(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
2014 年 10 月 2 日(02.10.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/157456 A1

(51) 国際特許分類:
G02F 1/035 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/058748

(22) 国際出願日: 2014 年 3 月 27 日(27.03.2014)

(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 2013-071727 2013 年 3 月 29 日(29.03.2013) 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２８ Tokyo (JP).

(72) 発明者: 細川 洋一(HOSOKAWA Youichi); 〒1028465 東京都千代田区六番町６番地２８ 住友大阪セメント株式会社内 Tokyo (JP). 及川 哲(OIKAWA Satoshi); 〒1028465 東京都千代田区六番町６番地２８ 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).

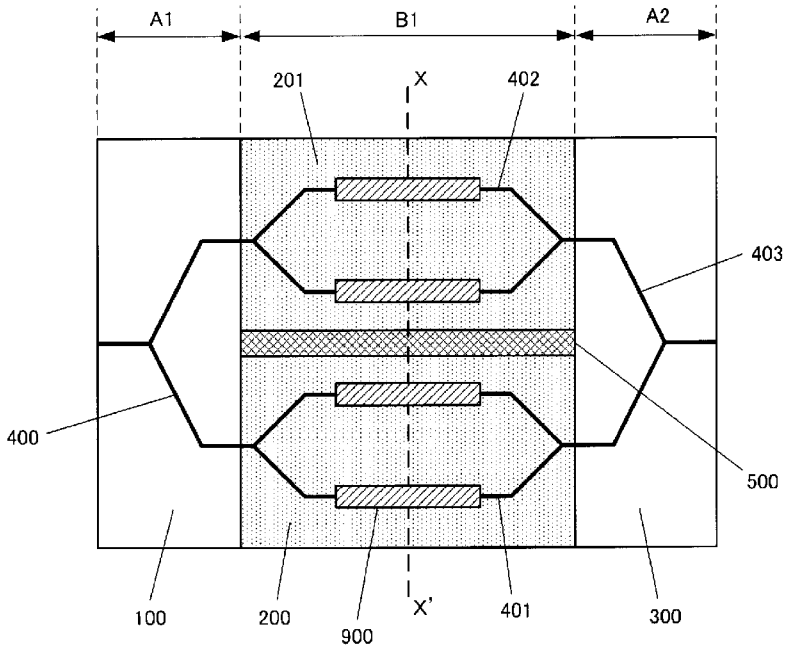
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, 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, 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:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: OPTICAL MODULATOR

(54) 発明の名称 : 光変調器



(57) **Abstract**: The purpose of the present invention is to provide an optical modulator such that increase in chip size is suppressed, and optical/electrical signal crosstalk as well as high-frequency loss caused by a substrate coupling mode are suppressed. The optical modulator has a substrate on which optical waveguides (400 - 403) and modulation electrodes (900) are formed, said modulation electrodes (900) modulating light waves propagated in the optical waveguides. The optical modulator is characterized in that the portion (B1) of the substrate where modulation is carried out by means of the modulation electrodes is formed from a plurality of substrate portions (200, 201) for modulation which are spaced apart from each other, and each substrate portion for modulation has a low permittivity part (500) disposed in a portion of the boundary with another substrate portion for modulation, said low permittivity part (500) having a permittivity lower than the substrate material of the substrate portions for modulation.

(57) 要約: チップサイズの大型化を抑制し、光・電気信号のクロストークや基板結合モードによる高周波損失を低減することが可能な光変調器を提供することを目的とする。 光導波路（４００～４０３）と、該光導波路を伝搬する光波を変調するための変調電極（９００）とを基板に形成した光変調器において、該基板は、該変調電極により変調が行われている部分（Ｂ１）は、互いに分離した複数の変調用基板部分（２００，２０１）で構成され、各変調用基板部分は、互いの境界の一部に、該変調用基板部分の基板材料より誘電率の低い低誘電率部分（５００）を配置することを特徴とする。

WO 2014/157456 A1

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、基板が、光導波路と変調電極とを有し、個々に分離された変調用基板部分を複数備えた光変調器に関する。

背景技術

[0002] 光通信又は光計測の技術分野では、光変調に際して、ニオブ酸リチウム（ＬＮ）などの電気光学効果を有する基板に、光導波路と該光導波路を伝搬する光波を変調するための変調電極とを備えた光変調器が広く用いられている。

[0003] 近年では、高速多値変調を行うため、特許文献１に示すように、複数のマッハツェンダー（ＭＺ）型導波路を並列に配置する構成が採用されている。このように複数のＭＺ型導波路を配置する場合には、チップサイズ（幅）が大きくなるという問題が発生する。

[0004] 一方、変調器を組み込むシステム・装置からはデバイスの小型化が要求されている。単に光導波路間や電極間の距離を短くすると、デバイスが複数の光導波路及び作用電極で構成されるので、光・電気信号のクロストークの影響が大きくなる。

[0005] また、チップサイズ（幅）が大きくなると、電気信号が基板結合モードにより高周波損失が発生し、高周波特性が劣化する。

[0006] また、上述したように、クロストークが発生し易くなることについては、特許文献２に示すように、光導波路間や電極間に溝を形成することで、光導波路間や電極間の間隔を広げることなく、クロストークの影響を抑制することが可能となる。

[0007] しかしながら、上述した全ての課題を解決する手段については、提案されておらず、特に、クロストークを抑制するための溝については、十分な効果を得るために、４５０μｍ以上の溝の深さを必要とする。仮に、このような

数１００μｍの深さ方向の加工を行う際にリソグラフィー技術を用いた場合、加工に数日を要し、製造時間やコストが大幅に増加することとなる。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開２００９－９４９８８号公報

特許文献2：特開２００９－５３４４４号公報

非特許文献

[0009] 非特許文献1：G.K.Gopalakrishnan, et al.,"ELECTRICAL LOSS MECHANISMS IN TRAVELLING WAVE LiNbO3 OPTICAL MODULATORS", ELECTRONICS LETTERS, Vol.28, No.2, pp207-209, 16th January 1992

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 本発明が解決しようとする課題は、上記の問題を解決し、チップサイズの大型化を抑制し、光・電気信号のクロストークや基板結合モードによる高周波損失を低減することが可能な光変調器を提供することである。

課題を解決するための手段

[0011] 上記課題を解決するために、本発明の光変調器は以下のような技術的特徴を有する。

（１） 光導波路と、該光導波路を伝搬する光波を変調するための変調電極とを基板に形成した光変調器において、該基板は、該変調電極により変調が行われている部分は、互いに分離した複数の変調用基板部分で構成され、各変調用基板部分は、互いの境界の一部に、該変調用基板部分の基板材料より誘電率の低い低誘電率部分を配置することを特徴とする。

[0012] （２） 上記（１）に記載の光変調器において、該低誘電率部分は、該変調用基板部分と異なる基板材料、接着剤又は空間のいずれかで構成されていることを特徴とする。

[0013] （３） 上記（１）又は（２）に記載の光変調器において、隣接する該変調

用基板部分では、該低誘電率部分を挟んで最も近接する光導波路の間隔が２００μｍ以上であり、該変調用基板部分の離間距離となる該低誘電率部分の幅は６０μｍ以上であることを特徴とする。

[0014] （４） 上記（１）乃至（３）のいずれかに記載の光変調器において、該変調用基板部分以外の光伝播部は、別の基板上に形成されている又は空間光学系であることを特徴とする。

発明の効果

[0015] 本発明のように、光導波路と、該光導波路を伝搬する光波を変調するための変調電極とを基板に形成した光変調器において、該基板は、該変調電極により変調が行われている部分は、互いに分離した複数の変調用基板部分で構成され、各変調用基板部分は、互いの境界の一部に、該変調用基板部分の基板材料より誘電率の低い低誘電率部分を配置することにより、各変調用基板部分のサイズを小さくすることができ、光変調器全体でのチップサイズ（特にチップ幅）の大型化を抑制することができる。

[0016] さらに、各変調用基板部分は互いの境界の一部に低誘電率部分を有しているため、光や電気信号のクロストークを効果的に抑制することができる。しかも、各変調用基板部分の大きさは、光変調器のチップサイズと比較して小さくなるため、高周波損失の発生を極めて高い周波数にシフトさせることができ、通常使用する周波数帯域における高周波損失の発生を効率的に抑制することができる。

[0017] また、変調用基板部分以外の光伝播部が別の基板上に形成された場合には、その別基板と、分割されて機械的に弱くなった複数の変調用基板を接合させ、機械的強度を保つ事が出来る。特に別基板に屈折率の大きい材料を用いる場合には、デバイスのサイズをよりコンパクトにできる。

[0018] また、変調用基板部分以外の光伝播部が空間光学系の場合には、光のモード径の調整が容易であるので、変調用基板の端面における光の結合損を最小限に抑制できる。しかも、光の導波損もより小さくできる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明の光変調器に係る第１の実施例を説明する図である。

[図2]図１の点線Ｘ－Ｘ’における断面図を示す図である。

[図3]基板間の距離とクロストークとの関係を示すグラフである。

[図4]本発明の光変調器に係る第２の実施例を説明する図である。

[図5]本発明の光変調器に係る第３の実施例を説明する図である。

[図6]本発明の光変調器に係る第４の実施例を説明する図である。

[図7]本発明の光変調器に係る第５の実施例を説明する図である。

[図8]本発明の光変調器に係る第６の実施例を説明する図である。

[図9]本発明の光変調器に係る第７の実施例を説明する図である。

[図10]本発明の光変調器に係る第８の実施例を説明する図である。

[図11]図９に示す光変調器を互いに連結配置した様子を示す図である。

[図12]図２の実施例に対する応用例を、図１の点線Ｘ－Ｘ’における断面図で示す図である。

[図13]光変調器における変調電極の配置を説明する図である。

[図14]本発明の光変調器に係る第９の実施例を説明する図である。

[図15]本発明の光変調器に係る第１０の実施例を説明する図である。

[図16]本発明の光変調器に係る第１１の実施例を説明する図である。

[図17]本発明の光変調器に係る第１２の実施例を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0020] 以下、本発明について好適例を用いて詳細に説明する。

