

(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
2012 年 9 月 20 日(20.09.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/124830 A1

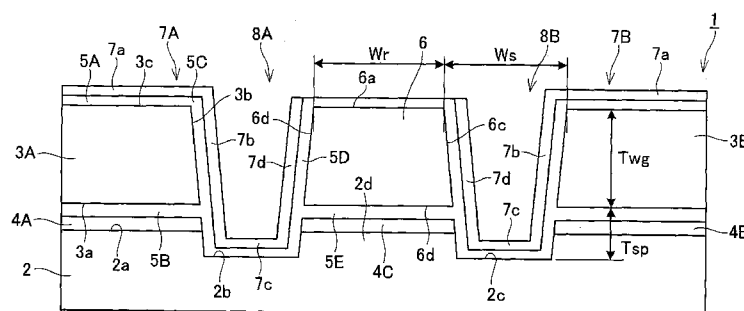
- (51) 国際特許分類:
G02F 1/035 (2006.01) *G01N 21/01* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/057666
- (22) 国際出願日: 2012 年 3 月 16 日(16.03.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-058732 2011 年 3 月 17 日(17.03.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 日本碍子株式会社(NGK Insulators, Ltd.) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 近藤 順悟(KONDO, Jungo) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 岩田 雄一(IWATA, Yuichi) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 江尻 哲也(EJIRI, Tetsuya) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号日本碍子株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 細田 益稔, 外(HOSODA, Masutoshi et al.); 〒1080074 東京都港区高輪一丁目 5 番 4 号常和高輪ビル 7 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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL MODULATION ELEMENT

(54) 発明の名称: 光変調素子

第 2 図



(57) Abstract: An optical modulation element (1) is provided with: a supporting substrate (2) that has a pair of grooves (2b, 2c) and a protruding part (2d) between the grooves; a ridge part (6) which comprises electro-optical crystal and has channel optical waveguide that propagates multi-mode light formed therein; a first side plate part (3A) that is formed on one side of the ridge part (6) and which comprises electro-optical crystal; a second side plate part (3B) that is formed on the other side of the ridge part (6) and which comprises electro-optical crystal; a first adhesion layer (4A) that adheres the first side plate part (3A) and the supporting substrate (2); a second adhesion layer (4B) that adheres the second side plate part (3B) and the supporting substrate (2); and a third adhesion layer (4C) that adheres the ridge part (6) and the protruding part (2d). The optical modulation element (1) is further provided with: a first electrode (7A) provided on a side surface (6b) of a first groove (8A) side of the ridge part, a side surface (3b) of the first side plate part (3A) and an upper surface (3c) of the first side plate part; and a second electrode (7B) provided on a side surface (6c) of a second groove (2c) side of the ridge part, a side surface (3b) of the second side plate part (3B) and the upper surface (3c) of the second side plate part (3B). Light propagated by the channel optical waveguide is modulated by the modulation voltage applied between the first electrode (7A) and the second electrode (7B).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/124830 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

光変調素子 1 は、一対の溝 2 b、2 c およびこれらの溝の間の突起部 2 d を有する支持基板 2、電気光学結晶からなり、マルチモード伝搬するチャンネル型光導波路が形成されているリッジ部 6、リッジ部 6 の一方の側に形成されており、電気光学結晶からなる第一の側板部 3 A、リッジ部の他方の側に形成されており、電気光学結晶からなる第二の側板部 3 B、第一の側板部 3 A と支持基板 2 とを接着する第一の接着層 4 A、第二の側板部 3 B と支持基板 2 とを接着する第二の接着層 4 B、およびリッジ部 6 と突起部 2 d とを接着する第三の接着層 4 C を備える。本素子 1 は、更に、リッジ部の第一の溝 8 A 側の側面 6 b、第一の側板部 3 A の側面 3 b および第一の側板部の上面 3 c に設けられている第一の電極 7 A、および、リッジ部 6 の第二の溝側の側面 6 c、第二の溝 2 c、第二の側板部 3 B の側面 3 b および第二の側板部 3 B の上面 3 c に設けられている第二の電極 7 B を備えている。第一の電極 7 A と第二の電極 7 B との間に印加される変調電圧によってチャンネル型光導波路を伝搬する光を変調する。

明細書

光変調素子

発明の属する技術分野

- 5 本発明は、フローサイトメトリー用光源に適した光変調素子に関するものである。

背景技術

- 生体細胞分析や加工分野において、レーザーを利用した検査装置や加工装置の製品開発が活発化している。その一例として、フローサイトメトリー (flow
10 cytometry)がある。フローサイトメトリー は生体内の細胞を流体中に分散させ、その流体を細く流して、個々の細胞を光学的に分析する手法である。フローサイトメトリーに用いられる装置をフローサイトメーター (flow cytometers) と呼ばれる。

