

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5454547号
(P5454547)

(45) 発行日 平成26年3月26日(2014.3.26)

(24) 登録日 平成26年1月17日(2014.1.17)

(51) Int. Cl. F I
 G O 2 F 1/035 (2006.01) G O 2 F 1/035
 G O 2 B 6/12 (2006.01) G O 2 B 6/12 J

請求項の数 1 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2011-233285 (P2011-233285)	(73) 特許権者	000183266
(22) 出願日	平成23年10月24日(2011.10.24)		住友大阪セメント株式会社
(62) 分割の表示	特願2006-81452 (P2006-81452) の分割		東京都千代田区六番町6番地28
原出願日	平成18年3月23日(2006.3.23)	(74) 代理人	100116687 弁理士 田村 爾
(65) 公開番号	特開2012-27499 (P2012-27499A)	(72) 発明者	近藤 勝利 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
(43) 公開日	平成24年2月9日(2012.2.9)	(72) 発明者	市岡 雅之 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
審査請求日	平成23年10月25日(2011.10.25)	(72) 発明者	神力 孝 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
(31) 優先権主張番号	特願2005-87758 (P2005-87758)		
(32) 優先日	平成17年3月25日(2005.3.25)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
前置審査			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光変調器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

Xカット型のニオブ酸リチウム結晶で形成された厚みが20μm以下の薄板と、該薄板の表面又は裏面に形成されたマッハツェンダー型光導波路と、該薄板の表面に形成され、該マッハツェンダー型光導波路内を通過する光を変調するための変調電極とを含む光変調器において、

該マッハツェンダー型光導波路の合波部から該薄板の出射側端部までの出射導波路の少なくとも片側に、該薄板より屈折率の高い高屈折率領域を配置すると共に、

該合波部から該薄板の出射側端部までの該出射導波路の長さが2000~4000μmであり、かつ、該高屈折率領域と出射導波路中央からの距離は、出射導波路の伝搬光モード径の0.5から3倍に設定されていることを特徴とする光変調器。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光変調器に関し、特に、電気光学効果を有する材料で形成され、厚みが20μm以下の薄板を含む光変調器に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、光通信分野や光測定分野において、電気光学効果を有する基板上に光導波路や変調電極を形成した導波路型光変調器が多用されている。

20

特に、マルチメディアの発展に伴い情報伝達量も増加傾向にあり、光変調周波数の広帯域化を実現する必要がある。これらを実現する手段の一つとしてLN変調器等による外部変調方式が多様化されている。しかし、LN変調器の広帯域の実現には、変調信号であるマイクロ波と光波との速度整合、及び駆動電圧の低減を図る必要がある。

【0003】

前記課題の解決手段として、従来より基板の厚みを薄くすることにより、マイクロ波と光波の速度との速度整合条件を満足させ、且つ駆動電圧の低減を同時に図ることが知られている。

以下の特許文献1又は2においては、 $30\mu\text{m}$ 以下の厚みを有する薄い基板(以下、「第1基板」という。)に、光導波路並びに変調電極を組み込み、第1基板より誘電率の低い他の基板(以下、「第2基板」という。)を接合し、マイクロ波に対する実効屈折率を下げ、マイクロ波と光波との速度整合を図り且つ基板の機械強度を維持することが行われている。

【0004】

他方、導波路型光変調器には、マッハツェンダー型光導波路のように、複数の光導波路部分が合波する合波部を有する光導波路が形成されている。このような合波部からは、合波する光波の条件により、該合波部より光導波路の外に放射光が放射される。以下の特許文献3に示すように、この放射光を利用して光変調器の動作状態をモニタすることが行われている。