図１に示すように、本発明の光変調器は、光導波路（４００～４０３）と、該光導波路を伝搬する光波を変調するための変調電極（９００）とを基板に形成した光変調器において、該基板は、該変調電極により変調が行われている部分（Ｂ１）は、互いに分離した複数の変調用基板部分（２００，２０１）で構成され、各変調用基板部分は、互いの境界の一部に、該変調用基板部分の基板材料より誘電率の低い低誘電率部分（５００）を配置することを特徴とする。

[0021] 本発明の光変調器に使用される基板としては、変調用基板部分には、電気

光学効果を有する基板を使用する必要があり、例えばニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム、ＰＬＺＴ（ジルコン酸チタン酸鉛ランタン）等の単結晶材料又はこれらの固溶体結晶材料を用いることができる。また、半導体やポリマーも電気光学効果を有する基板として使用することが可能である。他方、変調用基板部分以外については、光導波路の分岐、合流、曲げなどに対して光の閉じ込めが強く、低損失な基板を用いることが好ましい。例えば、石英などを好適に使用することが可能である。さらに、変調用基板部分以外を後述するような空間光学系で構成することも可能である。

[0022] 光導波路は、例えば、チタンなどの高屈折率材料を基板に注入又は熱拡散することで形成することが可能である。また、基板に凹凸を形成し、リッジ型又はリブ型の光導波路を形成することも可能である。光導波路に近接して変調電極が形成されるが、例えばＺカットの基板を用いて、光導波路の直上に電極を形成する場合などは、光導波路を伝播する光波が電極層へ吸収されることを抑制するため、酸化シリコン（SiO_2）などからなるバッファ層を、光導波路上又は基板上に形成することが可能である。

[0023] 変調電極は、信号電極と接地電極から構成される。変調電極を形成する際には、導電性金属で下地電極パターンを基板上に形成し、金メッキ処理などにより、必要な厚みの変調電極を形成する。

[0024] 図１は、メインマッハツェンダー（主ＭＺ）型光導波路（４００，４０３）に、２つのサブマッハツェンダー（副ＭＺ）型光導波路（４０２，４０１）を組み込んだ、所謂、入れ子型光導波路を持つ光変調器を示している。図１では、光変調が行われている部分Ｂ１以外の領域（Ａ１，Ａ２）については、光導波路を形成した基板（１００，３００）で構成している。しかしながら、本発明の光変調器においては、これらの領域（Ａ１，Ａ２）は、基板ではなく、空間光学系で構成することも可能である。

[0025] 本発明の光変調器は、変調に係る部分Ｂ１を複数の変調用基板部分（２００，２０１）で構成している。図２は、図１の点線Ｘ－Ｘ’における断面図を示しており、変調用基板部分２００と変調用基板部分２０１とは完全に別

基板で構成されている。これにより、特許文献４に示したように、溝を形成する手間を省き、生産性を高めることが可能となる。

[0026] また、本発明の光変調器では、変調用基板部分が互いに隣接する場合の一部には、低誘電率部分５００を設けている。これは、一方の変調用基板部分における光変調動作が、他方の変調用基板部分の光変調動作に影響を及ぼす、所謂、クロストーク現象を抑制するためのものである。

[0027] 低誘電率部分は、変調用基板部分と異なる基板材料を配置したり、接着剤を充填したり、さらには、何も配置せずに空間として空けて置くことにより、構成することが可能である。この場合には低誘電率材料を用いた支持基板に変調基板を貼り付けてもよい。

[0028] 特許文献２で示されるように電気的なクロストークを改善するには、クロストークの影響が０．１％以下であれば、バイアス制御に用いるディザ信号への影響を抑えることができる。当該数値の意味は、特定の電極により特定の光導波路に印加される電界の強さ１（１００％）とした場合に、該特定の電極が形成する電界が隣接する他の光導波路に与える電界の強さを示したものである。ニオブ酸リチウムなどでは、光導波路間距離が４００μｍ以上であれば、クロストーク０．１％以下であり、３００μｍで０．２％、２００μｍで０．６％である。特許文献４に示したように溝を形成することで、光導波路間距離が３００μｍでも０．１％程度に抑えることが可能であるが、本発明では、図２に示すように、変調用基板部分（２００，２０１）を低誘電率部分（空気等）で完全に分離しているため、より効果的にクロストークを抑制することが可能となる。

[0029] 図３は、光導波路間距離が２００μｍと３００μｍの場合における、基板間距離（変調用基板部分の離間距離）の変化に対するクロストークの影響を示したグラフである。なお、基板材料はニオブ酸リチウムで基板厚は１ｍｍで計算している。図３によれば、光導波路間距離が２００μｍの場合でも、基板間距離が６０μｍ以上であれば、クロストーク０．１％以下とすることが可能であることが理解できる。更に、８０μｍ以上であってもよい。ただ

し、システム装置側の許容範囲内で決定できるが、そのメリットからは１２０μｍ以内としても良い。

[0030] また、非特許文献１にも示すように、光変調器の高周波における透過特性は、基板のサイズにより、特定の周波数で急激な特性劣化が見られるような現象が発生する。このような高周波損失を抑制するには、基板のサイズをできるだけ小さくし、急激な高周波特性劣化が発生する周波数を可能な限り高くしても良い。本発明の光変調器のように、変調用基板部分を個別に分離することにより、急激な高周波特性劣化が発生する周波数を高め、使用する周波数帯域での高周波損失を低減することも可能となる。

[0031] 以下、本発明の光変調器に関する多様な実施例について説明する。

図４の第２の実施例や図５の第３の実施例は、ＤＰ－ＱＰＳＫ（Dual Polarozation-Quadrature Phase Shift Keying：偏波直交４値位相）変調器や１６ＱＡＭ（Quadrature Amplitude Modulation）変調器などの、４並列のマッハツェンダー（ＭＺ）型光導波路の構造を備えた光変調器である。図４は、最小単位の各ＭＺ型光導波路について、分岐導波路（４０５，４０６）毎に、変調用基板部分（２０１，２０３）を設けている。各変調用基板部分の間には低誘電率部分５０１が設けられている。変調領域Ｂ１以外は、ＰＬＣなどの基板（１０１，３０１）で構成され、各光導波路（４０４，４０７）を備えている。

[0032] 図５は、同じＭＺ型光導波路の２つの分岐導波路（４０９）を、一つの変調用基板部分（２０４，２０５）に収容したものである。基本的に、クロストーク現象を抑制する必要性が高い場所では、変調用基板部分を分離してもよい。ただし、図４のように、チップ内部に分離した基板部分が多く存在する場合には、変調電極の配線が複雑化するため、必要以上に細分化するのは好ましくない。

[0033] 図６の第４の実施例では、並列した２つのＭＺ型光導波路の変調部分を一つの変調用基板部分（２０６，２０７）で構成したものを示している。また、後段の他の変調部分についても、別途、別の変調用基板部分（６００，６

０１）で構成している。そして、各変調部分を繋ぐ光導波路は、領域Ａ１～Ａ３のように、石英系基板などの上に形成されるＰＬＣなどの複雑な光導波路配置が可能な基板で構成されている。

[0034] 図７の第５の実施例では、同じＭＺ型光導波路をｎ×ｍ個配置している。このように、同じ変調機能を付与する部分には、予め規格化した変調用基板部分を繰り返し利用することができる。このため、規格化したチップ（変調用基板部分）を多く製造するだけで、複雑な変調回路を歩留良く製造することも可能となる。なお、図７では、直列に接続される変調用基板部分間よりも、並列に配置される変調用基板部分間のクロストークの影響が大きいため、低誘電率部分５０６を並列方向に挿入している。

[0035] 図８の第６の実施例は、図７と同様に、ＭＺ型光導波路を備えた変調用基板部分（２０９，２１０）を２個用いた、折り返し構造の光変調器である。ｉｎ方向から光を導入し、ｏｕｔ方向から光を導出するよう構成している。

[0036] 図９の第７の実施例と図１０の第８の実施例は、２×２スイッチ構造の光変調器を示している。図９では、各変調用基板部分（２１１，２１２）には一本の光導波路しか形成されていないが、図１０では、各変調用基板部分（２１３，２１４）には、ＭＺ型光導波路が形成され、より複雑な制御を可能とする光スイッチを実現することができる。

[0037] 図１１は、図９又は図１０で示したような２×２スイッチを集積して、複雑な光集積回路を構成する例を示している。最小の構成ユニットであるＣ１～Ｃ３は、同じスイッチ構造であっても良いし、光導波路や変調電極の構造が異なる別の種類のユニットであっても良い。

[0038] 図１２は、図１の点線Ｘ－Ｘ’における断面図の一種であり、基板を複数の基板部分（１００，２００，２０１，３００）で分けた場合に、互いの基板の接合強度を高めるため、支持基板８００を別途配置する例を示している。支持基板８００の上に配置する複数の基板の厚みが薄い程、支持基板を備えてもよい。

