

(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
2016 年 10 月 6 日(06.10.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/158650 A1

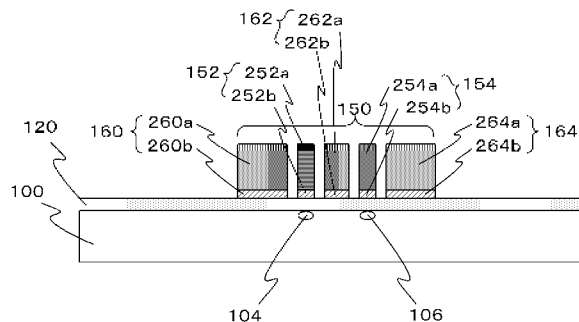
- (51) 国際特許分類:
G02F 1/035 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/059334
- (22) 国際出願日: 2016 年 3 月 24 日(24.03.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-071159 2015 年 3 月 31 日(31.03.2015) JP
- (71) 出願人: 住友大阪セメント株式会社(SUMITOMO OSAKA CEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1028465 東京都千代田区六番町 6 番地 2 8 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 柳川 哲平(YANAGAWA Teppei); 〒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). 近藤 勝利(KONDOU Katsutoshi); 〒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). 藤野 哲也(FUJINO Tetsuya); 〒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). 市川 潤一郎(ICHIKAWA Junichiro); 〒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: 特許業務法人 O F H 特許事務所(OFH PATENT); 〒1020074 東京都千代田区九段南三丁目 8 番 1 1 号 飛栄九段ビル 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, 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:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: WAVEGUIDE TYPE OPTICAL ELEMENT

(54) 発明の名称: 導波路型光素子



(57) Abstract: The purpose of the present invention is, in a waveguide type optical element, to effectively prevent the acceleration of drift generated by a higher electric field applied to a substrate through a bias electrode. The waveguide type optical element comprises: a substrate (100) that has an electro-optic effect; two optical waveguides (104, 106) that are arranged in the surface part of the substrate; a non-conductive layer (120) that is arranged on the substrate and is composed of a material having a lower dielectric constant than the substrate; and a control electrode (150) that is arranged on the non-conductive layer and is for generating a difference in refractive index between the two optical waveguides by applying an electric field on each of the two optical waveguides. The non-conductive layer is composed of a material that contains silicon oxide, indium oxide, and titanium oxide with a ratio of the molar concentration of titanium oxide to the molar concentration of indium oxide set to 1.2 or greater. A voltage is applied to the control electrode to generate an electric field of 1 V/μm or greater in the substrate.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2016/158650 A1



導波路型光素子において、バイアス電極を介して基板に高電界が印加されることにより発生するドリフト現象の加速を効果的に防止すること。電気光学効果を有する基板（１００）と、前記基板表面に配置された２つの光導波路（１０４、１０６）と、前記基板上に配置された、当該基板より誘電率の低い材料から成る非導電層（１２０）と、前記非導電層上に配置された、前記２つの光導波路に電界をそれぞれ印加して当該２つの光導波路間に屈折率差を発生させるための制御電極（１５０）と、を備え、前記非導電層は、酸化シリコンとインジウムの酸化物とチタンの酸化物とを含み、チタン酸化物モル濃度とインジウム酸化物モル濃度との比が１．２以上である材料により構成され、前記制御電極には、前記基板に１Ｖ／μｍ以上の電界を発生させる電圧が印加される。

明 細 書

発明の名称：導波路型光素子

技術分野

[0001] 本発明は、光導波路と当該光導波路を伝搬する光波を制御するための電極とを備えた導波路型光素子の駆動方法に関し、特に、いわゆるドリフトを補償するためのバイアス電極を備えた導波路型光素子に関する。

背景技術

[0002] 近年、光通信や光計測の分野においては、電気光学効果を有する基板上に光導波路を配置した、光変調器などの導波路型光素子が多く用いられている。導波路型光素子は、一般に、上記光導波路と共に当該光導波路内を伝搬する光波を制御するための電極を備える。

[0003] このような導波路型光素子として、例えば強誘電体結晶であるニオブ酸リチウム (LiNbO_3)（「LN」とも称する）を基板に用いたマッハツェンダ型光変調器が広く用いられている。マッハツェンダ型光変調器は、外部から光を導入するための入射導波路と、当該入射導波路により導入された光を2つの経路に分けて伝搬させるための分岐部と、分岐部の後段に分岐されたそれぞれの光を伝搬させる2本の並行導波路と、当該2本の並行導波路を伝搬した光を合波して外部へ出力するための出射導波路とにより構成されるマッハツェンダ型光導波路を備える。また、マッハツェンダ型光変調器は、電圧を印加することで、電気光学効果を利用して上記並行導波路内を伝搬する光波の位相を変化させて制御するための電極を備える。当該電極は、一般に、上記並行導波路の上部又はその近傍に配置されたRF（高周波）信号電極（以下、「RF電極」と称する）と、当該RF電極に離間して配置された接地電極とで構成されている。