【0005】

さらに、厚板構造($100\mu\text{m}$ 以上)の場合、上述の放射光は、図1に示すように基板表面から内部へ放射される。その為、放射光が起因の変調器の特性劣化は、商用上無視できる。以下の特許文献4では、出射導波路を曲げ、導波路伝搬光と放射光の位置を調整することによって光を分離している。特許文献4では、レンズ結合を前提としているため、伝搬光と放射光との混合の問題が生じるが、光変調器に直接的に光ファイバを接続する、所謂「ピグテイル型光変調器」では、図1のように導波光7と放射光8とは $100\mu\text{m}$ 以上離れているため、放射光がファイバに入射することはない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開昭64-18121号公報

【特許文献2】特開2003-215519号公報

【特許文献3】特開2001-281507号公報

【特許文献4】特開平8-194195号公報

【0007】

しかしながら、上述した薄板においては、薄板がスラブ導波路として機能する。そのため、図3に示すように、放射光が薄板の端部において横方向(基板の表面と平行な方向)に広がった放射光スポット8を形成する。このため、光導波路を伝搬した伝搬光の光スポット(伝搬光スポット)7と放射光スポット8の一部とが近接又は重複することとなり、伝搬光を光ファイバに導入する際に、放射光の一部が光ファイバ内に入射することとなる。結果として、光変調器自体の消光比が劣化する原因や放射光スポットと伝搬光スポットが重複することが起因のファイバ接続時のミスアライメントが生じやすくなる。

【0008】

なお、図2(a)は、光変調器を上方から見た図であり、説明を簡略化するため、電極、バッファ層は省略して表示されている。1は薄板、4はマッハツェンダー型光導波路、5は該導波路の出射用光導波路部分、6は入射光、8は光導波路の合波部から放射される放射光を示す。図2(b)は、図2(a)の光変調器の出射側端部を図示したものであり、7は出射用光導波路部分5を伝搬した伝搬光の伝搬光スポット、8は放射光スポット、2は接着層、3は薄板1を補強する補強板を示す。さらに、図3は、薄板厚 $10\mu\text{m}$ の時の出射用光導波路からの光7と放射光8の強度分布である。

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明が解決しようとする課題は、上述した問題を解決し、光変調器における放射光と伝搬光とを効果的に分離又は放射光を除去し、光変調器のロス、消光比の劣化を抑制可能とした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】

【0010】

上述した課題を解決するため、請求項1に係る発明では、Xカット型のニオブ酸リチウム結晶で形成された厚みが $20\mu\text{m}$ 以下の薄板と、該薄板の表面又は裏面に形成されたマッハツェンダー型光導波路と、該薄板の表面に形成され、該マッハツェンダー型光導波路内を通過する光を変調するための変調電極とを含む光変調器において、該マッハツェンダー型光導波路の合波部から該薄板の出射側端部までの出射導波路の少なくとも片側に、該薄板より屈折率の高い高屈折率領域を配置すると共に、該合波部から該薄板の出射側端部までの該出射導波路の長さが $2000\sim 4000\mu\text{m}$ であり、かつ、該高屈折率領域と出射導波路中央からの距離は、出射導波路の伝搬光モード径の 0.5 から 3 倍に設定されていることを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

請求項1に係る発明では、マッハツェンダー型光導波路の合波部から薄板の出射側端部までの出射導波路の側面に高屈折率領域を有し、該合波部から光導波路の外に放射される放射光を速やかに、伝搬光と分離する構造をもっている。従来の厚板型の光変調器の場合、放射光が、基板内部に放射されるため、基板表面の細工の効果は合波部近傍のみである。そのため、放射光の調整の効果は微々たるものである。一方、薄板の場合、後述する図4に示すように、伝搬と共に導波路近傍の放射光が大きな角度で徐々に放射される。この構成により、薄板端面における伝搬光と放射光を空間的に分離する事ができ、伝搬光を導入する光ファイバに放射光が入射する不具合を避け、光変調器の消光比劣化の抑制、ファイバ結合時のミスアライメントを抑制することが可能になる。

【0012】

また、高屈折率領域を不純物Ti, Zn等のドーブにより形成することで、光導波路と同様に熱拡散、プロトン交換法などを利用して、光導波路と高屈折率領域を同時に作製可能となる。このため、導波路と高屈折率領域を別途作製する必要が無く、製造工程が複雑化することがないため、生産性が劣化しない。

