 6 A のように Z 方向に見たときドライバ素子 2 2 の中心と中心線 C とが合う位置にドライバ素子 2 2 が配置されるように構成してもよい。
- [0059] ここで、制御信号の伝搬損失の低減を図る上では、上記のようにドライバ素子 2 2 の中心と中心線 C とが Z 方向で合っている方がよいが、実用上問題ない範囲であれば、ドライバ素子 2 2 が中心線 C から基板 1 A 側または基板 1 B 側にずれた位置に配置する構成にしても構わない。但し、信号線路の長

さのバラツキを抑えるという観点から、Z方向に見たとき、プリント基板7の一方の面側にある中継基板11、12とプリント基板7の他方の面側にあるドライバ素子22とが重なる位置に配置されるずらし量としてもよい。

[0060] 図6Aにおけるドライバ素子22では、制御信号の出力端子24a、24bが左右に配置されており、基板1A側の貫通孔23aに延びる出力端子24aと基板1B側の貫通孔23bに延びる出力端子24bとが中心線Cに対して線対称に配置されている。また、図6Bのようにドライバ素子22の片側にのみ出力端子24a、24bが配置されている場合も同様に、基板1A側の貫通孔23aに延びる出力端子24aと基板1B側の貫通孔23bに延びる出力端子24bとが中心線Cに対して線対称に配置されるようにしてもよい。

ドライバ素子22に関するこれら出力端子24a、24bの配置については、後述の第4実施例においても同様に採用できることはいうまでもない。

なお、筐体外部の底面側にドライバ素子22を配置する構造は、制御信号が20Gbps以上である場合に適用してもよい。

実施例 4

[0061] 図7は、本発明の第4実施例に係る光送信装置を説明する断面図であり、図8は、これをX方向に見た断面図である。

本例の光送信装置における光変調器は、筐体6の内部底面（筐体外部の底面に対向する筐体内部の面）に、2つの基板1A、1BをY方向に並列に配置してある。基板1Aの基板1Bとは反対側の側辺には、基板1Aに対する高周波信号用の中継基板11Aが基板1Aに隣接させて配置される。また、基板1Bの基板1Aとは反対側の側辺には、基板1Bに対する高周波信号用の中継基板11Bが基板1Bに隣接させて配置される。

[0062] 本例の光変調器も第3実施例と同様に、光送信装置を構成する部品の一つとして該光送信装置に内蔵して使用される。具体的には、本例の光変調器は、光送信装置のプリント基板21上に搭載され、その搭載面（上面）とは反対側の面（下面）に配置されたドライバ素子22からの制御信号に基づいて

動作する。すなわち、制御信号を出力するドライバ素子 2 を光変調器の筐体外部の底面側に配置する構造となっている。

なお、低周波信号用の中継基板は図示を省略しているが、高周波信号用の中継基板と同様に、基板 1 A の基板 1 B とは反対側の側辺、及び、基板 1 B の基板 1 A とは反対側の側辺の両方に個別に設けてもよく、その一方の側辺だけに共用の中継基板を設けてもよい。

[0063] このような構成によっても、ドライバ素子 2 2 を光変調器の筐体外部の底面側に配置できるので、光変調器及びドライバ素子 2 2 の実装面積を抑えた光送信装置を提供することができる。また、第 3 実施例と同様に、信号線路の局所的な集中の回避、信号線路の長さのバラツキによる制御信号のスキュー（位相ずれ）の抑制、信号線路全体での伝搬損失の改善などの効果も得ることができる。

[0064] 以上、第 2 の本発明について、第 3 実施例及び第 4 実施例を用いて説明したが、本発明は上述した内容に限定されず、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜設計変更可能であることはいうまでもない。

例えば、上記の説明では、プリント基板 2 1 の上側に光変調器を搭載し、下側にドライバ素子 2 2 を搭載する例について説明したが、これら全体を逆さにしても構わない。