[0004] LNを基板に用いたマッハツェンダ型光変調器では、いわゆるDCドリフト現象や温度ドリフト現象により、印加電圧に対する光出力特性がシフトするため、例えば変調器から出力される光変調波形に歪等が発生し、変調特性

の変化（例えば、波形品質の劣化）が生じ得る。

[0005] このようなドリフト現象に起因した変調特性の変化を防止する方法として、高周波信号電圧を印加するための上記RF電極および接地電極のほかに、並行導波路に沿ってバイアス電極を配置し、当該バイアス電極に適切な電圧を適宜印加することにより上記ドリフト現象による電圧シフト量（以下、「DCドリフト電圧」とも称する）を補償する方法が知られている（特許文献1）。

[0006] すなわち、バイアス電極に電圧を印加して、当該2つの並行導波路間に適切な屈折率差を発生させることで、上記電圧シフト量を調整する。

[0007] また、ドリフト現象を軽減する技術として、バッファ層を、酸化シリコンと周期律表の三～八族、一b族および二b族の金属元素およびシリコンを除く半導体元素から選ばれる1種またはそれ以上の元素の酸化物の少なくとも1種との混合物、またはシリコンと前記金属元素および半導体元素から選ばれる1種またはそれ以上の元素との酸化物の透明絶縁体で構成することが知られている（特許文献2）。この構成では、時間の経過に従い、初期には負のDCドリフト特性を示し、また可動電子やイオンの動きに添加物が影響を及ぼして、DCドリフト増加が従来に比べ平坦化することができ、長期に渡ってDCドリフト特性を改善することができる、有用な技術である。

[0008] しかしながら、上述したこれらの従来技術では、当該導波路型光素子のサイズが大きさなどから制限を受けた長さの並行導波路に沿ってRF電極とバイアス電極とを個別に配置する場合、マッハツェンダ型光変調器において、半波長電圧（ $V\pi$ ）を小さくするためにRF電極長を長くすることになり、結果としてバイアス電極の長さが短くなってしまう場合がある。このような場合には、並行導波路間に所望の屈折率差を発生させるため必要な電界は大きくなり、従ってバイアス電極への印加電圧も高くなる。

[0009] その結果、上記バイアス電極を介したLN基板への高電界印加により上記ドリフト現象が加速されるという現象が生じ得る。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：特開平5－224163号公報

特許文献2：特開平5－257105号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] 上記背景より、バイアス電極を有する導波路型光素子において、当該バイアス電極を介して基板に高電界が印加されることにより発生するドリフト現象の加速を、効果的に防止することのできる構成の実現が望まれている。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明の一の態様は、導波路型光素子であり、当該導波路型光素子は、電気光学効果を有する基板と、前記基板表面に配置された2つの光導波路と、前記基板上に配置された、当該基板より誘電率の低い材料から成る非導電層と、前記非導電層上に配置された、前記2つの光導波路に電界をそれぞれ印加して当該2つの光導波路間に屈折率差を発生させるための制御電極と、を備え、前記非導電層は、酸化シリコンとインジウムの酸化物とチタンの酸化物とを含み、チタン酸化物モル濃度とインジウム酸化物モル濃度との比が1．2以上である材料により構成されている。

本発明の他の態様によると、前記制御電極は、前記非導電層上に配置される下地層と、当該下地層上に配置される上部層と、により構成されている。

本発明の他の態様によると、前記基板はニオブ酸リチウムから成り、前記2つの光導波路は、マッハツェンダ型光導波路を構成する2つの並行導波路であって、前記制御電極は、ドリフト現象を補償するためのバイアス電極である。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の一実施形態に係る導波路型光素子の構成を示す図である。

[図2]図1に示す導波路型光素子のAA断面矢視図である。

[図3]種々の組成を有するバッファ層を用いた場合の、ドリフト電圧の時間変

化の評価結果の一例を示す図である。

[図4]ドリフト電圧の時間変化の評価に用いた導波路型光素子の、バッファ層の組成をプロットした図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。