【0013】

さらに、マッハツェンダー型光導波路の合波部から薄板の出射側端部までの出射導波路の長さが $2000\sim 4000\mu\text{m}$ である場合に、高屈折率領域と光導波路の中央部からの距離を伝搬光モード径の $0.5\sim 3$ 倍とすることにより、伝搬光が高屈折率領域へ漏れることが無く、伝搬光と放射光の分離を微少領域で行うことが可能になる。そのため、光変調器モジュールの小型化が実現可能となる。

【0014】

また、参考例に係る発明により、合波部では、マッハツェンダー型光導波路を構成する2つの分岐導波路と2つの放射光用導波路は、出射導波路の光伝搬方向に対して各々線対称となるように構成されているため、伝搬光の出射導波路への導入及び放射光の放射光用導波路への導入を可能とし、さらには伝搬光が放射光用導波路に混入、あるいは放射光が出射導波路に混入するなどの不具合を抑制し、伝搬光と放射光との空間的分離を効率よく行うことが可能となる。

【0015】

また、合波部では、放射光用導波路の幅は、出射導波路の幅より狭いため、伝搬光の出射導波路への導入及び放射光の放射光用導波路への導入を可能とし、さらには伝搬光が放射光用導波路に混入、あるいは放射光が出射導波路に混入するなどの不具合を抑制し、伝

10

20

30

40

50

搬光と放射光との空間的分離を効率よく行うことが可能となる。

【0016】

さらに、合波部では、放射光用導波路と出射導波路とが成す角度が、 1° 以下であるため、伝搬光の出射導波路への導入及び放射光の放射光用導波路への導入を可能とし、さらには伝搬光が放射光用導波路に混入、あるいは放射光が出射導波路に混入するなどの不具合を抑制し、伝搬光と放射光との空間的分離を効率よく行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】従来の光変調器の放射光及び伝搬光の様子を示す図である。

【図2】薄板を用いた光変調器の概略図(a)と、該光変調器の端部における放射光および伝搬光の様子を模式的に示す図(b)である。

10

【図3】図2に示す光変調器の放射光及び伝搬光の様子を示す図である。

【図4】本発明に係る光変調器の実施例1を示す概略図である。

【図5】図4の実施例1における放射光及び伝搬光の様子を示す図である。

【図6】本発明に係る光変調器の実施例2を示す概略図(a)と、該光変調器の端部における放射光および伝搬光の様子を模式的に示す図(b)である。

【図7】図6の実施例2における放射光及び伝搬光の様子を示す図である。

【図8】本発明に係る光変調器の実施例3を示す概略図(a)とその断面図(b)である。

。

【図9】合波部に 2×3 分岐導波路を用いた場合の光変調器の参考例を示す図である。

20

【図10】図9の合波部を拡大した様子を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明を好適例を用いて詳細に説明する。

図3は、本発明に係る光変調器の一例である。電気光学効果を有する材料で形成された薄板1には、図2のように薄板の表面に光導波路4が形成され、併せて、該光導波路4を通過する光波を変調するため、不図示の変調電極(信号電極や接地電極等)が薄板表面に形成されている。なお、光導波路は、薄板の裏面に形成することも可能である。

【0019】

光導波路の形成方法としては、Tiなどを熱拡散法やプロトン交換法などで基板表面に拡散させることにより形成することができる。

30

信号電極や接地電極などの変調電極は、Ti・Auの電極パターンの形成及び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 等のパッファ層(不図示)を設け、パッファ層の上に変調電極を形成することも可能である。

【0020】

電気光学効果を有する材料としては、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)、及び石英系の材料及びこれらの組み合わせが利用可能である。特に、電気光学効果の高いニオブ酸リチウム(LN)結晶が好適に利用される。