- フローサイトメータは、レーザー光を細胞に当て、光線に僅かにずれた方向
15 (光線と同軸上では光源の強い光によって飽和してしまう) の前方散乱 (Forward Scatter = FSC と略す) と、光線と直角の方向の側方散乱 SSC (Side Scatter) を検出する。また細胞を蛍光物質で標識し、レーザー光によって生じた蛍光を検出する。細胞の場合、FSC からは細胞の大きさが、SSC からは細胞内の複雑さ (核の形、細胞内小器官、膜構造などに由来) を分析できる。
- 20 各検出器の組み合わせ、蛍光物質や免疫染色により非常に多様な分析が可能である。近年では複数の光線と検出器を装備した装置が市販されており (光線 4 種、検出器 14 種など)、複数の抗体を用いることでより同時に高度な分析できるようになっている。またセルソーターを標準装備した装置もあり、シースの流路を切り換えることで高精度かつ高速で目標粒子を分取できる。市販の装置
25 では最大 4 種類の集団に分出でき、理論的には 1 秒当り 90,000 個の粒子を処理できる。

レーザは、従来、大型で操作の複雑な水冷のガスレーザーが使用されてきたが、レーザー技術と高感度なフローセル検出系の発展により、コンパクトで簡便な、寿命の長い空冷レーザーが主流となっている。具体的に、空冷アルゴンレーザー（488nm）、空冷ヘリウムネオンレーザー（633nm）、空冷ヘリウムカドミニウムレーザー（325nm）などが使用されている。さらに最近では、
5 よりコンパクトで低消費電力な半導体レーザーや波長変換素子を利用した全固体レーザー（光励起半導体レーザー）も使用されている。

フローサイトメータでは、レーザ光は流体に照射されるまで光ファイバで伝送されることがある。使用されるレーザは、光強度が数 10mW から 100mW
10 を超える場合もあり、全波長足し合わせると、300mW以上となる。またスポット形状は数 10 μ m以上と大きく、光ファイバは数 10 μ m以上のマルチモードファイバが使用される。この場合、個々の細胞を正確に測定するために、レーザ光のスポット形状が変動することなく安定である必要がある。このためレーザ光のスポット形状や光強度を安定にするため、強度や位相を変調する光制御素子が使用される場合がある。
15

リッジ型光導波路を用いた光変調素子としては、例えば特開 2002-250949、特開 2005-221894、特開昭 63-49732 が出願されている。

特開 2002-250949 の光変調素子では、リッジ型光導波路を支持基板上に接着している。

20 特開 2005-221894 記載の光変調素子は、二次非線形光学効果を有する材料からなり、周期的な分極反転構造を有する第1基板21と、第2基板22とを熱処理による拡散接着によって貼り合わせる第1工程と、第1基板21を、光導波路を形成するための所定の厚さに研磨する第2工程と、第1基板21と第3基板23とを熱処理による拡散接着によって貼り合わせる第3工程とを備
25 えている。さらに、リッジ導波路として、第一基板、第三基板、および第二基板の一部を切削した構造を開示している。

特開昭 63-49732 記載の光変調素子は、電気光学結晶である x-cut LN 基板にリッジ導波路を形成し、その側面に電極が形成されている。

なお、光変調器のドリフト対策として、SiO₂ バッファ層を用いることが特許番号 1789177 に記載されている。

5

発明の開示

従来の変調素子でも、特開昭 63-49732 のように、リッジ部の両方の側面上にそれぞれ変調電極を設け、一対の変調電極から、リッジ部内を伝搬する光に変調電圧を印加するものがある。本発明者は、例えばフローサイトメトリー用途の光変調素子を開発している過程で、特開 2002-250949 記載のような光導波路構造を用い、かつ特開昭 63-49732 記載のように、リッジ部の両側面上にそれぞれ変調用電極を形成することを試みてみた。

ところが、この結果として、光変調に必要な駆動電圧（半波長電圧）の経時的な変動が非常に大きく、使用できないことが判明してきた。

15 例えばフローサイトメトリーの分野で光変調素子を使用する場合には、レーザー光のパワー強度が大きく、例えば 300 mW 以上となる。また、短波長のレーザー光が要求されることが多く、波長は例えば 700 nm 以下となる。このように、光強度を上昇させたり、波長を短くすると、駆動電圧の変動が著しく大きくなった。