[0015] 図1は、本発明の一実施形態に係る導波路型光素子の構成を示す図である。

本導波路型光素子10は、基板100上にマッハツェンダ（MZ、Mach-Zehnder）型光導波路102が配置された、マッハツェンダ型光変調器である。

[0016] 基板100は、電気光学材料であるニオブ酸リチウム（LN）から成る基板であり、例えばZカットのLN基板である。基板100上には、非導電性の材料から成る非導電層120が配置されている。この非導電層120は、例えば、MZ型光導波路102を伝搬する光波が後述する電極108等により吸収されて光損失を生ずるのを避けること等を目的として設けられる、いわゆるバッファ層であるものとすることができ、例えば基板100よりも誘電率の低い材料（具体的な材料については後述する）により構成される。

[0017] MZ型光導波路102は、並行導波路104、106を有する。並行導波路104、106の直上部には、それぞれ、当該並行導波路104、106に沿って高周波（RF）電極108、110が配置されており、RF電極108、110のそれぞれから所定の離間距離だけ離れて当該RF電極108、110を挟むように、接地電極112、114、116が配置されている。RF電極108と接地電極112、114との間、及びRF電極110と接地電極114、116との間には、並行導波路104、106を伝搬する光波を制御するための高周波信号がそれぞれ印加される。これらの高周波信号により、MZ型光導波路102の図示左端から入力された光が変調（例えば、強度変調）されて、図示右端から出力される。

[0018] また、基板100上には、2つの並行導波路104、106にそれぞれ電界を印加して並行導波路104、106間の屈折率差を制御するための制御

電極であるバイアス電極 150 が配置されている。バイアス電極 150 は、並行導波路 104、106 の直上部に、それぞれ、当該並行導波路 104、106 に沿って配置された動作電極 152、154 と、当該動作電極 152、154 のそれぞれから所定の離間距離だけ離れて当該動作電極 152、154 を挟むように設けられた基準電極 160、162、164 とで構成されている。

[0019] 基準電極 160、162、164 には、基準となる電位が印加され、動作電極 152、154 には、当該基準となる電位に対する正電圧又は負電圧が印加される。これにより、並行導波路 104、106 の間に屈折率差を発生させて、上述したドリフト現象により生ずる電圧シフト量（すなわち、RF 電極 108、110 による光変調動作に必要な電圧のシフト量）が補償される。

[0020] なお、上述した各電極 108、110、112、114、116、152、154、160、162、164 は、非導電層 120 上に配置されている。

[0021] 図 2 は、図 1 に示す導波路型光素子 10 の AA 断面矢視図である。バイアス電極 150 を構成する動作電極 152、154 及び基準電極 160、162、164 のそれぞれは、上部層 252a、254a、260a、262a、264a と、これらの上部層のそれぞれと非導電層 120 との間に配置された下地層 252b、254b、260b、262b、264b とにより構成されている。上部層 252a、254a、260a、262a、264a は、例えば金（Au）で構成され、下地層 252b、254b、260b、262b、264b は、例えばチタン（Ti）で構成される。

[0022] 本願発明の発明者の知見によると、バイアス電極を介した LN 基板等への高電界印加に起因するドリフト現象の加速の要因の一つは、バイアス電極への高電圧印加により、バイアス電極から、当該バイアス電極下に存在するバッファ層（本実施形態では非導電層 120 に対応する）又は LN 基板にキャリアが注入されることであると考えられる。

[0023] そして、本願発明の発明者は、上述した知見に基づき、バッファ層の素材を種々変更してバイアス電極を介したL N基板への高電界印加に起因するドリフト現象の加速の程度を評価した。その結果、バッファ層を、酸化シリコンとインジウムの酸化物とチタンの酸化物とを含む構成とし、且つ当該バッファ層におけるチタン酸化物モル濃度とインジウム酸化物モル濃度との比が1.2以上となる構成とすることで、基板におよそ $1\text{ V}/\mu\text{m}$ 以上の電界（ここで電界は、印加電圧／電極間隔で算出される平均的な電界である）を印加した際のバッファ層へのキャリア注入を有効に抑制することができる、との更なる知見を得た。

[0024] 本願発明は、上記知見に基づくものであり、本実施形態においては、特に、上記バッファ層に対応する非導電層120が、 SiO_2 と、インジウムの酸化物である In_2O_3 と、チタンの酸化物である TiO_2 とを含んで構成されており、チタン酸化物モル濃度とインジウム酸化物モル濃度との比が1.2以上となるように、例えばチタンモル濃度が9.0mol%、インジウムモル濃度が3.4mol%で構成されている。

[0025] 上記知見を得る際に用いた実験サンプルの一例を表1に示す。各サンプルの構成は、図1、図2に示す導波路型光素子10と同様であり、表1には、 SiO_2 を主材料とする非導電層120に添加した In_2O_3 及び TiO_2 のモル濃度比（単位：mol%）と、 In_2O_3 と TiO_2 とのモル濃度比の濃度比率（＝ $[\text{TiO}_2\text{のモル濃度比}]/[\text{In}_2\text{O}_3\text{のモル濃度比}]$ ）とが示されている。