[0039] そもそも、各々の変調用基板部分の間には低誘電率部分が設けられている

が、当該低誘電率部分が接着剤である場合は、接着剤の作用により変調用基板部分同士を接合することが可能である。低誘電率部分が接着剤以外で各変調用基板部分を固定する場合や、各変調用基板部分をより強固に固定する場合には、ＰＬＣを構成する別の基板と当該変調用基板部分との接合が重要な役割を果たす。変調用基板部分や別の基板などの相互の結合強度を更に高めるために、上述した支持基板が用いられる。支持基板には、基板の位置を決定するために浅い溝を形成しておいてもよい。

[0040] 本発明の光変調器では、全ての変調用基板部分には、必ず変調電極を備える必要はない。図１３（ａ）に示すように、２つの変調用基板部分（２１５，２１６）がある場合、一方の基板部分２１６に変調電極（信号電極９００）を設け、他方の基板部分２１５に変調電極を配置しない場合でも、両者の構成が協働して全体の光変調を実現している。このような場合でも、変調電極９００の影響が、他方の基板部分２１５に形成された光導波路４３５に及ぼさないように、低誘電率部分５１０が設けられている。当然、図１３（ｂ）のように各々の基板部分（２１７，２１８）に変調電極（９０１，９０２）を形成することも可能である。

[0041] 図１４の第９の実施例は、変調用基板部分（２１９，２２０）を同一平面に配置するのではなく、立体的に配置した例を示したものである。図１４の（ａ）は側面図であり、（ｂ）は平面図、（ｃ）は（ａ）及び（ｂ）に示す点線での断面図である。

[0042] ＰＬＣなどの基板（１１０，３１０）上の光導波路が形成された平面と、変調用基板部分の光導波路が形成された平面とは直交関係に配置されている。また、変調用基板部分（２１９，２２０）の間には、両者を接合し、かつ、クロストークを抑制する機能を有する低誘電率層を形成する接着剤５１２が配置されている。

[0043] 図１５の第１０の実施例は、並列した２つのＭＺ型光導波路の変調部分に対して、各々の一部を共通の変調用基板部分（２２３）に配置する例を示している。当該変調用基板部分（２２３）に配置される異なる光導波路に同一

の変調信号を印加する場合などは、このような基板配置が配線を行う上で簡便である。

[0044] 図１６の第１１の実施例は、変調用基板部分（２２３）にＸカット型基板を用いた例を示している。一例として、変調用電極をＭＺ型光導波路の間に配置している。

[0045] 図１７の第１２の実施例は、図１の光変調器におけるＰＬＣを形成した基板領域（Ａ１、Ａ２）を、空間光学系で構成したものである。ハーフミラー（ＨＭ１）で入射光を分岐し、一方をレンズ（Ｌ１）を用いて変調用基板部分（２０１）に入射させ、他方をミラー（Ｍ１）で反射し、レンズ（Ｌ２)を用いて集光し変調用基板部分（２００）に入射している。また、変調用基板部分（２００，２０１）からの出射光は、レンズ（Ｌ３，Ｌ４）で平行光となり、ミラー（Ｍ２）とハーフミラー（ＨＭ２）を用いて合波され出射される。

[0046] 領域Ａ１’又はＡ２’を一つの光学ユニットに組み込み、当該光学ユニットの筐体と変調用基板部分（又はその支持体）とを接合するよう構成することも可能である。さらに、光学ユニットと変調用基板部分との接合や、ＰＬＣなどの別の基板と変調用基板部分との接合に際しては、互いに当接した際に嵌合する凹凸を相互に形成し、位置合わせを容易に行えるよう工夫することも可能である。また本発明においては、複数の変調用基板部分（Ｂ）に電極を形成しユニット化した後に変調基板部分（Ｂ）を構成しても良いし、電極を形成する前に変調用基板部分（Ｂ）を構成しておいても良い。前者の場合には、変調基板部分（Ｂ）を構成後にフレキシブル電極などを用いて電気配線することの可能である。

産業上の利用可能性

[0047] 本発明によれば、チップサイズの大型化を抑制し、光・電気信号のクロストークや基板結合モードによる高周波損失を低減することが可能な光変調器を提供することが可能となる。

符号の説明

[0048] １００～１１２　基板（ＰＬＣ）

２００～２２４　変調用基板部分

３００～３１２，７００　基板（ＰＬＣ）

４００～４４７　光導波路

５００～５１４　低誘電率部分

６００，６０１　変調用基板部分

８００　支持基板

９００～９１８　変調電極（信号電極）

請求の範囲

[請求項1] 光導波路と、該光導波路を伝搬する光波を変調するための変調電極とを基板に形成した光変調器において、

該基板は、該変調電極により変調が行われている部分は、互いに分離した複数の変調用基板部分で構成され、

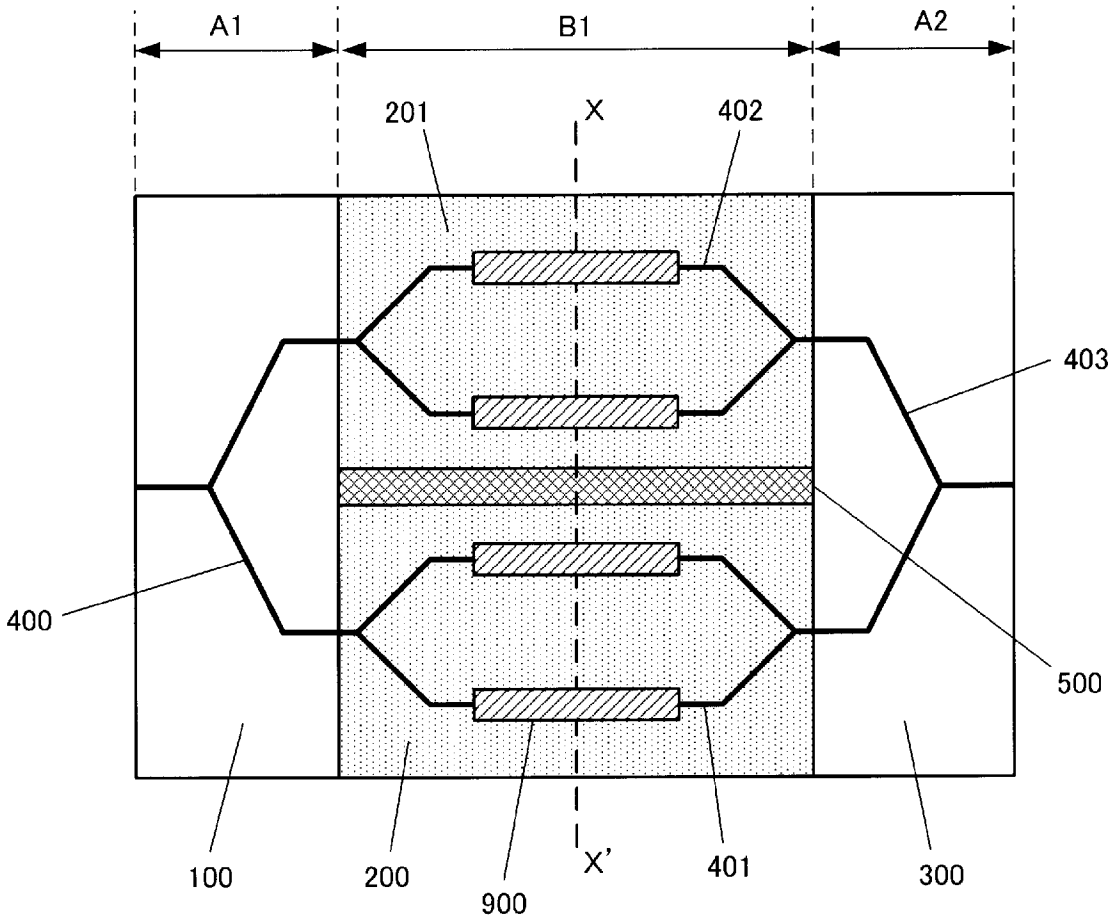
各変調用基板部分は、互いの境界の一部に、該変調用基板部分の基板材料より誘電率の低い低誘電率部分を配置することを特徴とする光変調器。

[請求項2] 請求項１に記載の光変調器において、該低誘電率部分は、該変調用基板部分と異なる基板材料、接着剤又は空間のいずれかで構成されていることを特徴とする光変調器。

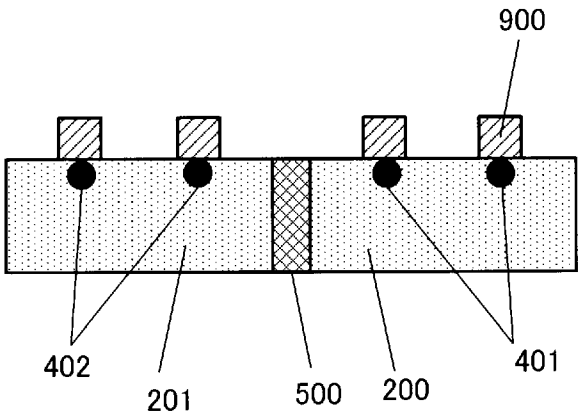
[請求項3] 請求項１又は２に記載の光変調器において、隣接する該変調用基板部分では、該低誘電率部分を挟んで最も近接する光導波路の間隔が２００μｍ以上であり、該変調用基板部分の離間距離となる該低誘電率部分の幅は６０μｍ以上であることを特徴とする光変調器。

[請求項4] 請求項１乃至３のいずれかに記載の光変調器において、該変調用基板部分以外の光伝播部は、別の基板上に形成されている又は空間光学系であることを特徴とする光変調器。