20 本発明の課題は、リッジ型光導波路に光を伝搬しながら変調を加える光変調素子において、光強度を大きくしたり、光の波長を短くしても、発熱による光導波路破損を防ぎ、かつ駆動電圧の変動を抑制できるような構造を提供することである。

25 本発明にかかる光変調素子は、第一の溝、第二の溝およびこれらの溝の間の突起部を有する支持基板を備え、電気光学結晶からなり、マルチモード伝搬するチャンネル型光導波路が形成されているリッジ部を備える。本素子は、更に

リッジ部の一方の側に形成されている電気光学結晶からなる第一の側板部、リ
リッジ部の他方の側に形成されている電気光学結晶からなる第二の側板部、第一
の側板部と支持基板とを接着する第一の接着層、第二の側板部と支持基板とを
接着する第二の接着層、およびリッジ部と突起部とを接着する第三の接着層を
5 備えている。本素子は、更に、リッジ部の第一の溝側の側面、第一の溝、第一
の側板部の側面および第一の側板部の上面に設けられている第一の電極、およ
び、リッジ部の第二の溝側の側面、第二の溝、第二の側板部の側面および第二
の側板部の上面に設けられている第二の電極を備えている。第一の電極と第二
の電極との間に印加される変調電圧によってチャンネル型光導波路を伝搬す
10 る光の位相を変調する。

本発明者は、例えば特開昭 63-49732 記載のようにリッジ部を一对の変調電
極ではさむ形態では、光強度が高くなったり、光波長が短くなったときに、駆
動電圧の顕著な変動が生ずる原因について検討した。この結果、経時的にリッ
ジ部の温度が上昇し、光伝搬特性が変化し、また焦電効果により電気光学結晶
15 基板の表面電荷の状態が変動することを見いだした。

この温度変化が急激であると、この表面電荷による内部電界が絶縁破壊しき
い値を超え導波路破損が発生する。

本発明者は、この発見に基づき、まず支持基板側にも溝を形成し、リッジ部
の側面だけでなく、溝に面する支持基板表面にも変調電極を伸ばし、更に側板
20 部の溝に面する表面から側板部の上面にまで変調電極を伸ばした。このように、
溝の形成と共に、変調電極をリッジ部の側面全体にわたって形成し、その溝お
よび側板部の側面および上面にわたって延設することで、光の伝搬によってリ
ッジ部周辺に発生する熱を伝搬させ、放熱を促進した。この結果として、光強
度が高くなったり、光波長が短くなったときにも、駆動電圧の顕著な変動を抑
25 制できることを見だし、本発明に到達した。

さらに、本願構造はリッジ部の電気光学結晶の上下左右に低屈折率材料が配

置されるので強い光閉じ込め構造となり対称性のよいモード形状が得られる。
これによって、光の波長が変化してもモード形状が変化しにくく、安定となる。

図面の簡単な説明

5 図 1 は、本発明の一実施形態に係る光変調素子 1 を模式的に示す斜視図である。

図 2 は、図 1 の光変調素子を模式的に示す要部断面図である。

発明を実施しようとする形態

10 支持基板 2 の上面 2 a 側には第一の溝 2 b と第二の溝 2 c とが形成されており、一対の溝 2 b と 2 c との間に突起 2 d が形成されている。突起 2 d 上には、電気光学結晶からなるリッジ部 6 の底面 6 d が第三の接着層 4 C によって
15 6 d 上にバッファ層 5 E が形成されている。

第一の溝 2 b の外側では、支持基板 2 の表面 2 a 上に、電気光学結晶からなる第一の側板部 3 A の底面 3 a が第一の接着層 4 A によって接着されている。
本例では、側板部 3 A の底面 3 a 上にはバッファ層 5 B が形成されており、側面 3 b 上にはバッファ層 5 C が形成されており、上面 3 c 上にはバッファ層 5
20 A が形成されている。また、第二の溝 2 c の外側では、支持基板 2 の表面 2 a 上に、電気光学結晶からなる第二の側板部 3 B の底面 3 a が第二の接着層 4 B によって接着されている。本例では、側板部 3 B の底面 3 a 上にはバッファ層 5 B が形成されており、側面 3 b 上にはバッファ層 5 C が形成されており、上面 3 c 上にはバッファ層 5 A が形成されている。

25 そして、側板部 3 A の上面 3 c、リッジ溝 8 A 側の側面 3 b、溝 2 b、およびリッジ部 6 の側面 6 b 上にわたって、第一の変調電極 7 A が形成されている。