[0026] [表1]

	サンプルa	サンプルb	サンプルc	サンプルd	サンプルe	サンプルf
In_2O_3 (モル濃度比)	3.4	4.0	4.8	2.7	5.8	8.3
TiO_2 (モル濃度比)	9.0	5.2	5.9	1.4	1.8	2.0
濃度比率($\text{TiO}_2/\text{In}_2\text{O}_3$)	2.65	1.30	1.23	0.52	0.31	0.24

[0027] サンプルa～fのそれぞれについて、DCドリフト電圧の時間変化を以下の手順で測定した。

まず、MZ型光導波路102の一端から光を入射し、基準電極160、162、164を接地電位として、動作電極152にのみ、正の初期バイアス電圧を印加する。この状態で、MZ型光導波路102の他端から出力される光の強度が一定となるように、動作電極152に印加されているバイアス電圧を調整し、当該調整後の動作電極152への印加バイアス電圧の上記初期バイアス電圧からの変動量を、当該初期バイアス電圧の印加後の時間の経過と共に記録する。

[0028] 次に、サンプルの電圧印加履歴を初期状態に戻すために、基準電極160、162、164と動作電極152を短絡し高温下で、長時間放置した後、上記同様にMZ型光導波路102の一端から光を入射し、基準電極160、162、164を接地電位として、動作電極152にのみ負の初期バイアス電圧を印加する。この状態で、MZ型光導波路102の他端から出力される光の強度が一定となるように、動作電極152に印加されているバイアス電圧を調整し、当該調整後の動作電極152への印加バイアス電圧の上記初期バイアス電圧からの変動量を、当該初期バイアス電圧の印加後の時間の経過と共に記録する。

[0029] 図3は、代表例として、サンプルb及びサンプルeについての、DCドリフト電圧の時間変化の測定結果である。図3(a)は、サンプルbにおけるバイアス電圧の時間変化、図3(b)はサンプルeにおける時間変化を示している。

[0030] 図3(a)、(b)において、縦軸は、DCドリフト電圧(単位: V)、横軸は経過時間(単位: 時間)である。図3(a)に示す曲線300は、サンプルbについての、動作電極152に+3.5Vの初期バイアス電圧を加えて測定したDCドリフト電圧の時間変化を示し、曲線302は、サンプルのバイアス電圧印加履歴を初期状態に戻した後、動作電極152に-3.5Vの初期バイアス電圧を加えて測定したDCドリフト電圧の時間変化を示している。また、曲線304は、サンプルのバイアス電圧印加履歴を初期状態に戻した後、動作電極152に+10.0Vの初期バイアス電圧を加えて測

定したDCドリフト電圧の時間変化を示し、曲線306は、サンプルのバイアス電圧印加履歴を初期状態に戻した後、動作電極152に -10.0 V の初期バイアス電圧を加えて測定したDCドリフト電圧の時間変化を示している。また、これらのサンプルのDCバイアス印加用の電極の間隔は $14\text{ }\mu\text{m}$ であり、バッファ層の厚さは $0.6\text{ }\mu\text{m}$ である。

[0031] 同様に、図3(b)に示す曲線310は、サンプルeについての、動作電極152に $+3.5\text{ V}$ の初期バイアス電圧を加えて測定したDCドリフト電圧の時間変化を示し、曲線312は、サンプルのバイアス電圧印加履歴を初期状態に戻した後、動作電極152に -3.5 V の初期バイアス電圧を加えて測定したDCドリフト電圧の時間変化を示している。また、曲線314は、サンプルのバイアス電圧印加履歴を初期状態に戻した後、動作電極152に $+10.0\text{ V}$ の初期バイアス電圧を加えて測定したDCドリフト電圧の時間変化を示し、曲線316は、サンプルのバイアス電圧印加履歴を初期状態に戻した後、動作電極152に -10.0 V の初期バイアス電圧を加えて測定したDCドリフト電圧の時間変化を示している。

[0032] 図3(a)においては、曲線300~306が示すように、ドリフト電圧の絶対値は緩やかに増加するか(300、302)、又は或る一定値の電圧に向かって漸近していくような傾向(304、306)がある。

[0033] これに対し図3(b)においては、曲線310~314は、図3(a)の曲線300~304とほぼ同じ傾向を示すが、曲線316が示すように、負の初期バイアス電圧 -10.0 V でのドリフト電圧は、時間経過と共にその絶対値が急激に増大していく。