40

【0021】

光変調素子を含む薄板の製造方法は、数百 μm の厚さを有する基板に上述した光導波路や変調電極を作り込み、基板の裏面を研磨し、例えば、 $20 \mu m$ 以下の厚みに仕上げる。光導波路や変調電極などの作り込みは、薄板を作成した後に行うことも可能であるが、光導波路形成時の熱的衝撃や各種処理時の薄膜の取り扱いによる機械的衝撃が加わり、薄板が破損する危険性もあるため、光導波路や変調電極を作り込んだ後に基板の裏面を研磨することが好ましい。

【0022】

補強板に使用される材料としては、種々のものが利用可能であり、例えば、薄板と同様の材料を使用する他に、石英、ガラス、アルミナなどのように薄板より低誘電率の材料を

50

使用したり、薄板と異なる結晶方位を有する材料を使用することも可能である。ただし、線膨張係数が薄板と同等である材料を選定することが、温度変化に対する光変調器の変調特性を安定させる上で好ましい。仮に、同等の材料の選定が困難である場合には、特許文献2のように薄板と補強板とを接合する接着剤に、薄板と同等な線膨張係数を有する材料を選定する。

【0023】

薄板1と補強板3との接合には、接着層2として、エポキシ系接着剤、熱硬化型接着剤、紫外線硬化性接着剤、半田ガラス、熱硬化性、光硬化性あるいは光増粘性の樹脂接着剤シートなど、種々の接着材料を使用することが可能である。また、直接接合法により、接着剤を使用せず、薄板と補強板とを直接貼り合わせることも可能である。

10

【0024】

図4の光変調器では、出射導波路5の側面に貫通孔9又は凹部を形成し、この貫通孔の内部に光吸収物質が充填されている。この構成により、図5に示すように、放射光8が遮光されるために、放射光8と導波光7との分離が可能になる。このため、光変調器の出射部の端面に光ファイバを接続した際に、導波光(伝搬光)のみを導入すべき光ファイバに、放射光8が入射するという不具合を避けることが可能となり、光変調器の消光比の劣化を抑制することができる。なお、図5は、図4に記載の光変調器の出射側端部での光強度分布を示す。

【0025】

また、光吸収物質として、Al, Au, Ti, アモルファスSi等の金属膜を蒸着、スパッタリング等の方法でコーティングすることが可能であり、光吸収領域の形成場所も、図8(a)の一点鎖線B-B'での断面図である図8(b)に示すように、薄板1の表面、裏面及び側面を覆うように構成するだけでなく、表面又は裏面の一部のみ配置することも可能である。また、出射導波路端面における出射導波路近傍以外の部分に光吸収領域を設けることも効果的である。

20

【0026】

図6は、本発明に係る光変調器の他の実施例である。

図6(a)に示す光変調器では、放射光と伝搬光を分離させる高屈折率領域10を配置している。この構成により、放射光8が屈折するため、伝搬光と放射光の分離を明確にすることができる。そのため、基板厚が500 μm 程度の素子と同等程度に伝搬光と放射光とが分離でき、その取り扱いも容易となる。

30

【0027】

高屈折率領域を形成するには、不純物Ti, Znなどを熱拡散法やプロトン交換法などにより、基板中にドーピングすることで形成することが可能である。これらの方法は、光導波路の形成と同じプロセスで行うことが可能であるため、光導波路形成と同時に実施しても良い。

【0028】

しかし、伝搬光と放射光の分離作用領域を小さくするために、高屈折率領域と出射導波路の間隔を狭めると、伝搬光が漏れ出してしまふ。一方、伝搬光の漏れを抑制するために、分離領域を大きくすると、出射導波路を長くしなければならない。そのため、出射導波路中央から高屈折率領域までの最短距離gを指定する必要がある。出射導波路長(合波部から基板端部までの出射導波路の長さ)が2000~7000 μm の場合、最短距離gを出射導波路モード径に対し0.5~3倍の間にすることによって、放射光と伝搬光の距離をファイバ径以上に分離することが可能となり、更に出射導波路長が3000~4000 μm の場合、最短距離gを出射導波路モード径に対し1~2倍の間にするによって、放射光と伝搬光の距離をファイバ径以上に分離することがより可能となる。