すなわち、変調電極 7 A は、リッジ部 6 へと電圧を印加する電圧印加部 7 d だけでなく、電圧印加部に接続された導電膜 7 c、7 b、7 a を備えており、導電膜 7 a は側板部 3 の上面 3 c 上に伸びている。また、側板部 3 B の上面 3 c、リッジ溝 8 B 側の側面 3 b、溝 2 c、およびリッジ部 6 の側面 6 c 上にわたって、第二の変調電極 7 B が形成されている。すなわち、変調電極 7 B は、リッジ部 6 へと電圧を印加する電圧印加部 7 d だけでなく、電圧印加部に接続された導電膜 7 c、7 b、7 a を備えており、導電膜 7 a は側板部 3 B の上面 3 c 上に伸びている。

本発明では、伝搬光をマルチモード伝搬しており、伝搬光の光強度を大きく
10 できる。そして、リッジ部 6 を形成するためのリッジ溝 8 A、8 B は、基板厚 $T_w g$ よりも深く、溝 2 b、2 c が支持基板 2 まで到達している。このように、リッジ溝を支持基板 2 まで延伸するのと共に、変調電極をリッジ部 6 の側面、支持基板の溝 2 a、2 b、各側板部の側面 3 b および上面 2 c にわたって延設することで、光の伝搬によってリッジ部周辺に発生する熱を伝搬させ、放熱を
15 促進した。この結果として、光強度が高くなったり、光波長が短くなったときにも、駆動電圧の顕著な変動を抑制できる。

本発明においては、支持基板 2 に一对の溝 2 b、2 c およびこれらの溝の間の突起部 2 d を設ける。

支持基板の材質は、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム-タンタル酸リチウム固溶体、ニオブ酸リチウムカリウム、石英ガラスなどのガラスや水晶、Si などを例示することができる。

支持基板に溝 2 b、2 c を形成するための加工方法は限定されず、機械加工、イオンミリング、ドライエッチング、レーザーアブレーションなどの方法を用いることができる。

25 本発明では、伝搬光の波長およびリッジ部 6 の高さを調節することで、チャンネル型光導波路に光をマルチモード伝搬させる。これによって、光の集中を

抑制し、比較的大きな光強度の光を伝搬させることができる。この観点からは、リッジ部6の厚さ T_{wg} が $25\text{ }\mu\text{m}$ 以上、 $150\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

リッジ部6の幅 W_r は、 $20\text{ }\mu\text{m}$ ～ $100\text{ }\mu\text{m}$ とすることが好ましく、 $25\text{ }\mu\text{m}$ ～ $90\text{ }\mu\text{m}$ とすることが更に好ましい。ただし、リッジ部6の幅 W_r は、リッジ部6の上面6aの両縁部の間の間隔である。

リッジ部、第一の側板部、第二の側板部の材質は、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム-タンタル酸リチウム固溶体、ニオブ酸リチウムカリウムを例示でき、同じ材質であることが好ましい。また、 MgO などのドーピングがなされていてもよく、コングルエント組成、ストイキオメトリ組成であってよい。

第一の接着層、第二の接着層、第三の接着層の各屈折率と、リッジ部や側板部の材質との屈折率との差は、それぞれ、各接着層の屈折率の10%以上であることが好ましく、20%以上であることが更に好ましい。また、各接着層の厚みは、光の閉じ込めという観点で、 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上が好ましく、また薄板研磨加工後の基板厚バラツキの低減という観点で、 $3\text{ }\mu\text{m}$ 以下が好ましい

第一の接着層、第二の接着層、第三の接着層の材質は、無機接着剤であってよく、有機接着剤であってよく、無機接着剤と有機接着剤との組み合わせであってよい。

有機接着剤の具体例は特に限定されないが、エポキシ系接着剤、熱硬化型接着剤、紫外線硬化性接着剤、ニオブ酸リチウムなどの電気光学効果を有する材料と比較的近い熱膨張係数を有するアロンセラミックスC（商品名、東亜合成社製）（熱膨張係数 $13 \times 10^{-6}/\text{K}$ ）を例示できる。

また無機接着剤としては、低誘電率で接着温度（作業温度）が約 600°C 以下のものが好ましい。また、加工の際に十分な接着強度が得られるものが好ましい。具体的には、酸化珪素、酸化鉛、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、

酸化カルシウム、酸化ホウ素等の組成を単体もしくは複数組み合わせたガラスが好ましい。また、他の無機接着剤としては、例えば五酸化タンタル、酸化チタン、五酸化ニオブ、酸化亜鉛がある。

5 無機接着層の形成方法は特に限定されず、スパッタ法、蒸着法、スピコー
ト法、ゾルゲル法などがある。また、接着剤のシートを介在させ、接着すること
ができる。好ましくは、熱硬化性、光硬化性あるいは光増粘性の樹脂接着剤
からなるシートを、電気光学材料層の裏面と支持基板 2 との間に介在させ、シ
ートを硬化させる。このようなシートとしては、 $300\text{ }\mu\text{m}$ 以下のフィルム樹脂
が適当である。