[0034] 印加バイアス電圧が $\pm 14\text{ V}$ の範囲では、正の印加、負の印加ともに同じような傾向をしめすが、負の初期電圧の場合、印加バイアス電圧が -15 V 付近からその絶対値が急激に変化しており、ドリフト現象が加速している。その原因は、おそらくは、電極からバッファ層への電子注入によりバッファ層中のキャリアが増加し、バッファ層中の空間電荷が電極間の電位差による外部電界を打ち消す働きが強まるためと考えられる。サンプルの変調器の電極間

隔は $1.4 \mu\text{m}$ であるため、このときの印加電界はおよそ $1.1 \text{ V} / \mu\text{m}$ である。

- [0035] 正のバイアス電圧を印加した際においても、図3(a)に示すサンプルbより、印加電圧の変化が大きい、負のバイアス電圧印加の場合ほどの大きな差は無い。なお、バッファ層がないタイプのLN光変調器において、おおむね $2 \text{ V} / \mu\text{m}$ 程度の電界強度で、正のバイアス電圧印加と負のバイアス電圧印加との間で、DCドリフトの挙動に差が顕著に見られるようになることから、その電界強度で金属電極からLN結晶中へのキャリア注入、極性から判断しておそらくは電子注入が起こりはじめると考えられる。
- [0036] TiO_2 、 In_2O_3 を含んだバッファ層のある変調器では、バイアス電極間に、 $2 \text{ V} / \mu\text{m}$ あるいはそれ以上の電界をかけても、明確な変化は見られない。バッファ層を有する変調器のバイアスドリフトは、おもにバッファ層中のキャリアの空間電荷によってもたらされること、また、金属電極からのLNへのキャリア注入と誘電体であるバッファ層からLNへのキャリア注入は、起こりやすさが異なることが、この現象の原因と推定される。
- [0037] このような $1 \text{ V} / \mu\text{m}$ 程度の電界の負の印加におけるDCドリフト電圧の急激な増加現象は、上述した In_2O_3 と TiO_2 とのモル濃度比の濃度比率（ $= [\text{TiO}_2 \text{ のモル濃度比}] / [\text{In}_2\text{O}_3 \text{ のモル濃度比}]$ ）に依存する。上記のようなDCドリフトの増加量について、実用に供し得る特性としての良否判定基準を、例えば経過時間500時間において、バイアス電圧初期値が正及び負である場合のそれぞれのDCドリフト電圧の変化量（絶対値）の比（変化比）が、2以下であること、とすれば、表1に示すサンプルa～fは、表2のように表され（表中の「小」は上記変化比が2より小さいことを、「大」は当該変化比が2以上であることを示す）、ドリフト電圧変化の小さいサンプルa～cの群と、当該変化の大きいサンプルd～fの群にグループ化される（それぞれ点線で囲まれた2つのグループ）。

[0038]

[表2]

バイアス電圧初期値	サンプルa	サンプルb	サンプルc	サンプルd	サンプルe	サンプルf
±3.5V	小	小	小	小	小	小
±10.0V	小	小	小	大	大	大

[0039] そして、表1及び表2の比較から、これら2つのグループの境界値として、 In_2O_3 と TiO_2 とのモル濃度比の濃度比率=1.2を得ることができる。図4は、サンプルa～fの非導電層120の組成を、 SiO_2 、 In_2O_3 、 TiO_2 の組成比をそれぞれ示す3つの辺で構成された三角形の中にプロットした図である。図中の白丸がプロットであり、白丸の中に対応するサンプルの名前(a～f)が示されている。同図においても、サンプルa～cとサンプルd～fの群が、濃度比率=1.2を示す直線400を境界として2つの群に分かれることが判る。本願発明は、このような知見を基に、特に当該濃度比率が >1.2 となるように非導電層120を構成することで、ドリフト電圧の経時的な変動を軽減するものである。

[0040] なお、負の初期バイアス電圧の際にドリフトが急激に加速される電圧は、バッファ層の厚さにも依存する。電極間隔が同じでバッファ層の組成が同じであっても、バッファ層が薄いと、ドリフトが増大する電圧が低くなる、厚いと高くなる傾向があることが体験的にわかっている。バッファ層が $0.55\mu\text{m}$ の場合と $1.0\mu\text{m}$ の場合、ドリフトが急激に増大する電圧は、それぞれおよそ14V、17V程度であり、電界はそれぞれおよそ $1.0\text{V}/\mu\text{m}$ 、 $1.2\text{V}/\mu\text{m}$ である。