また、上記の説明では、ドライバ素子 2 2 を事後的に接続可能に構成された光変調器について説明したが、ドライバ素子 2 2 を光変調器に予め接続しておく構成とすることもできる。この場合には、プリント基板 2 1 に、光変調器を配置した際にドライバ素子 2 2 が位置することになる領域部分に開口部を設けておけばよい。これにより、光変調器をプリント基板 2 1 に配置すると開口部からドライバ素子 2 2 が現れるので、開口部にあるドライバ素子 2 2 にプリント基板 2 1 の他の回路素子を電氣的に接続することができる。

産業上の利用可能性

[0065] 以上、説明したように、第 1 の本発明によれば、制御電極に対する信号線路の長さのバラツキを抑えた光変調器を提供することができる。また、第 2

の本発明によれば、光変調器及びドライバ素子の実装面積を抑えた光送信装置を提供することができる。

符号の説明

- [0066] 1 基板
- 2 光導波路
- 3 制御電極
- 3 a R F 電極
- 3 b, 3 c D C 電極
- 4 受光素子
- 5 a, 5 b 信号線路
- 6 筐体
- 7, 7 a, 7 b ピン
- 1 1, 1 1 A, 1 1 B, 1 2 中継基板
- 1 3, 1 4 終端基板
- 2 1 プリント基板
- 2 2 ドライバ素子
- 2 3 a, 2 3 b 貫通孔
- 2 4 a, 2 4 b 出力端子
- 3 1 フレキシブル基板

請求の範囲

- [請求項1] 筐体と、
 該筐体内部に配置される電気光学効果を有する2つの基板と、
 前記2つの基板にそれぞれ形成された、光導波路及び該光導波路を
 伝搬する光波を制御信号により制御するための制御電極とを有する光
 変調器において、
 前記2つの基板の間には中継信号線路が形成された中継基板が配置
 され、
 該制御電極と該中継信号線路は電氣的に接続され、
 該制御信号は該中継信号線路の一端から入出力されることを特徴と
 する光変調器。
- [請求項2] 請求項1に記載の光変調器において、
 該筐体外部の底面には該中継信号線路の一端に接続されたピンが配
 置され、
 該制御信号は、該ピンを介して入出力されることを特徴とする光変
 調器。
- [請求項3] 請求項2に記載の光変調器において、
 該制御信号は20Gbps以上の変調信号であることを特徴とする
 光変調器。
- [請求項4] 請求項2又は請求項3に記載の光変調器において、
 該ピンの制御信号が入力される側における変調器外部の信号線路と
 の接続構造はコネクタであることを特徴とする光変調器。
- [請求項5] 請求項1に記載の光変調器において、
 該筐体外部の底面側にはフレキシブル信号線路が形成されたフレキ
 シブル基板が配置され、
 該フレキシブル信号線路の一端は該中継信号線路の一端に接続され
 、
 該制御信号は該フレキシブル信号線路の他端を介して入出力される

ことを特徴とする光変調器。

[請求項6]