10 本発明では、第一の電極が、リッジ部の第一の溝側の側面、第一の溝、第一
の側板部の側面および第一の側板部の上面に設けられており、第二の電極が、
リッジ部の第二の溝側の側面、第二の溝、第二の側板部の側面および第二の側
板部の上面に設けられている。ここで、第一の電極、第二の電極は、それぞれ、
15 内部で電氣的に接続されている必要があるが、各面のすべてを被覆している必
要はなく、部分的に電極によって被覆されていない領域があってもよい。

各電極の材質は、所望の導電性が得られれば、特に限定されず、例えば金、
銀、銅、アルミニウム、カーボン、モリブデンを例示できる。

好適な実施形態においては、リッジ部の上面、第一の側面および第二の側面
を被覆するバッファ層を備えており、バッファ層が第一の電極および第二の電
20 極とリッジ部との間に挟まれている。このバッファ層は、各電極による光の吸
収損失を低減し、光のリッジ部内への閉じ込めを強くすると共に、光ファイバ
と同じように対称性の優れたスポット形状を有する光導波路が実現できる。

このため、リッジ部 6 の材質の屈折率とバッファ層の屈折率との差は、バッ
ファ層の材質の屈折率の 10% 以上であることが好ましく、 20% 以上である
25 ことが更に好ましい。また、バッファ層の厚みは、光の閉じ込めという観点で
 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上が好ましく、半波長電圧の増加という観点で $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下が好ま

しい。

バッファ層の材質としては、 SiO_2 、 Ta_2O_5 が好ましい。

リッジ溝 8 A、8 B の深さ ($T_{wg} + T_{sp}$) からリッジ部 6 の高さ T_{wg} を引いた値 (T_{sp}) は、駆動電圧の変動抑制という観点からは、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上が好ましく、 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以上が更に好ましい。

また、リッジ部 6 の上面エッジと側板部 7 A (7 B) の上面エッジとの間隔 (W_s) は、駆動電圧の変動抑制という観点からは、 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以上が好ましく、 $45\text{ }\mu\text{m}$ 以上が更に好ましい。また、 W_s の上限もとくにないが、加工し易さの観点からは、 $300\text{ }\mu\text{m}$ 以下が好ましい。

10 また、 $(T_{wg} + T_{sp}) / 5 \leq W_s$ の関係を満足することによって、やはり溝内空間への放熱を促進し、駆動電圧の変動を抑制する上で効果的である。

チャンネル型光導波路を伝搬する光強度が 300 mW 以上のときに、本発明はとくに効果的である。また、チャンネル型光導波路を伝搬する光の波長が 550 nm 以下の光が伝搬するときに、本発明は特に効果的である。

15 本発明の光変調素子は、光の特性に変調を加えるものであれば限定されず、光強度変調器、光位相変調器であってよい。光強度変調器は、マッハツェンダ一型光導波路を利用した光振幅変調器であってよい。光位相変調器とは、入射光に対して位相変調を加え、出射光から位相変調信号を取り出すものを意味する。

20

実施例

(実施例 1)

図 1、図 2 を参照しつつ説明した前記素子を作製し、光変調特性を試験した。

具体的には、厚さ $500\text{ }\mu\text{m}$ の $\text{MgO}5\%\text{mol}$ ドープの x 板ニオブ酸リチウム単結晶基板の上面に、スパッタにて SiO_2 からなるバッファ層を、厚さ $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 成膜した。次いで、 $\text{MgO}5\%\text{mol}$ ドープの x 板ニオブ酸リチウム単結晶

25

基板の成膜面を下にして、厚さ 1 mm のノンドープ x 板ニオブ酸リチウム基板 2 に対して、樹脂接着剤によって貼り合わせた。次に、MgO ドープニオブ酸リチウム基板の表面を厚さ 70 μm となるまで研削、研磨で加工した。その後、ダイシングソーにて MgO ドープニオブ酸リチウム基板側から研削加工し、深さ 100 μm の溝 2 b、2 c を形成し、幅 35 μm 、高さ 70 μm のリッジ部 6 を形成した。さらに SiO₂ からなるバッファ層を厚さ 0.5 μm で成膜し、Ni、Cr、Au（厚み 0.5 μm ）の順番で導電膜 7 A、7 B を成膜し、SiO₂ バッファ層と導電膜をリソグラフィーによりリッジ導波路部側面、リッジ溝底面、両脇の側面リッジの側面および表面にパターニングし、図 1、図 2 に示す位相変調素子 1 を作製した。