[0041] バッファ層中にIn、Tiに加えて、すず(Sn)を適量ドーピングしても良い。LNにTi拡散導波路を形成する際の雰囲気条件、リッジ導波路化する際の加工条件、加工後のアニール処理条件、バッファ層の形成条件、バッファ層のアニール条件などとの組み合わせ条件次第では、正の印加、負の印加ともにドリフト抑制効果が高まる。ただし、Snあるいは酸化すず(SnO_2)の蒸気圧が高いためバッファ層組成の再現性確保は難しくなるため、すずの濃度比は1.5モル%以下に抑えておくのが良い。

[0042] 以上、説明したように、本実施形態に示す導波路型光素子 10 では、非導電層 120 が、酸化シリコンとインジウムの酸化物とチタンの酸化物とを含み、且つチタン酸化物モル濃度とインジウム酸化物モル濃度との比が 1.2 以上となっているので、基板に $1\text{ V}/\mu\text{m}$ 以上の電界を印加した際のバッファ層へのキャリア注入を有効に抑制することができる。

符号の説明

[0043] 10・・・導波路型光素子、100・・・基板、102・・・MZ型光導波路、104、106・・・並行導波路、108、110・・・RF電極、112、114、116・・・接地電極、120・・・非導電層、150・・・バイアス電極、152、154・・・動作電極、160、162、164・・・基準電極、252a、254a、260a、262a、264a・・・上部層、252b、254b、260b、262b、264b・・・下地層。

請求の範囲

[請求項1]

電気光学効果を有する基板と、
前記基板表面に配置された2つの光導波路と、
前記基板上に配置された、当該基板より誘電率の低い材料から成る非導電層と、
前記非導電層上に配置された、前記2つの光導波路に電界をそれぞれ印加して当該2つの光導波路間に屈折率差を発生させるための制御電極と、
を備え、
前記非導電層は、酸化シリコンとインジウムの酸化物とチタンの酸化物とを含み、チタン酸化物モル濃度とインジウム酸化物モル濃度との比が1.2以上である材料により構成され、
前記制御電極には、前記基板に $1\text{ V}/\mu\text{m}$ 以上の電界を発生させる電圧が印加される、
導波路型光素子。

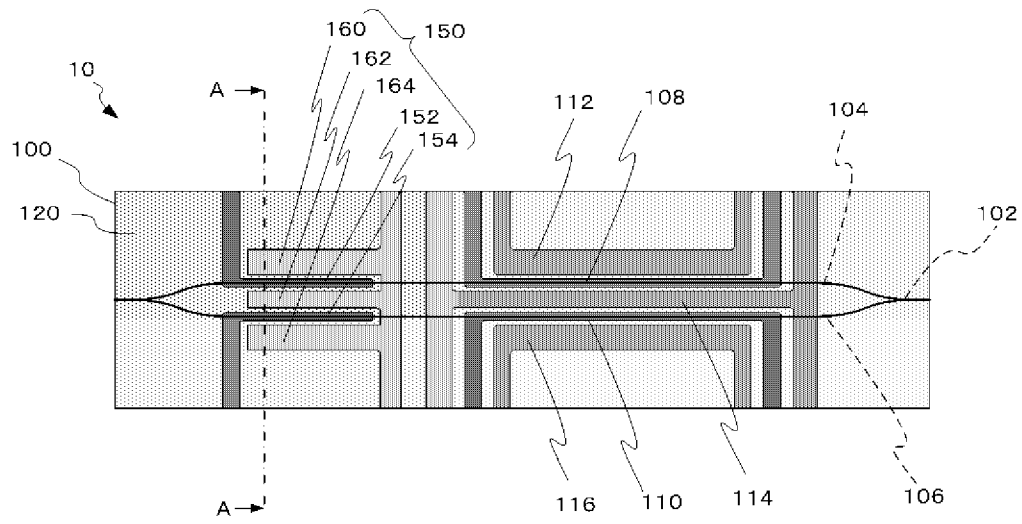
[請求項2]

前記制御電極は、前記非導電層上に配置される下地層と、当該下地層上に配置される上部層と、により構成され、
前記下地層はチタンである、
請求項1に記載の導波路型光素子。

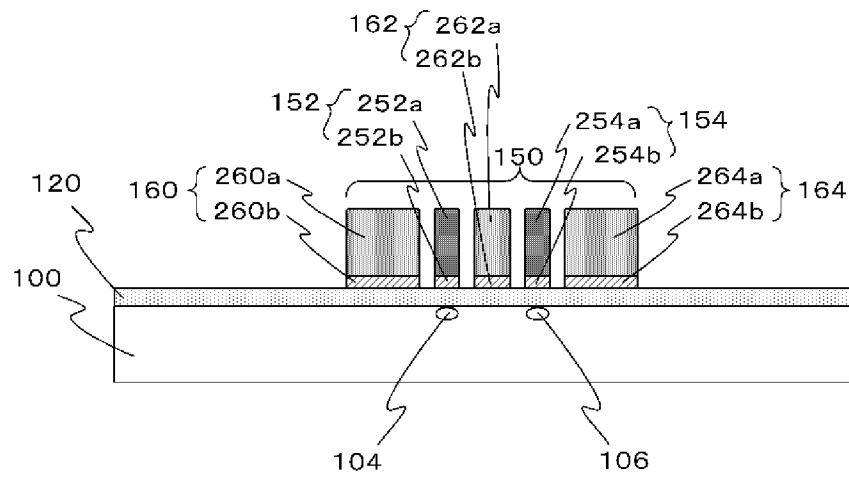
[請求項3]