請求項 5 に記載の光変調器において、

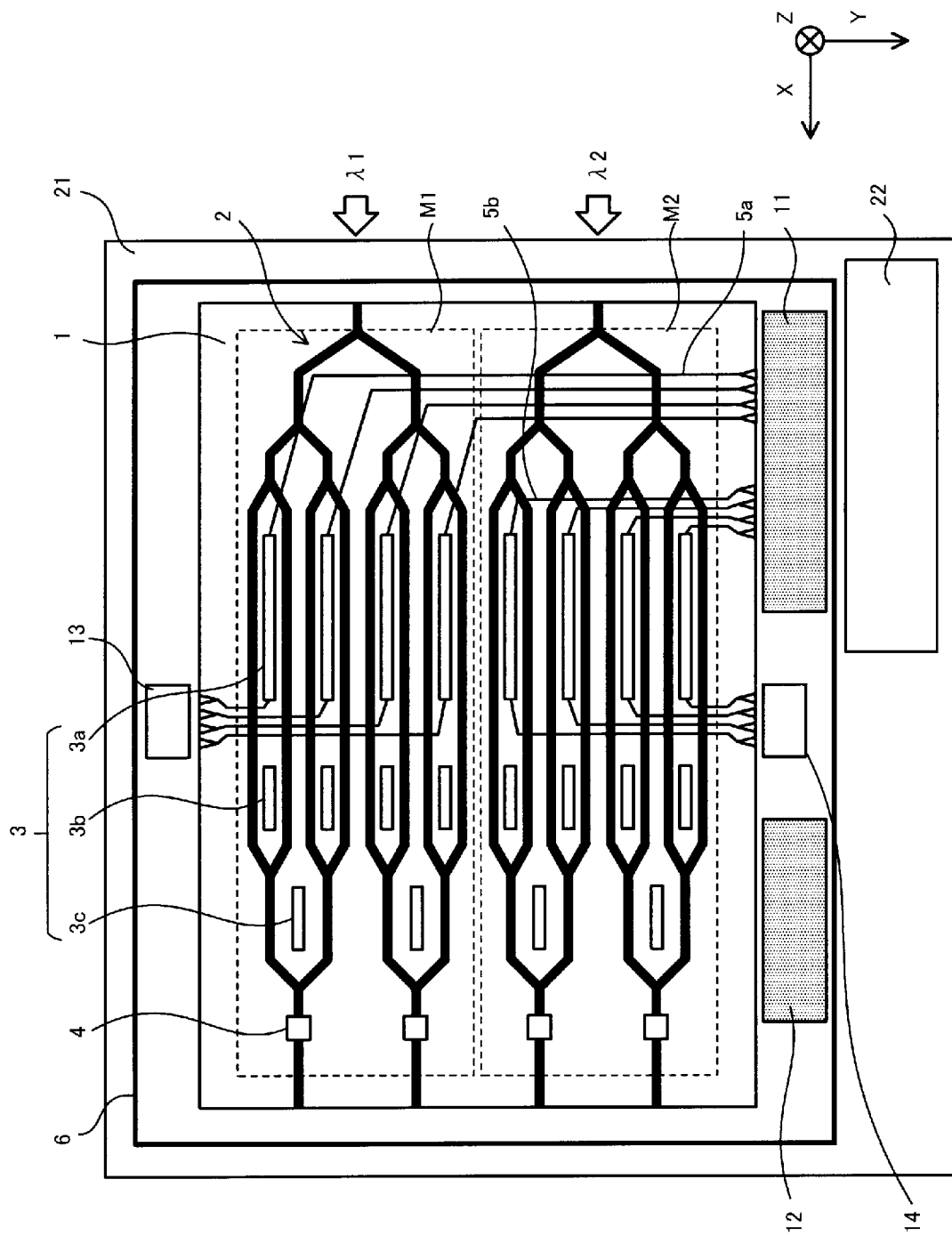
該制御信号のスキューの調整は該フレキシブル基板に配置された該フレキシブル信号線路で行うことを特徴とする光変調器。

[請求項7]