次に、ダイシングソーにて幅 3 mm、長さ 10 mm にチップ切断を行い、チップ端面を光学研磨した。また、コア径 50 μm の GI ファイバにより位相変調素子を光学的に UV 硬化樹脂にて接続した。最後に両脇の側面部表面の電極部に外部回路と導通をとるためにワイヤボンドした。側面リッジの表面の電極幅は片側で 1.2 mm であった（両側で 2.4 mm）

ここで、各部分の寸法は以下のとおりである。

W _r :	35 μm
W _s :	200 μm
T _{wg} :	70 μm
T _{sp} :	30 μm

本位相変調器の電極長は 9.5 mm で半波長電圧は 10 V であった。本素子に波長 405 nm の光 50 mW、波長 532 nm の光 150 mW、波長 632 nm の光 150 mW を導波路素子に入力し変調特性を測定した。各光は光導波路をマルチモード伝搬している。変調特性を評価するためにマッハツェンダー干渉系をファイバで構成し、片方のアームには本変調素子を、もう片方には何も挿入せず、その強度変調光の変動を観測した。本変調素子に 1 kHz、 ± 1

0 Vで変調させたところ、各波長においてバイアス点の変動は50%に抑えられた、また20素子試験を行ったが、導波路破損はなく光挿入損失の変動もなかった。

(比較例1)

5 実施例1と同様にして光変調素子を作製し、光変調特性を測定した。

ただし、実施例1とは異なり、第一の電極については、リッジ部6の側面6b上の電極7dおよび溝2b上の導電膜7cを形成し、側板部3Aの側面3b上、上面3c上には形成しなかった。また、第二の電極については、リッジ部6の側面6c上の電極7dおよび溝2c上の導電膜7cを形成し、側板部3B

10 の側面3b上、上面3c上には形成しなかった。

本位相変調器の電極長は9.5mmで半波長電圧は10Vであった。本素子に波長405nmの光50mW、波長532nmの光150mW、波長632nmの光150mWを導波路素子に入力し、変調特性を測定した。各光は光導波路をマルチモード伝搬している。変調特性を評価するためにマッハツェン

15 ダー干渉系をファイバで構成し、片方のアームには本変調素子を、もう片方には何も挿入せず、その強度変調光の変動を観測した。本変調素子に1kHz、 ± 10 Vで変調させたところ、各波長において光強度が連続的に瞬時に変動し、バイアス点の変動は100%以上変動した、また20素子試験を行ったが、2素子について導波路破損し、光挿入損失が2dB劣化した。