40

【0029】

図6(b)は、図6(a)の光変調器における出射側端部での伝搬光スポット7や放射光スポット8などを模式的に示した図であり、2は接着層、3は補強板を示す。また、図7は、図6(a)に記載の光変調器の出射側端部での光強度分布を示す。

50

【 0 0 3 0 】

図 8 は、本発明に係る光変調器の他の実施例である。

図 8 に示す光変調器では、放射光を吸収させる吸収領域 1 1 を配置している。この構成により、放射光（不図示）が吸収されるため、放射光による消光比劣化が起きない。

【 0 0 3 1 】

この場合も、放射光の吸収領域を小さくするために、吸収領域と出射導波路の間隔を狭めると、伝搬光が吸収されてしまう。一方、伝搬光の吸収を抑制するために、吸収領域を大きくすると、出射導波路を長くしなければならない。そのため、出射導波路中央から吸収領域までの最短距離 d を指定する必要がある。この場合も、出射導波路長が $3500\ \mu\text{m}$ の場合、最短距離 d を出射導波路モード径に対し $0.5 \sim 3$ 倍の間にするこ

10

【 0 0 3 2 】

さらに、放射光をフォトディテクタ（PD）でモニタする場合には、図 4 の貫通孔 9 又は凹部で放射光 8 を屈折又は反射させ基板外に放出させることにより、PD で検出することが可能となる。また、図 6 のように、伝搬光から遠ざかった放射光 8 を同様に検出することも可能である。

さらに、合波部の光導波路を、Y 字型導波路から方向性結合器又は X 交差導波路に変更することにより、出射端に二つの導波路を形成し、片方から出射光をモニタすることも可能である。

20

【 0 0 3 3 】

図 9 は、本発明に係る光変調器の参考例である。

図 9 の光変調器の特徴は、合波部 2 0 において、入射側に 2 本の光導波路 2 3 , 2 4、出射側に 3 本の光導波路 5 , 2 1 , 2 2 を配置した 2×3 分岐導波路を有しているものである。

特に、光導波路 2 3 , 2 4 はマッハツェンダー形光導波路の 2 つの分岐導波路であり、光導波路 5 はマッハツェンダー型光導波路の出射導波路を構成している。光導波路 2 1 , 2 2 は、出射導波路 5 を挟む 2 つの放射光用導波路である。

【 0 0 3 4 】

図 9 の合波部 2 0 では、マッハツェンダー型光導波路で変調された出力光である伝搬光は、出射導波路 5 により出射され、他方、合波部から放出される放射光については、放射光用導波路 2 1 , 2 2 へ導入され、該放射光用導波路を伝搬し薄板外へ出射される。このため、合波部の特性としては、伝搬光の出射導波路への導入及び放射光の放射光用導波路への導入を可能とするだけでなく、さらには伝搬光が放射光用導波路に混入、あるいは放射光が出射導波路に混入するなどの不具合を抑制することが不可欠である。

30

【 0 0 3 5 】

上記特性を有する合波部としては、次の条件を満足することが必要である。なお、図 1 0 は、図 9 の合波部 2 0 の一部を拡大した図であり、分岐導波路 2 3 , 2 4 は、合波点の直前では互いに平行になるように調整されている。

(1) マッハツェンダー型光導波路を構成する 2 つの分岐導波路 2 3 , 2 4 と 2 つの放射光用導波路 2 1 , 2 2 は、該出射導波路 5 の光伝搬方向（一点鎖線 C - C'）に対して、各々が線対称となるように構成されていること。