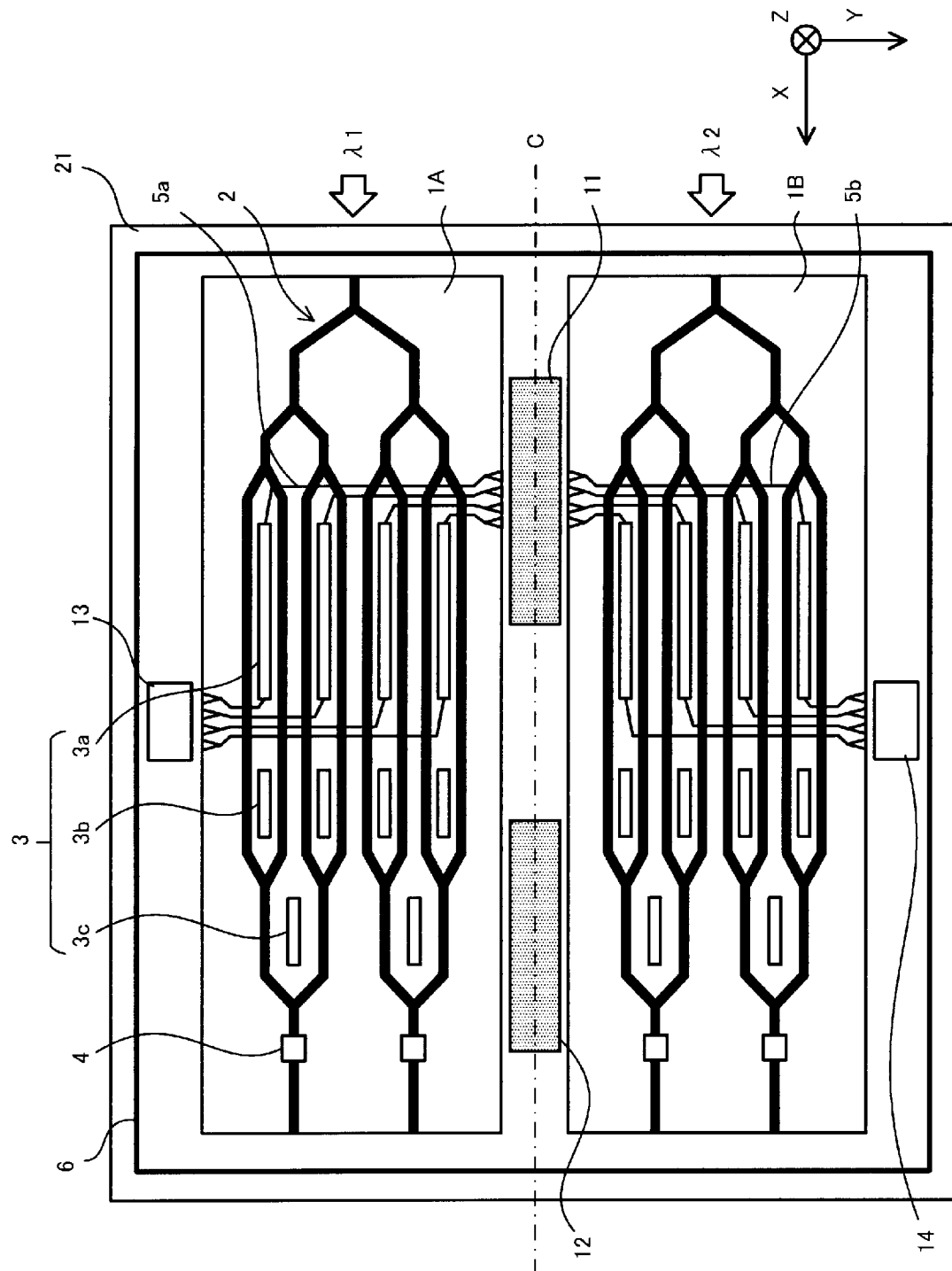
請求項 1 乃至請求項 6 のいずれかに記載の光変調器において、

前記 2 つの基板における該制御電極は前記 2 つの基板間の中心線に対して線対称に配置されることを特徴とする光変調器。