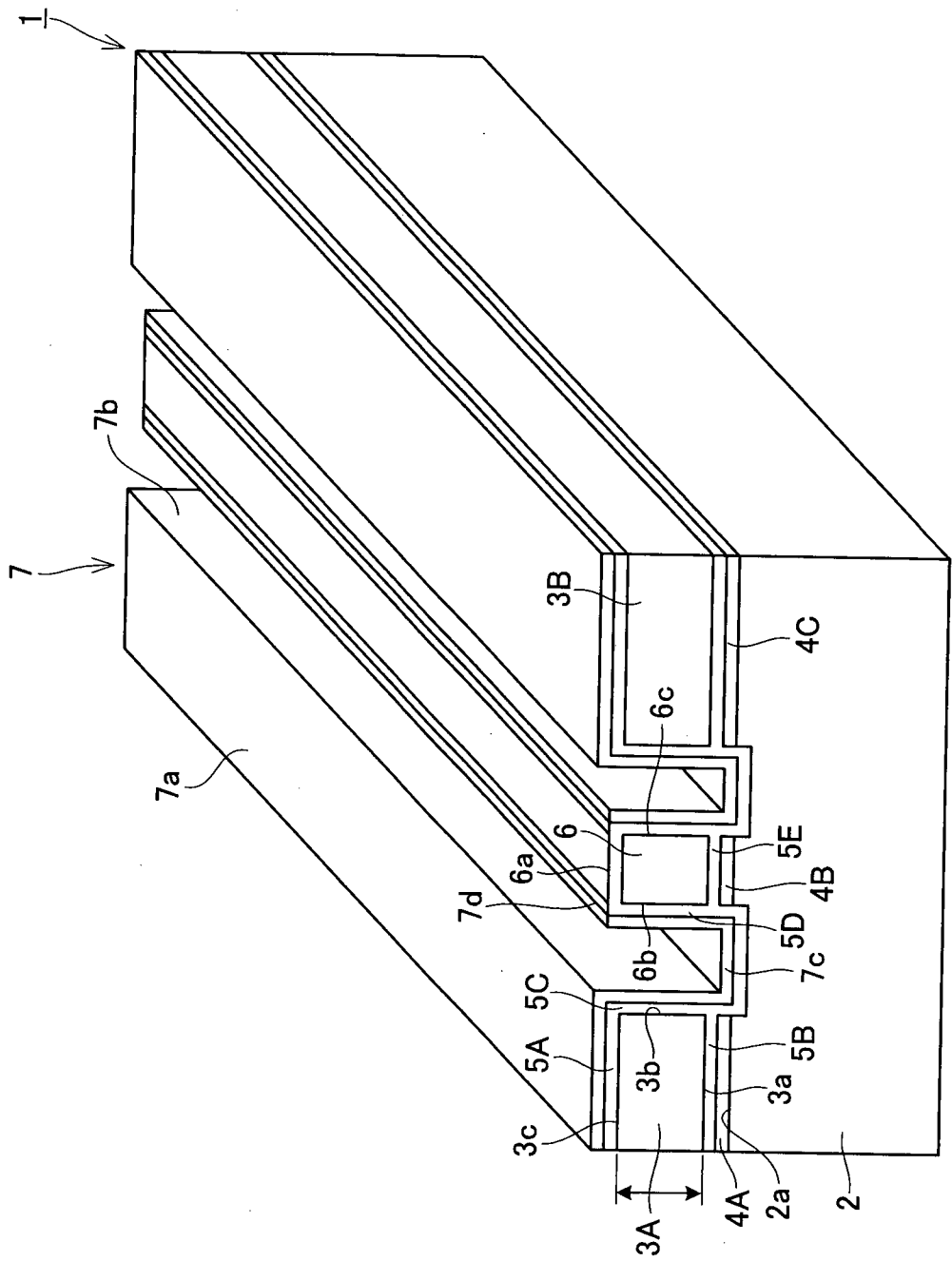
20 本発明の特定の実施形態を説明してきたけれども、本発明はこれら特定の実施形態に限定されるものではなく、請求の範囲の範囲から離れることなく、種々の変更や改変を行いながら実施できる。

請求の範囲

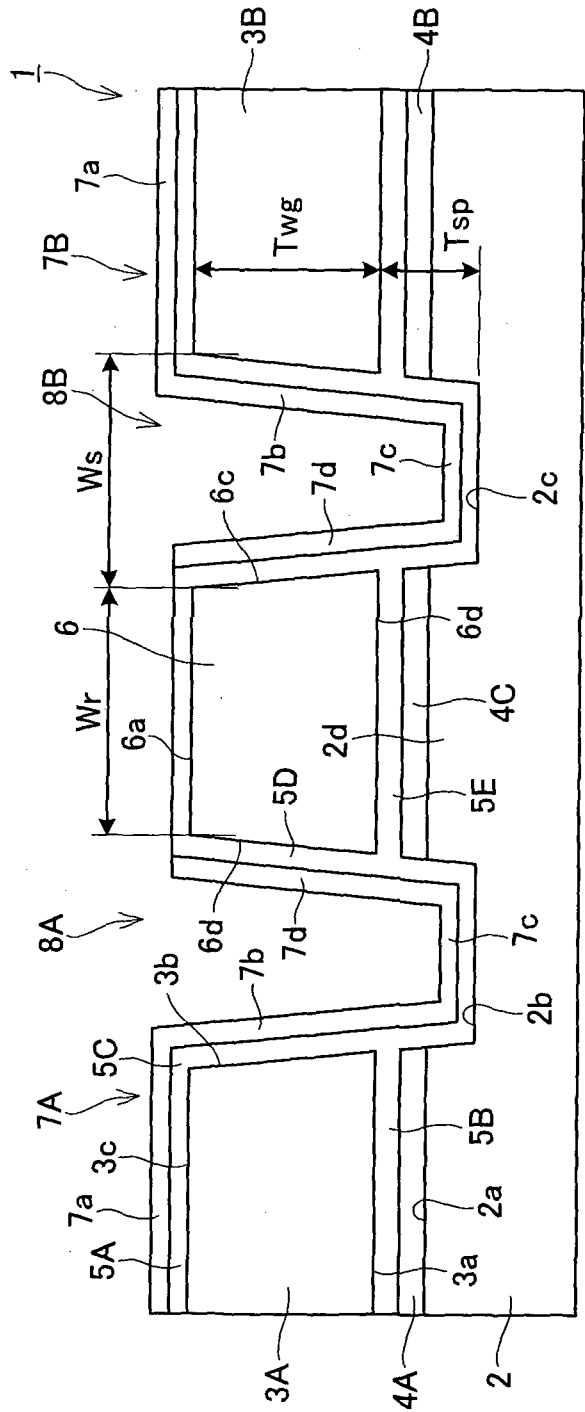
1. 第一の溝、第二の溝およびこれらの溝の間の突起部を有する支持基板、
電気光学結晶からなり、マルチモード光を伝搬させるチャンネル型光導波路
- 5 が形成されているリッジ部、
前記リッジ部の一方の側に形成されており、電気光学結晶からなる第一の側板部、
前記リッジ部の他方の側に形成されており、電気光学結晶からなる第二の側板部、
- 10 前記第一の側板部と前記支持基板とを接着する第一の接着層、
前記第二の側板部と前記支持基板とを接着する第二の接着層、
前記リッジ部と前記突起部とを接着する第三の接着層、
前記リッジ部の前記第一の溝側の側面、前記第一の溝、前記第一の側板部の側面および前記第一の側板部の上面に設けられている第一の電極、および
- 15 前記リッジ部の前記第二の溝側の側面、前記第二の溝、前記第二の側板部の側面および前記第二の側板部の上面に設けられている第二の電極を備えており、前記第一の電極と前記第二の電極との間に印加される変調電圧によって前記チャンネル型光導波路を伝搬する光を変調することを特徴とする、光変調素子。
- 20 2. 前記リッジ部の厚さが $25\ \mu\text{m}$ 以上、 $150\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする、請求項 1 記載の光変調素子。
3. 前記リッジ部の上面、前記第一の側面および前記第二の側面を被覆するバッファ層を備えており、前記バッファ層が前記第一の電極および前記第二の電極と前記リッジ部との間に挟まれていることを特徴とする、請求項 1 または
- 25 2 記載の光変調素子。
4. フローサイトメトリー用の光源であることを特徴とする、請求項 1 ～ 3