40

(2) 放射光用導波路 2 1 , 2 3 の幅 w_2 は、出射導波路 5 の幅 w_1 より狭いこと。

(3) 放射光用導波路 2 1 , 2 2 と出射導波路 5 とが成す角度 θ が、 1° 以下であること。

【 0 0 3 6 】

なお、図 1 0 の一点鎖線 X と一点鎖線 Y との間に描かれた点線は出射導波路 5 及び放射光用導波路 2 1 , 2 2 の仮想延長線を示したものである。図 1 0 では、分岐導波路 2 3 , 2 4 が結合した一点鎖線 X の位置から放射光用導波路の分岐が始まっているが、必要に応じて、分岐導波路の結合状態をしばらく維持し、その後放射光用導波路の分岐が始まるよ

50

うに構成することも可能である。一例として、分岐導波路の幅 w_3 を $3.5 \mu\text{m}$ 、出射導波路 5 の幅 w_1 を $4 \mu\text{m}$ 、そして放射光用導波路の幅 w_2 を $2 \mu\text{m}$ 程度に設定し、角度を 0.5° 、一点鎖線 X と Y との間隔を $115 \mu\text{m}$ 程度に設定した場合に、伝搬光と放射光との分離が効率よく行えることが確認されている。

【0037】

図 9 の参考例において、放射光を PD でモニタする方法について説明する。

図 9 に示すように、放射光用導波路 21 の終端に、光ファイバ 31 を接続し、該光ファイバの他端に PD 32 を配置することで、放射光の一部を PD でモニタすることが可能となる。放射光用導波路から出射する光波の収束性が高い場合や、PD を放射光用導波路の端部に近接させることが可能な場合には、光ファイバ 31 を省略することもできる。また、当然、放射光用導波路 22 の終端に PD 33 を直接配置することも可能である。なお、30 は、出射導波路 5 からの伝搬光を導入するための光ファイバである。

10

【実施例】

【0038】

次に、本発明の光変調器に係る具体的な実施例及びその試験について説明する。

(実施例 1)

薄板の光変調素子は、基板に厚み $500 \mu\text{m}$ の X カット型の LN 基板を使用し、Ti 拡散プロセスなどにより、基板表面に光導波路を形成する。光導波路の形状としては、図 4 のようなマッハツェンダー型光導波路を形成し、合波部から基板端部までの距離が $3500 \mu\text{m}$ である。基板の裏面を、研磨機で基板の厚さが $10 \mu\text{m}$ となるまで研磨し、紫外線硬化性接着剤を接着層として、補強板に貼り付けた。次に、メッキプロセスで変調電極を形成し、その後、遮蔽手段として、合波部から出射端部の途中に深さ $10 \mu\text{m}$ の貫通孔をレーザカッタで形成し、その後、凹部に Al を付着させた。その後、所定の大きさに切断して、光変調素子を組み込んだ薄板を製作した。

20

【0039】

(実施例 2)

薄板の光変調素子は、基板に厚み $500 \mu\text{m}$ の X カット型の LN 基板を使用し、Ti 拡散プロセスなどにより、基板表面に光導波路を形成すると共に、出射導波路の両脇に高屈折率領域 (Ti 拡散、出射導波路中心と高屈折率領域の最短距離: $15 \mu\text{m}$) を形成した。光導波路の形状としては、図 6 のようなマッハツェンダー型光導波路を形成し、合波部から基板端部までの距離が $3500 \mu\text{m}$ である。基板の裏面を、研磨機で基板の厚さが $10 \mu\text{m}$ となるまで研磨し、紫外線硬化性接着剤を接着層として、補強板に貼り付けた。次に、メッキプロセスで変調電極を形成し、その後、所定の大きさに切断して、光変調素子を組み込んだ薄板を製作した。

30

【0040】

(実施例 3)