前記基板はニオブ酸リチウムから成り、
前記2つの光導波路は、マッハツェンダ型光導波路を構成する2つの並行導波路であって、
前記制御電極は、ドリフト現象を補償するためのバイアス電極である、
請求項1又は2に記載の導波路型光素子。

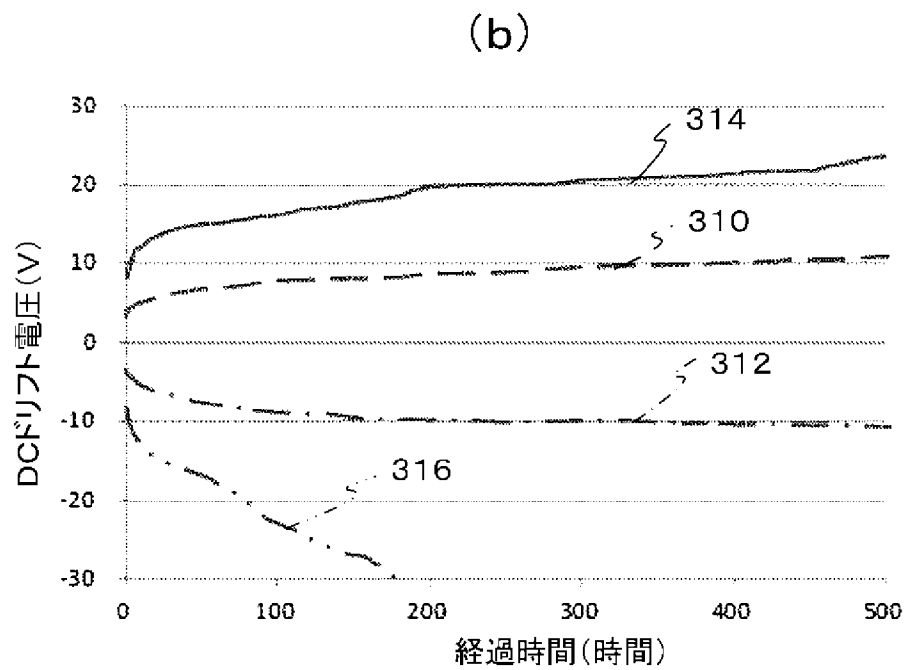
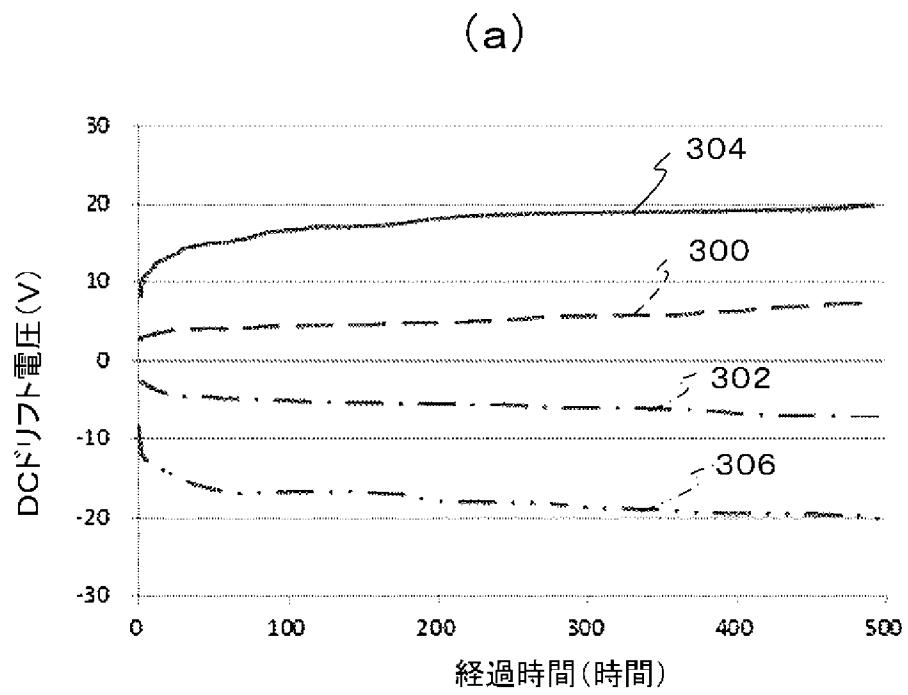
[図1]