のいずれか一つの請求項に記載の光変調素子。

第 1 図



第 2 図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/057666

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F1/035 (2006.01) i, G01N21/01 (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)

G02F1/03-1/055, G01N21/01

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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	JP 2002-372641 A (NGK Insulators, Ltd.), 26 December 2002 (26.12.2002), entire text; all drawings & US 2003/0012540 A1 & EP 1267183 A2	1-4
A	JP 63-49732 A (Shojiro MIKAMI et al.), 02 March 1988 (02.03.1988), entire text; all drawings & US 4866406 A	1-4
A	JP 3-198025 A (NEC Corp.), 29 August 1991 (29.08.1991), entire text; all drawings & US 5825047 A & EP 437836 A2 & DE 69019498 T2 & CA 2033246 C	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
19 June, 2012 (19.06.12)

Date of mailing of the international search report
03 July, 2012 (03.07.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/057666

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 2009-122183 A (Anritsu Corp.), 04 June 2009 (04.06.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-4
A	Deka C. et.al., 'Time-resolved fluorescence- decay measurement and analysis on single cells by flow cytometry', APPLIED OPTICS, Vol.35, No.22, 1 August 1996, p.4481-4489	1-4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. G02F1/035(2006.01)i, G01N21/01(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. G02F1/03-1/055, G01N21/01

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 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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	J P 2 0 0 2 - 3 7 2 6 4 1 A（日本碍子株式会社）2 0 0 2 . 1 2 . 2 6 , 全文, 全図 & U S 2 0 0 3 / 0 0 1 2 5 4 0 A 1 & E P 1 2 6 7 1 8 3 A 2	1-4
A	J P 6 3 - 4 9 7 3 2 A（三上 彰二郎 他1名）1 9 8 8 . 0 3 . 0 2 , 全文, 全図 & U S 4 8 6 6 4 0 6 A	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

1 9 . 0 6 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 3 . 0 7 . 2 0 1 2

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1 0 0 - 8 9 1 5

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）

河原 正

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 4

2 X

9 0 1 7

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	J P 3 - 1 9 8 0 2 5 A (日本電気株式会社) 1 9 9 1 . 0 8 . 2 9 , 全文, 全図 & U S 5 8 2 5 0 4 7 A & E P 4 3 7 8 3 6 A 2 & D E 6 9 0 1 9 4 9 8 T 2 & C A 2 0 3 3 2 4 6 C	1-4
A	J P 2 0 0 9 - 1 2 2 1 8 3 A (アンリツ株式会社) 2 0 0 9 . 0 6 . 0 4 , 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-4
A	Deka C. et.al., 'Time-resolved fluorescence-decay measurement and analysis on single cells by flow cytometry' , APPLIED OPTICS, Vol.35, No.22, 1 August 1996, p.4481-4489	1-4