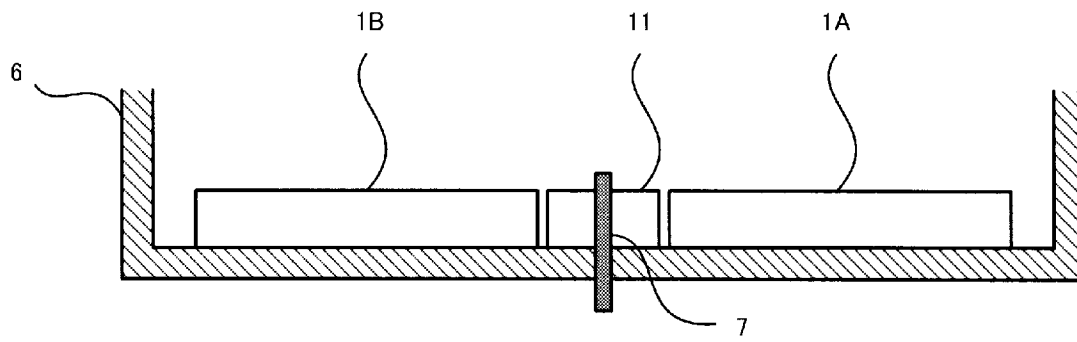
[図1]



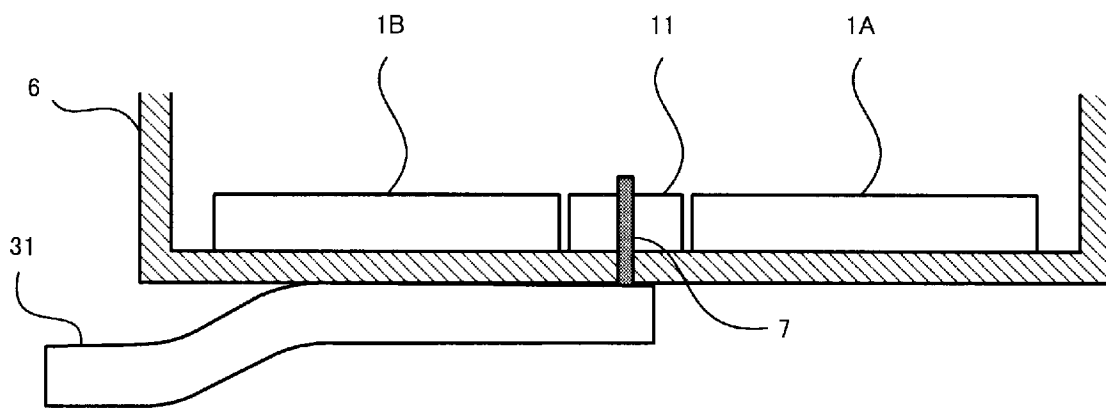
[図2]



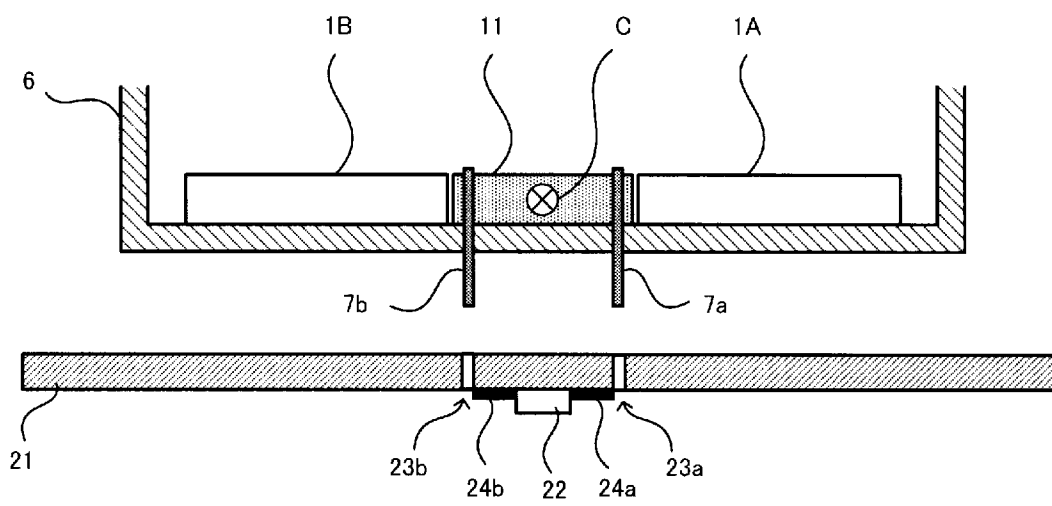
[図3]