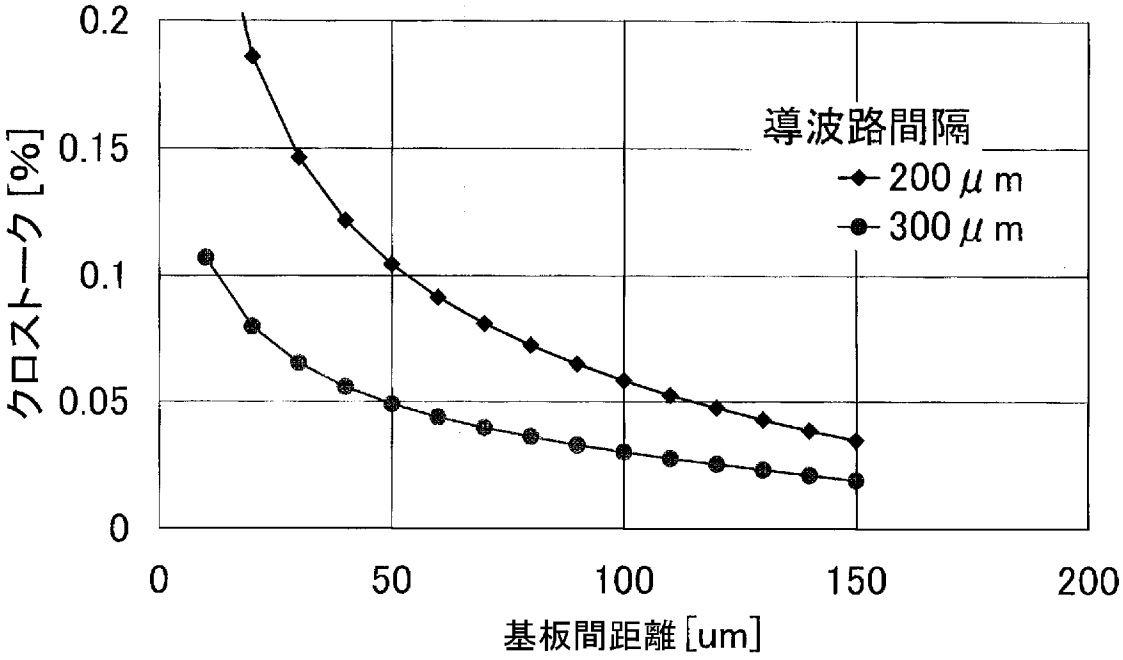
[図1]


A1
B1
A2
201
X
402
403
400
500
100
200
900
X'
401
300

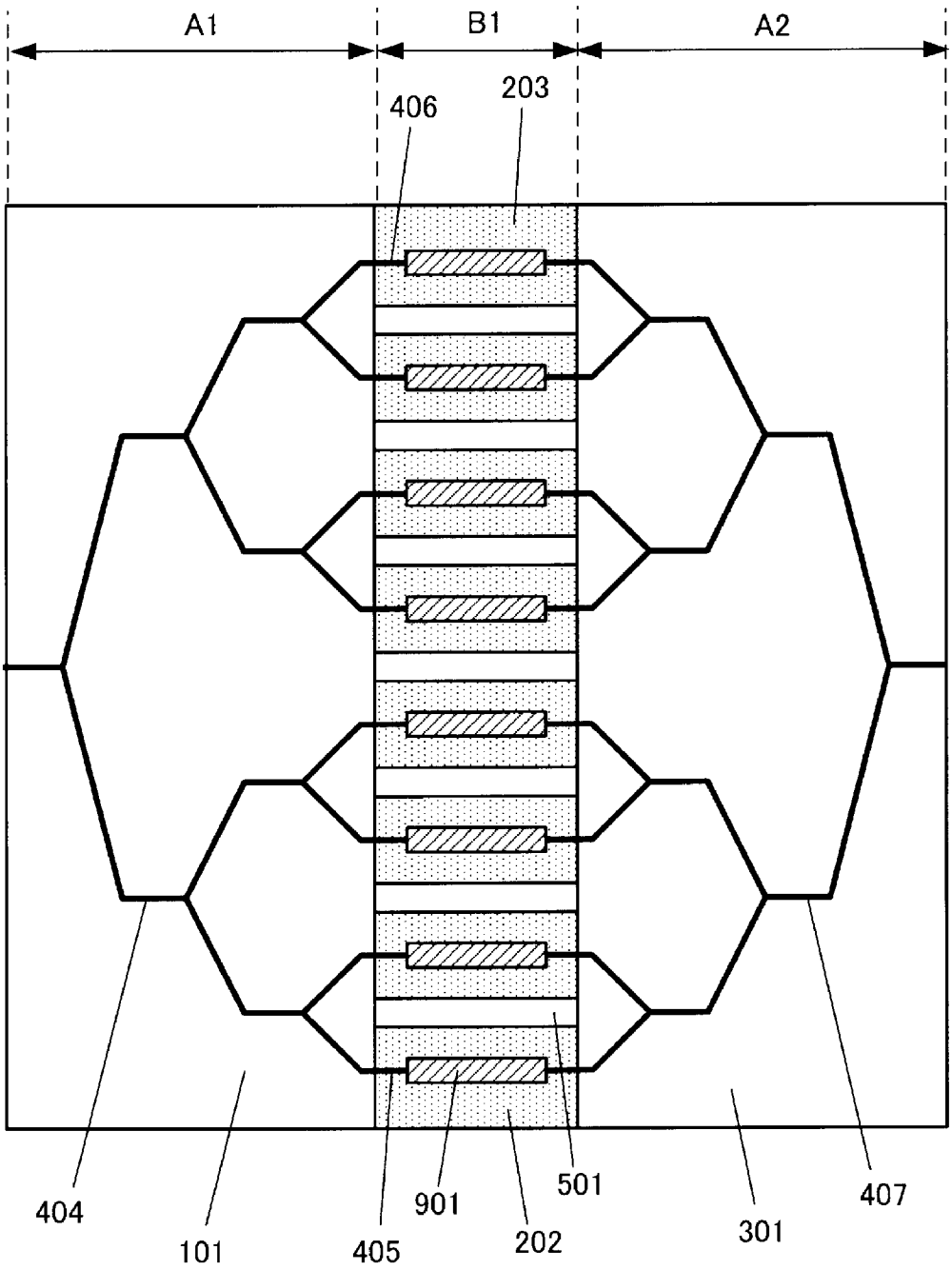
[図2]


900
402
201
500
200
401

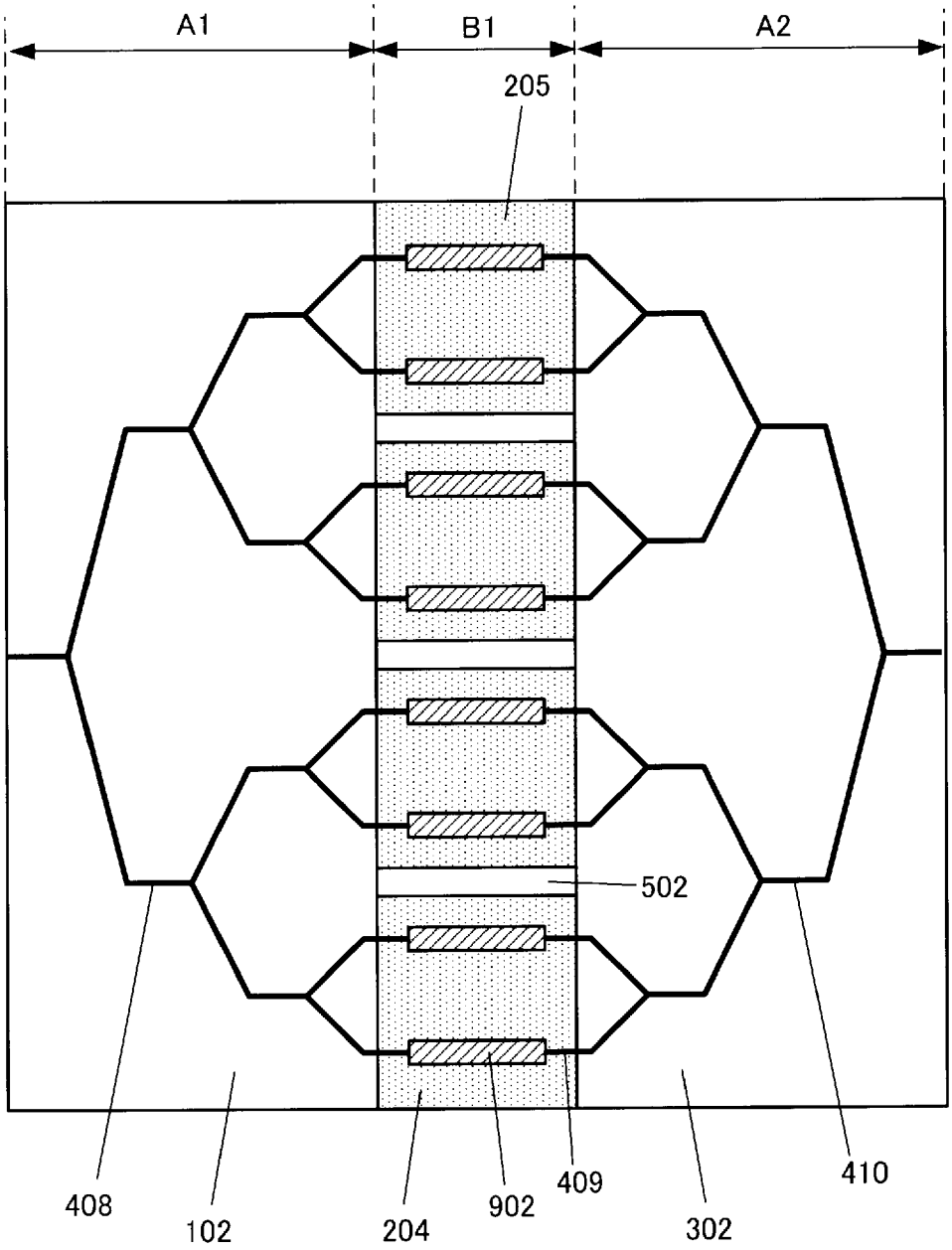
[図3]