薄板の光変調素子は、基板に厚み $500 \mu\text{m}$ の X カット型の LN 基板を使用し、Ti 拡散プロセスなどにより、基板表面に光導波路を形成した。光導波路の形状としては、図 8 のようなマッハツェンダー型光導波路を形成し、合波部から基板端部までの距離が $3500 \mu\text{m}$ である。基板の裏面を、研磨機で基板の厚さが $10 \mu\text{m}$ となるまで研磨し、紫外線硬化性接着剤を接着層として、補強板に貼り付けた。そして、出射導波路の両脇に光吸収物質領域 (材質: Al、出射導波路中心と光吸収物質領域の最短距離: $15 \mu\text{m}$) を形成した。次に、メッキプロセスで変調電極を形成し、その後、所定の大きさに切断して、光変調素子を組み込んだ薄板を製作した。

40

【0041】

(比較例)

薄板の光変調素子は、基板に厚み $500 \mu\text{m}$ の X カット型の LN 基板を使用し、Ti 拡散プロセスなどにより、基板表面に光導波路を形成した。光導波路の形状としては、図 8 のようなマッハツェンダー型光導波路を形成し、合波部から基板端部までの距離が $3500 \mu\text{m}$ である。基板の裏面を、研磨機で基板の厚さが $10 \mu\text{m}$ となるまで研磨し、紫外線

50

硬化性接着剤を接着層として、補強板に貼り付けた。次に、メッキプロセスで変調電極を形成し、その後、所定の大きさに切断して、光変調素子を組み込んだ薄板を製作した。

【 0 0 4 2 】

(試験方法)

実施例 1、2、3 及び比較例の各光変調器に、光ファイバを接続した。次に、光変調器の消光比を、光パワーメータにより計測した。計測結果を、表 1 に示す。

【 0 0 4 3 】

【表 1】

	ロス [dB]	σ (n=5)	消光比 [dB]	σ (n=5)
実施例 1	3.2	0.3	23.5	6.5
実施例 2	2.7	0.1	28.1	5.2
実施例 3	3.0	0.1	28.8	4.2
比較例	3.0	0.3	20.3	8.7

10

【 0 0 4 4 】

表 1 の結果から、比較例と比較し、実施例 1、2 及び 3 のいずれにおいても、光変調器の消光比が改善されていることが理解される。また、図 5 及び図 7 は、実施例 1 及び 2 の出射端面での近視野像であり、図 3 に示す比較例の場合と比べると、明確に伝搬光と放射光の分離が起きていることが理解できる。さらに、実施例 1、2 及び 3 のいずれにおいても、ロスと消光比の標準偏差が改善されており、放射光によるファイバ接続時のミスアライメントが軽減されている。

20

【産業上の利用可能性】

【 0 0 4 5 】

以上説明したように、本発明によれば、光変調器における放射光と伝搬光とを効果的に分離し、光変調器の消光比の劣化を抑制可能とした光変調器を提供することが可能となる。

30

また、ファイバ接続時のミスアライメントが軽減されるため、製造時の歩留まりが改善される。

【符号の説明】

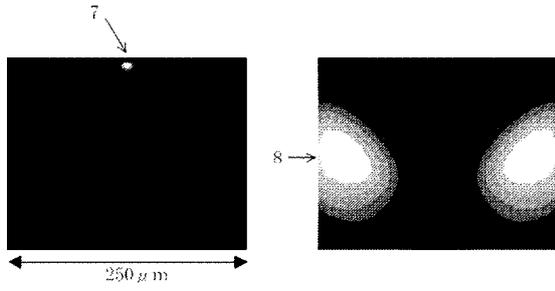
【 0 0 4 6 】

- 1 薄板
- 2 接着層
- 3 補強板
- 4 マハツェンダー型導波路
- 5 出射用光導波路
- 6 入射光
- 7 伝搬光
- 8 放射光
- 9 遮蔽手段
- 10 高屈折率領域
- 11 放射光除去用吸収膜
- 20 合波部
- 21, 22 放射光用導波路
- 23, 24 分岐導波路
- 30, 31 光ファイバ
- 32, 33 光検出器 (PD)