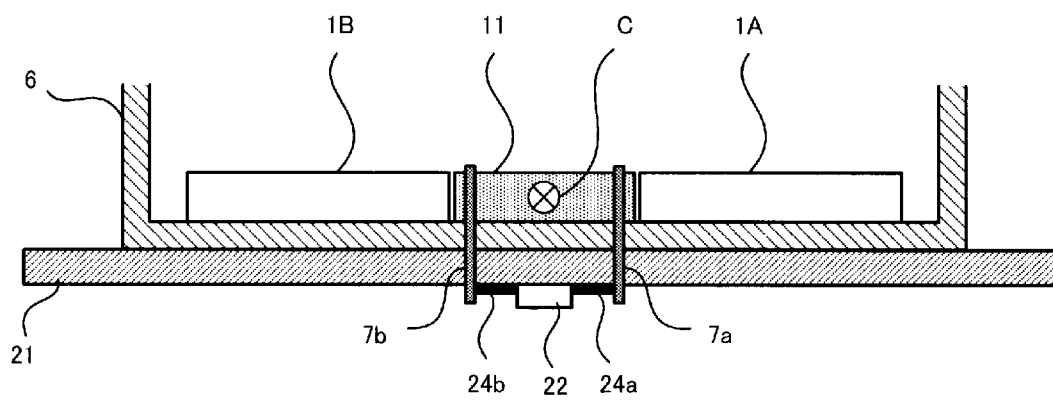
[図4]



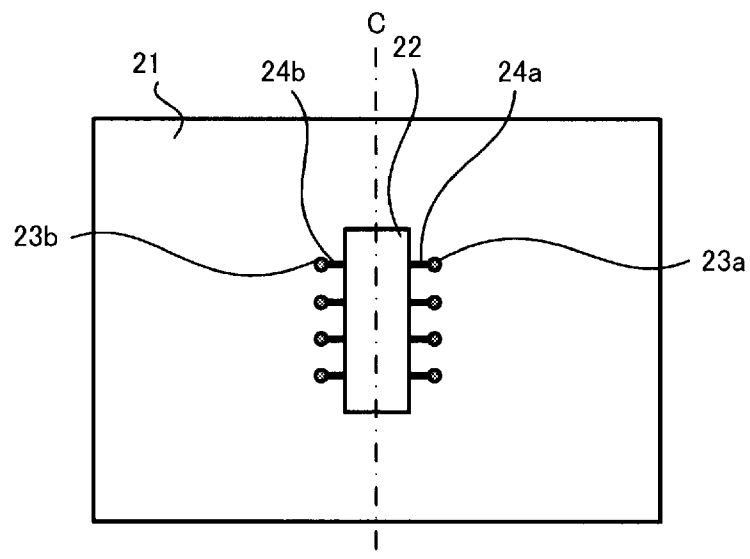
[図5A]



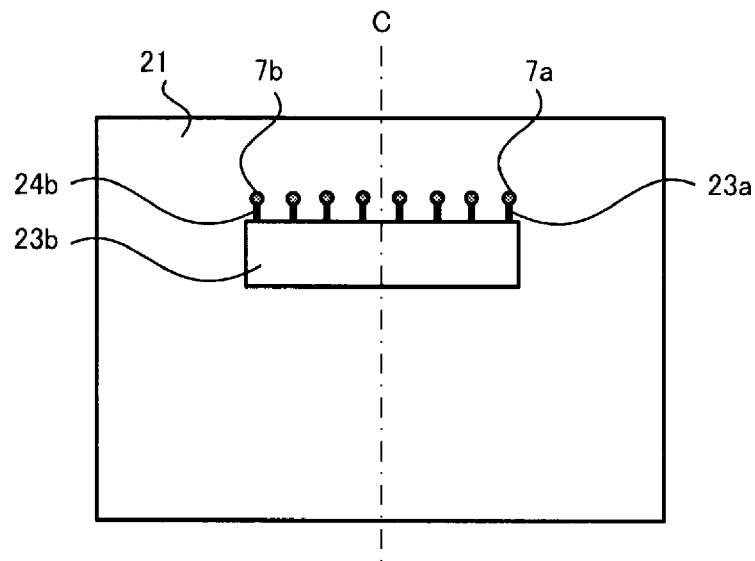
[図5B]