0.2
0.15
0.1
0.05
0
クロストーク [%]
0
50
100
150
200
基板間距離 [um]
導波路間隔
200 μ m
300 μ m

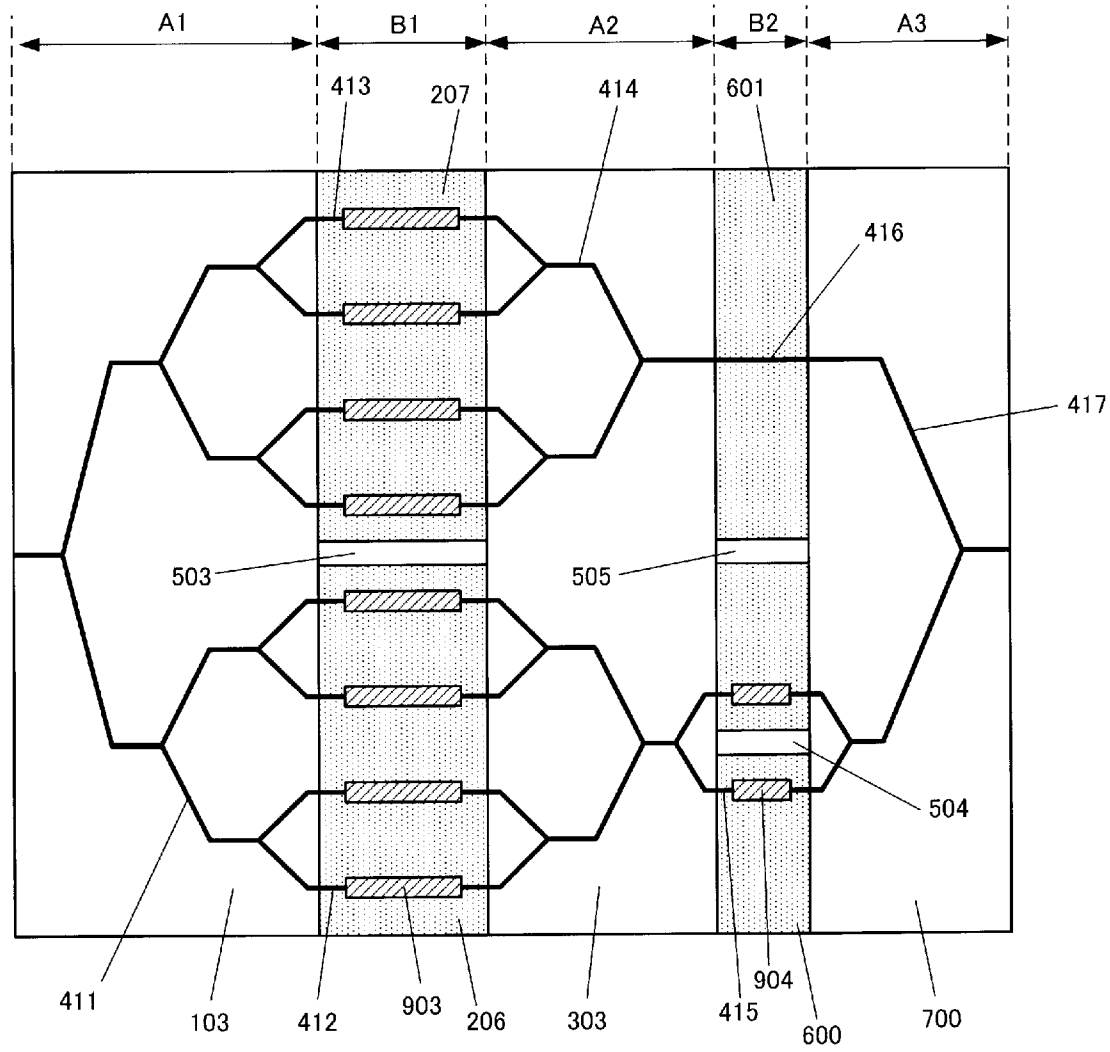
[図4]



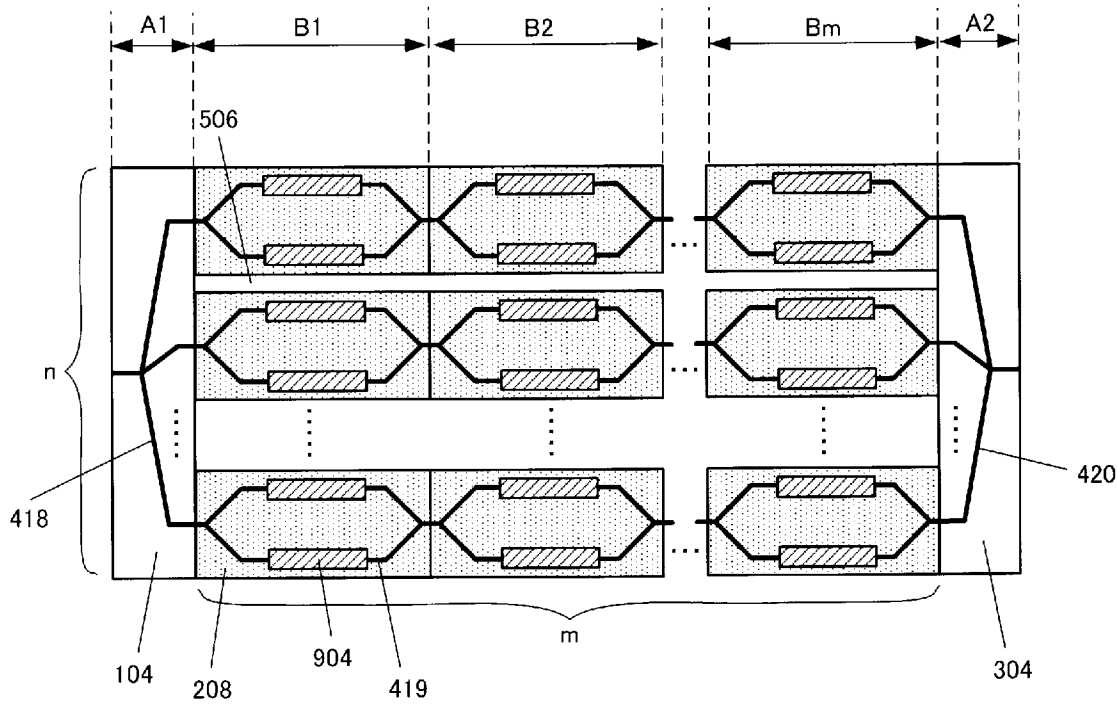
[図5]



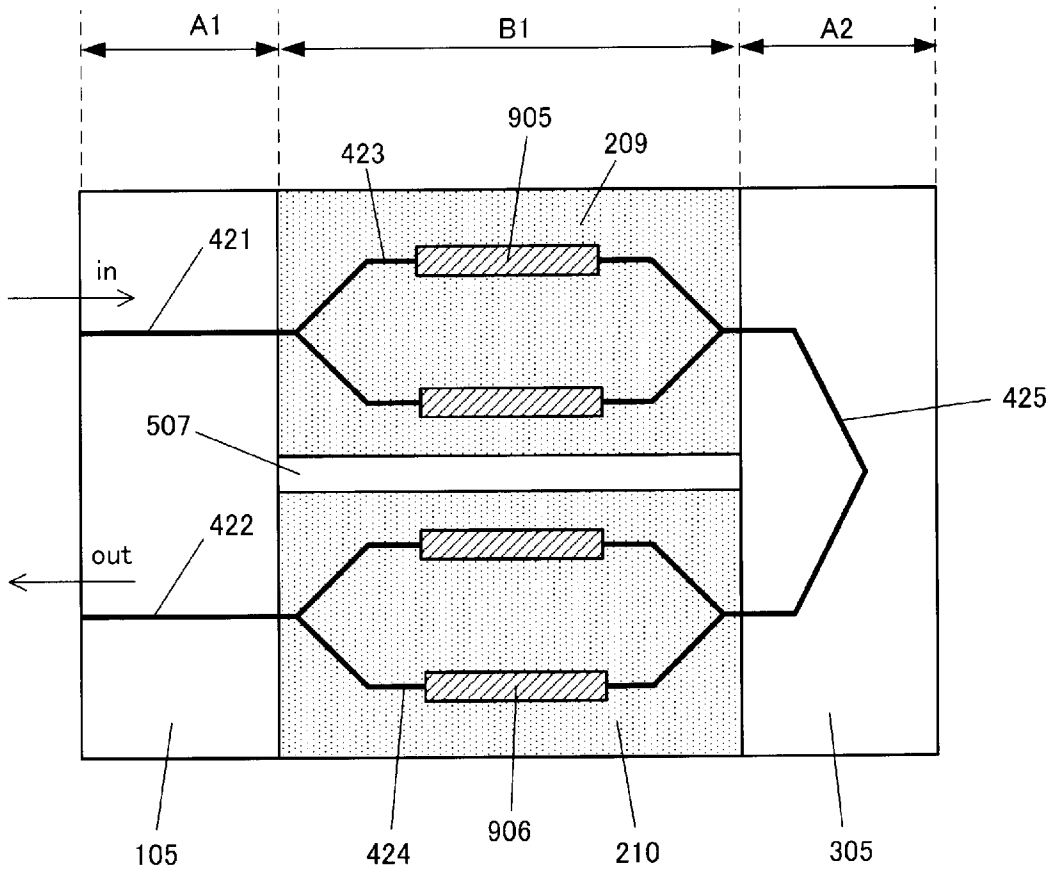
[図6]