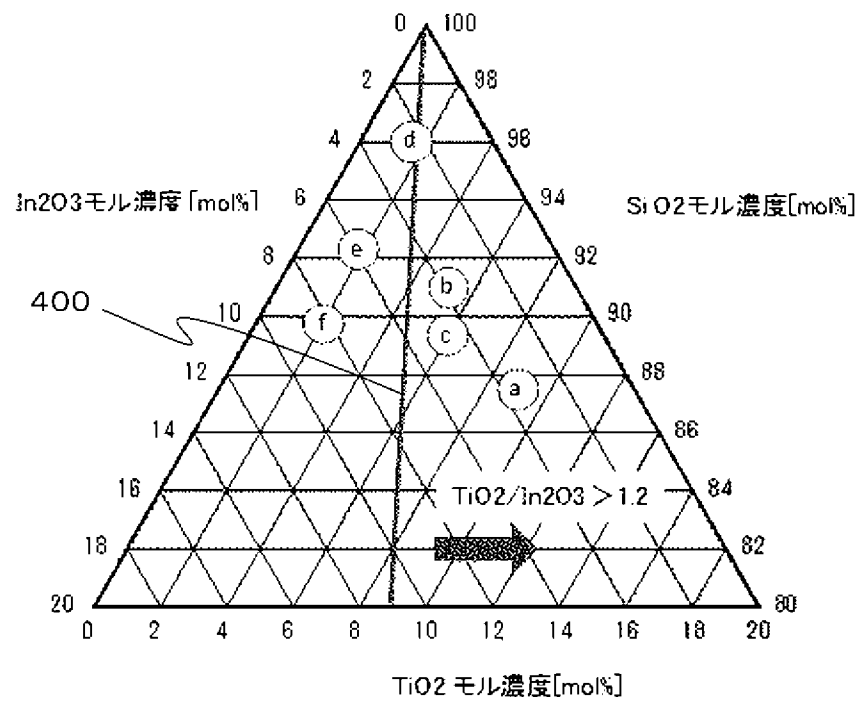
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/059334

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)

G02B6/12-6/14, 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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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

Google Scholar

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 5-257105 A (Fujitsu Ltd.), 08 October 1993 (08.10.1993), paragraphs [0028] to [0030], [0049] to [0051]; fig. 1, 20 & US 5404412 A column 6, line 67 to column 7, line 46; column 10, lines 28 to 67; fig. 1, 20 & US 5680497 A & EP 553568 A1 & DE 69226761 T2	1-3
Y	JP 2008-242042 A (Anritsu Corp.), 09 October 2008 (09.10.2008), paragraphs [0014], [0120] (Family: none)	1-3

☒ 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
13 June 2016 (13.06.16)

Date of mailing of the international search report
21 June 2016 (21.06.16)

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/JP2016/059334

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 2007-122038 A (Sumitomo Osaka Cement Co., Ltd.), 17 May 2007 (17.05.2007), paragraphs [0005] to [0006]; fig. 1 (Family: none)	2
A	JP 2006-301593 A (JDS Uniphase Corp.), 02 November 2006 (02.11.2006), entire text; all drawings & US 2006/0233494 A1 & CA 2521874 A1	1-3

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. G02B6/12-6/14, 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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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)

Google Scholar

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 5-257105 A (富士通株式会社) 1993.10.08, 段落【0028】-【0030】,【0049】-【0051】, 図1, 図20 & US 5404412 A, 第6欄第67行-第7欄第46行, 第10欄第28行- 第67行, 第1図, 第20図 & US 5680497 A & EP 553568 A1 & DE 69226761 T2	1-3
Y	JP 2008-242042 A (アンリツ株式会社) 2008.10.09, 段落【0014】,【0120】 (ファミリーなし)	1-3

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

13.06.2016

国際調査報告の発送日

21.06.2016

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)

廣崎 拓登

電話番号 03-3581-1101 内線 3295

2 L

5263

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 2007-122038 A (住友大阪セメント株式会社) 2007.05.17, 段落【0005】 - 【0006】, 図1 (ファミリーなし)	2
A	JP 2006-301593 A (ジェイディーエス ユニフエイズ コーポレー ション) 2006.11.02, 全文, 全図 & US 2006/0233494 A1 & CA 2521874 A1	1-3