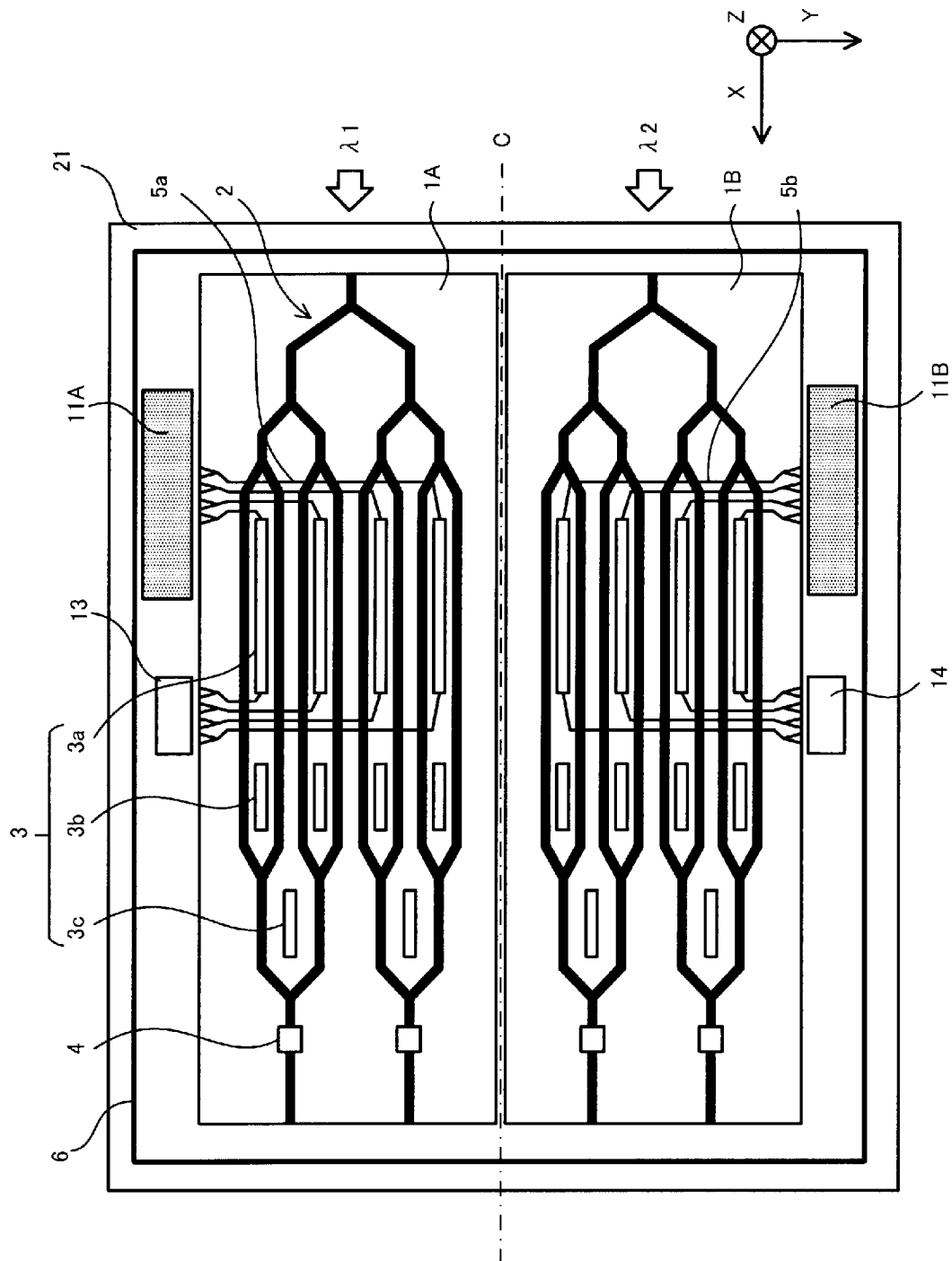
[図6A]