A1
B1
A2
B2
A3
413
207
414
601
416
417
503
505
504
411
103
412
903
206
303
415
904
600
700

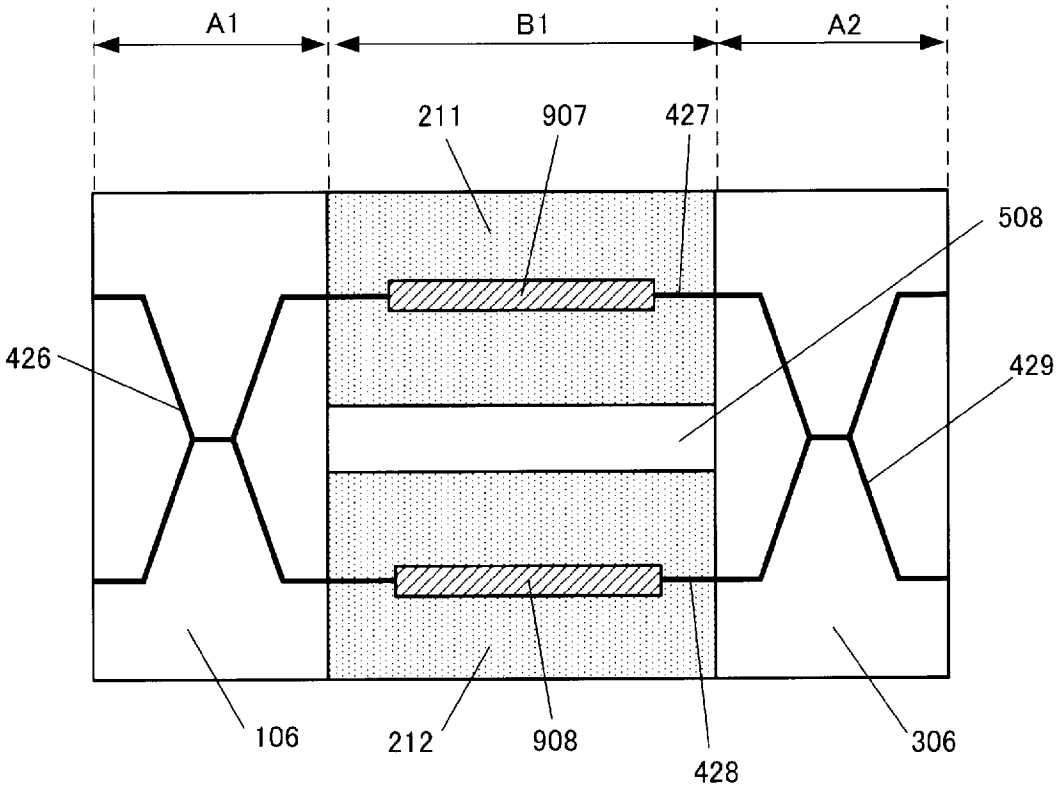
[図7]


A1
B1
B2
Bm
A2
506
n
418
420
104
208
904
419
m
304

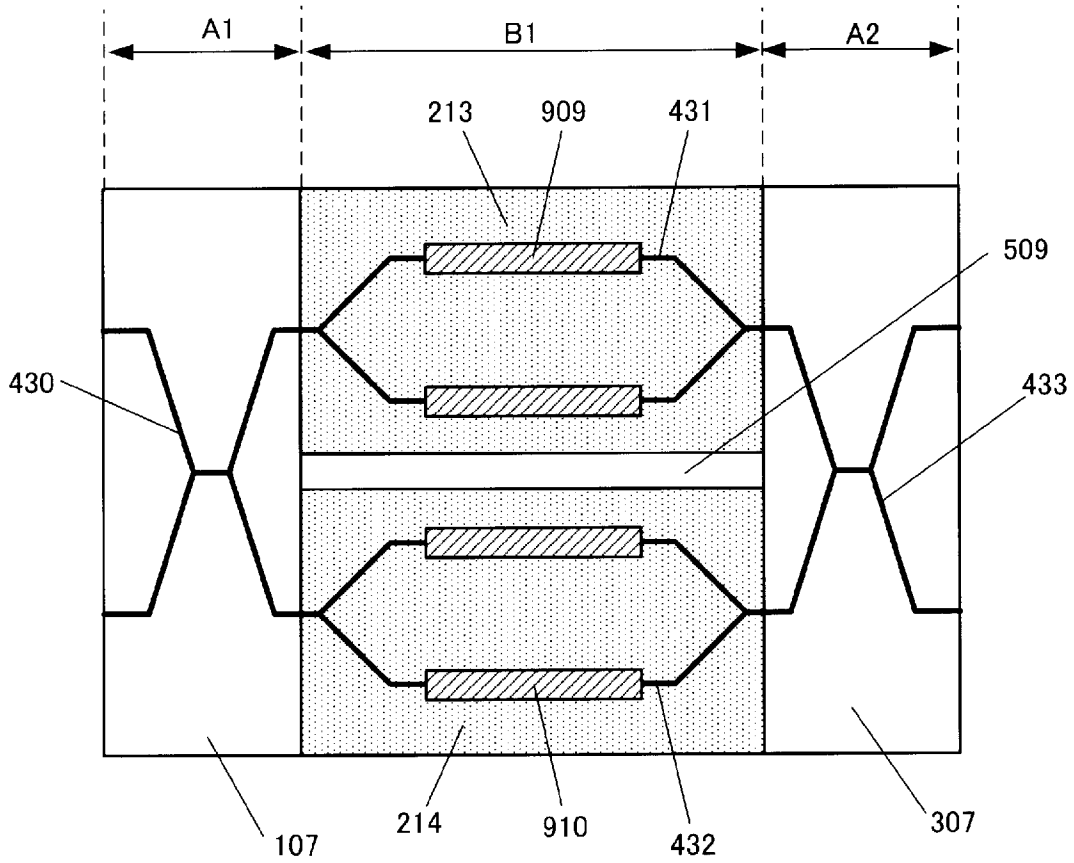
[図8]


A1
B1
A2
905
423
209
421
in
425
507
422
out
105
424
906
210
305

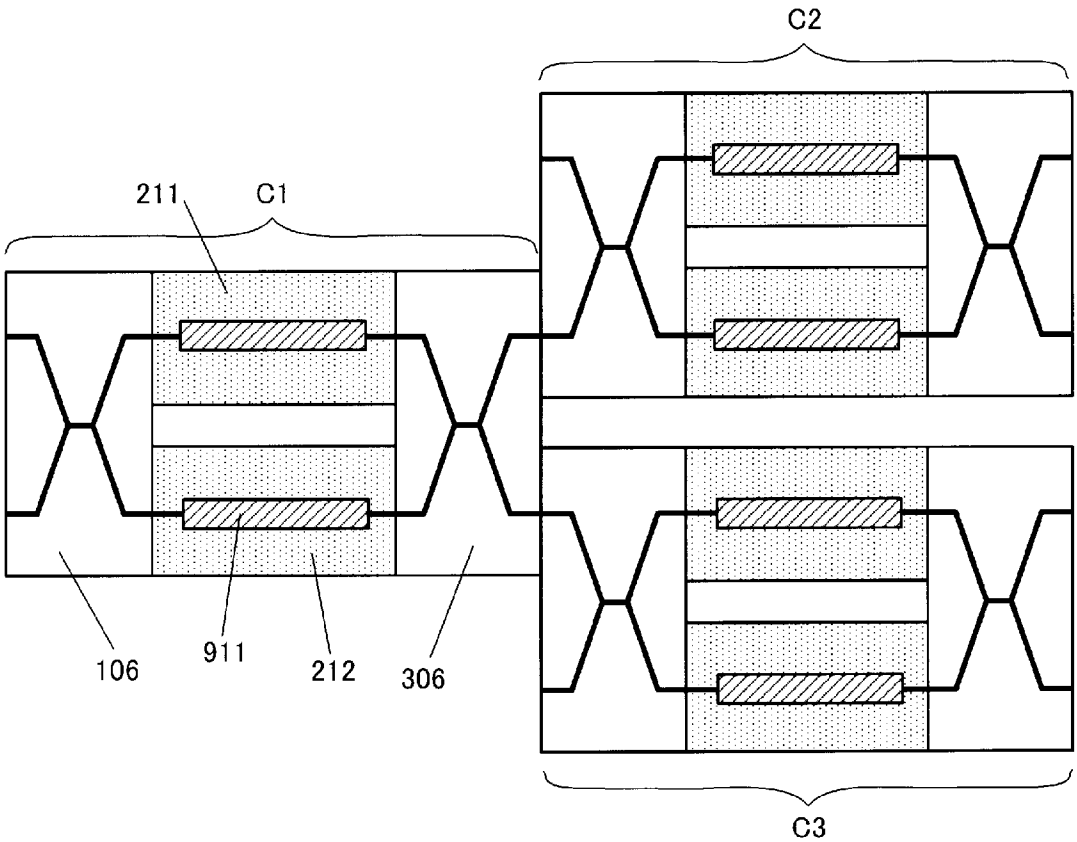
[図9]