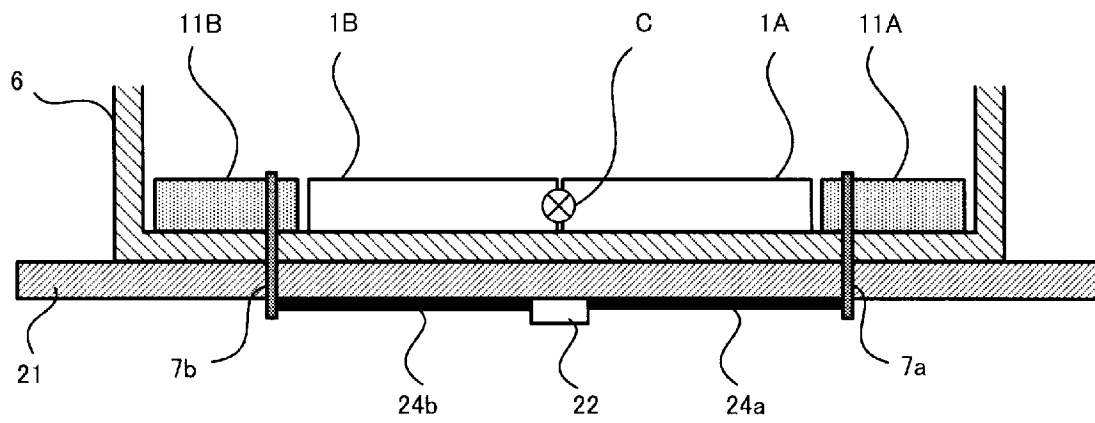
[図6B]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/016471

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

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, G02F1/21-7/00

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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 2015/154813 A1 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FORDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.), 15 October 2015 (15.10.2015), page 10, lines 6 to 34; fig. 5 (Family: none)	1-7
A	JP 2016-020927 A (Fujitsu Optical Components Ltd.), 04 February 2016 (04.02.2016), entire text; all drawings & US 2016/0011488 A1 entire text; all drawings	1-7

☒ 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
19 July 2017 (19.07.17)

Date of mailing of the international search report
01 August 2017 (01.08.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/016471

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 2015-069162 A (Sumitomo Osaka Cement Co., Ltd.), 13 April 2015 (13.04.2015), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 2014-197054 A (Sumitomo Osaka Cement Co., Ltd.), 16 October 2014 (16.10.2014), entire text; all drawings & WO 2014/157456 A1	1-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. 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 (IPC))

Int.Cl. 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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
A	WO 2015/154813 A1 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FORDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E. V.) 2015. 10. 15, 第 10 頁第 6-34 行, 図 5 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2016-020927 A (富士通オプティカルコンポーネンツ株式会社) 2016. 02. 04, 全文, 全図 & US 2016/0011488 A1, 全文, 全図	1-7
A	JP 2015-069162 A (住友大阪セメント株式会社) 2015. 04. 13, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7

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

19. 07. 2017

国際調査報告の発送日

01. 08. 2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/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)

奥村 政人

2 L

4 7 5 2

電話番号 03-3581-1101 内線 3295

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 2014-197054 A (住友大阪セメント株式会社) 2014. 10. 16, 全文, 全図 & WO 2014/157456 A1	1-7