A1
B1
A2
211
907
427
508
426
429
106
212
908
428
306

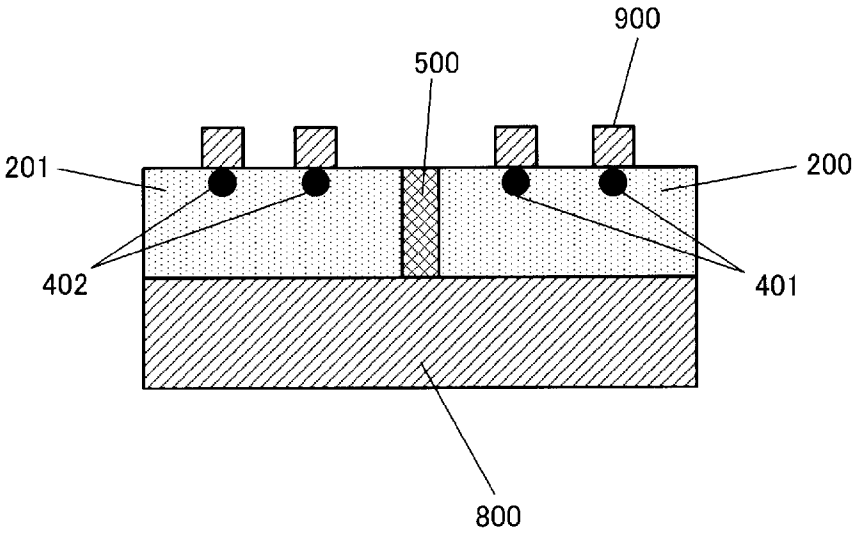
[図10]


A1
B1
A2
213
909
431
509
430
433
107
214
910
432
307

[図11]

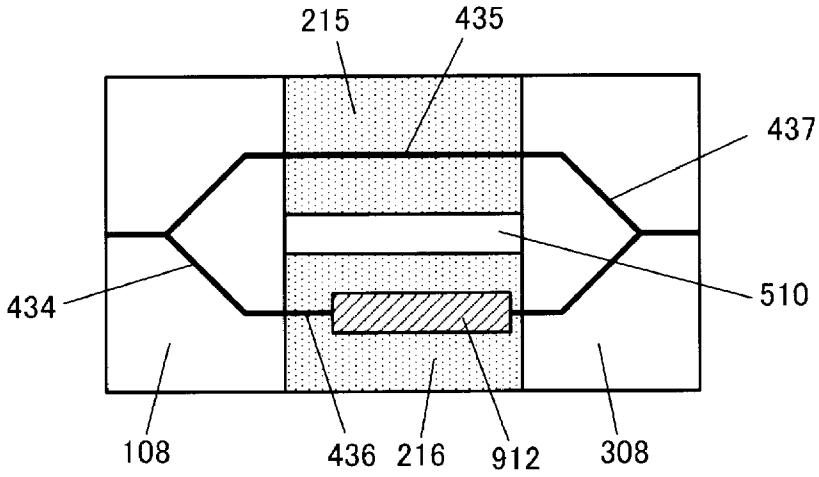

C2
211
C1
106
911
212
306
C3

[図12]

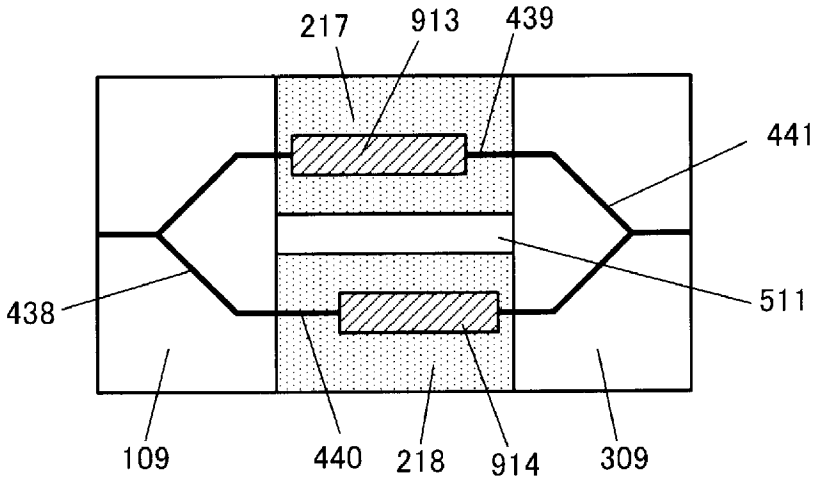

900
500
201
200
402
401
800

[図13]

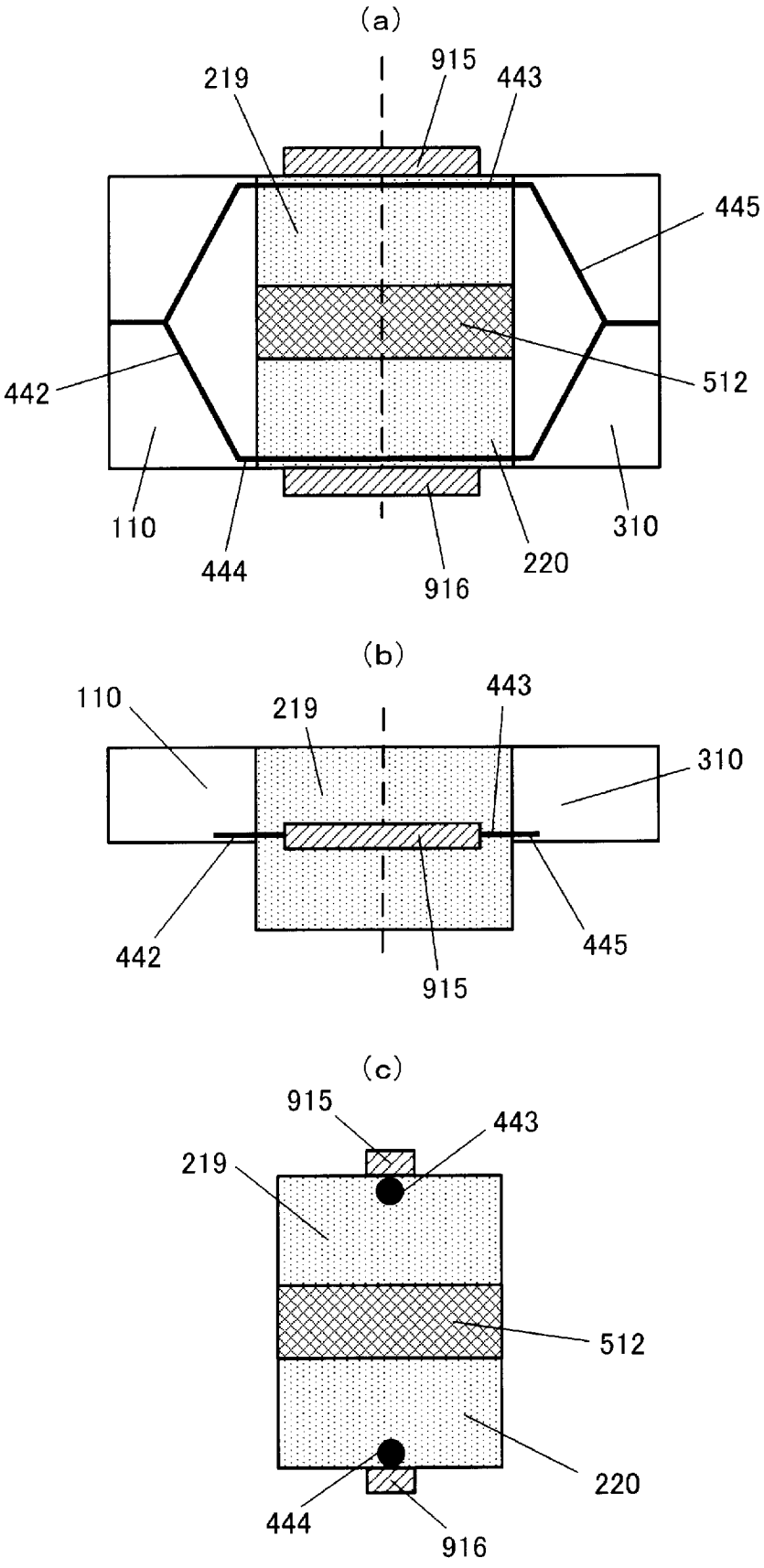
(a)


215
435
437
434
510
108
436
216
912
308

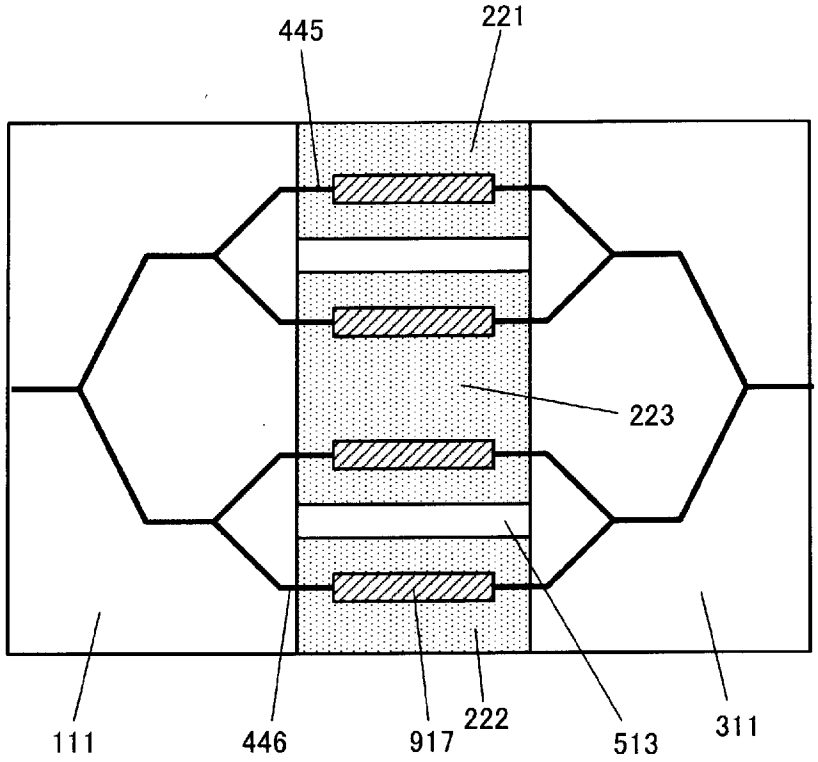
(b)


217
913
439
441
438
511
109
440
218
914
309

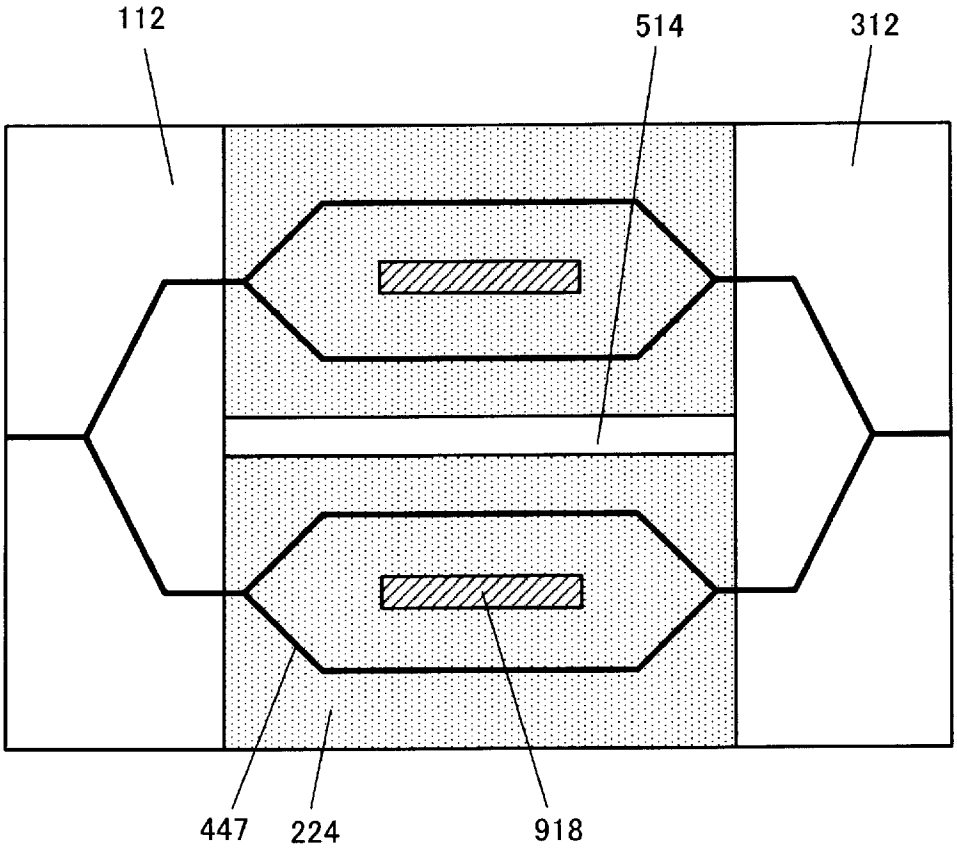
[図14]


(a)
219
915
443
445
442
512
110
444
916
220
310
(b)
110
219
443
310
442
915
445
(c)
915
443
219
512
220
444
916

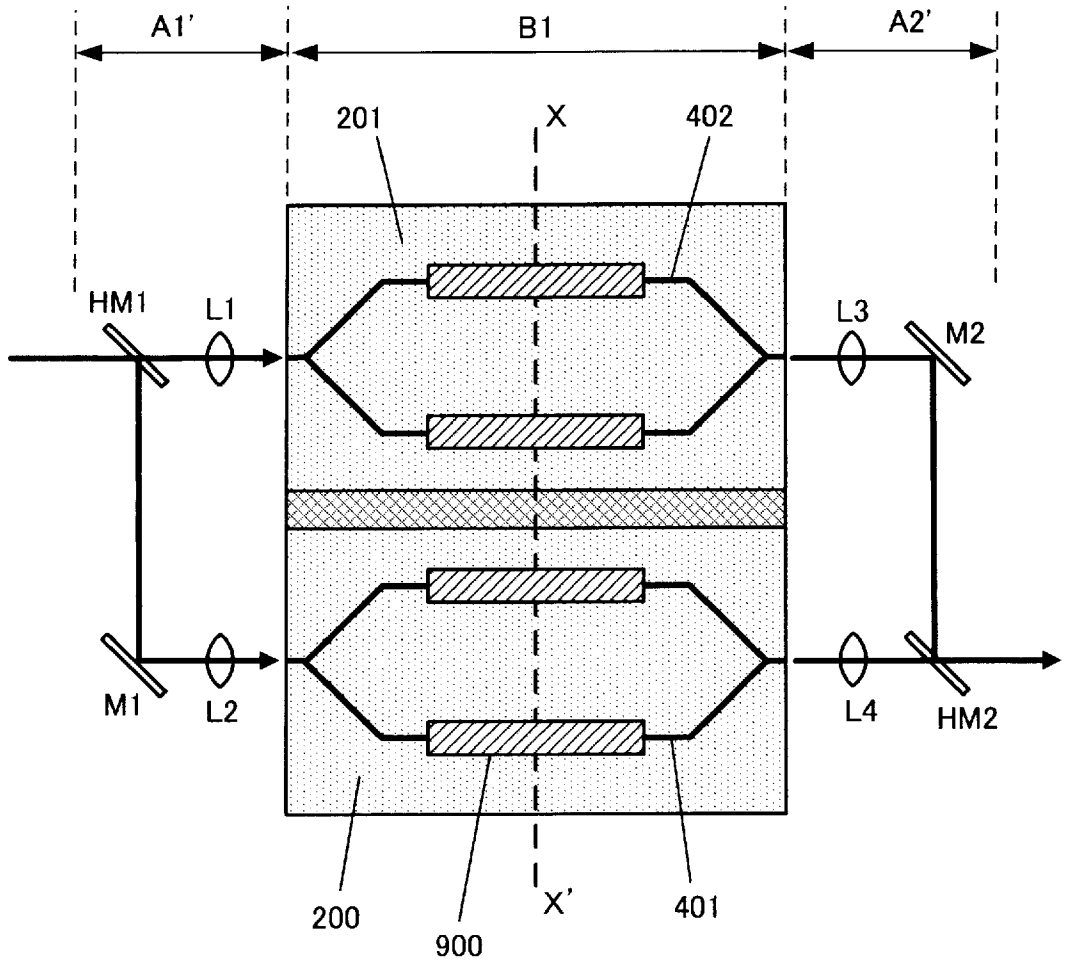
[図15]



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/058748

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)
G02F1/01-1/055, G02B6/12-6/138

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)
JSTPlus(JDreamIII), IEEE Xplore

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	WO 2008/090685 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 31 July 2008 (31.07.2008), paragraphs [0029] to [0039]; fig. 3 & US 2009/0290829 A1	1-2 4
Y	JP 2009-53444 A (Sumitomo Osaka Cement Co., Ltd.), 12 March 2009 (12.03.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-4
Y	JP 2008-249790 A (Sumitomo Osaka Cement Co., Ltd.), 16 October 2008 (16.10.2008), paragraphs [0015], [0027]; fig. 1, 2 & US 2010/0111463 A1 & EP 2136240 A1 & WO 2008/120676 A1 & CN 101652702 A	1-4

☒ 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 20 May, 2014 (20.05.14)	Date of mailing of the international search report 03 June, 2014 (03.06.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/058748

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-121806 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 23 April 2003 (23.04.2003), paragraphs [0012] to [0029]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1-4

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１４／０５８７４８

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.　G02F1/01-1/055, G02B6/12-6/138

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	１９７１－２０１４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１４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）

JSTPlus(JDreamIII)
IEEE Xplore

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	WO 2008/090685 A1（株式会社村田製作所）2008.07.31, 段落［００２９］－［００３９］，図３ & US 2009/0290829 A1	1-2 4
Y	JP 2009-53444 A（住友大阪セメント株式会社）2009.03.12, 全文，全図 （ファミリーなし）	1-4

☑　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	国際調査報告の発送日
２０．０５．２０１４	０３．０６．２０１４

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　２Ｘ　９０１７
河原　正
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
Ｙ	JP 2008-249790 A（住友大阪セメント株式会社）2008.10.16, 段落【００１５】,【００２７】，図１，２ & US 2010/0111463 A1 & EP 2136240 A1 & WO 2008/120676 A1 & CN 101652702 A	1-4
Ｙ	JP 2003-121806 A（日本電信電話株式会社）2003.04.23, 段落【００１２】－【００２９】，図１－６ （ファミリーなし）	1-4