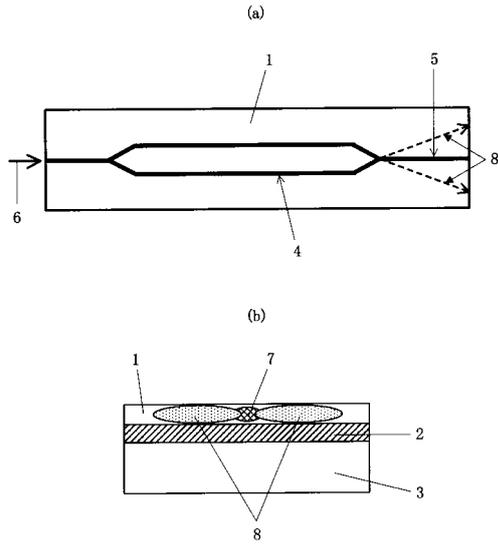
40

50

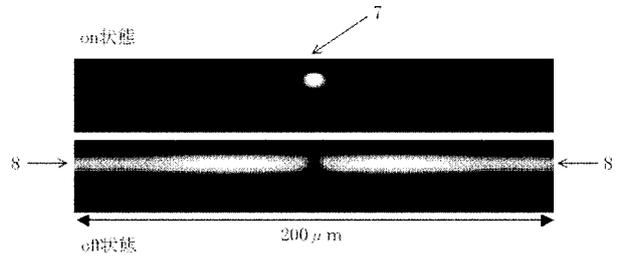
【図1】



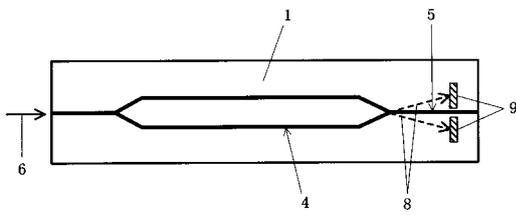
【図2】



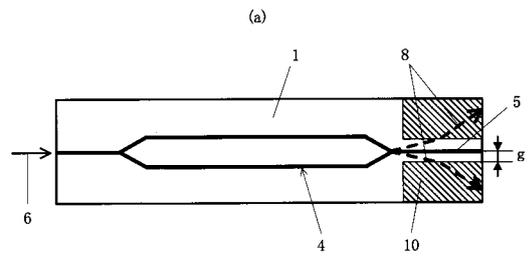
【図3】



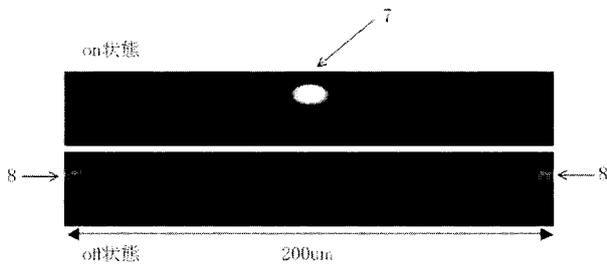
【図4】



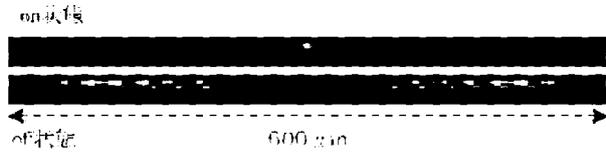
【図6】



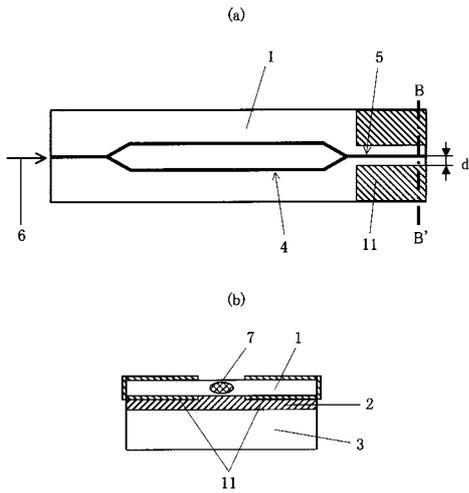
【図5】



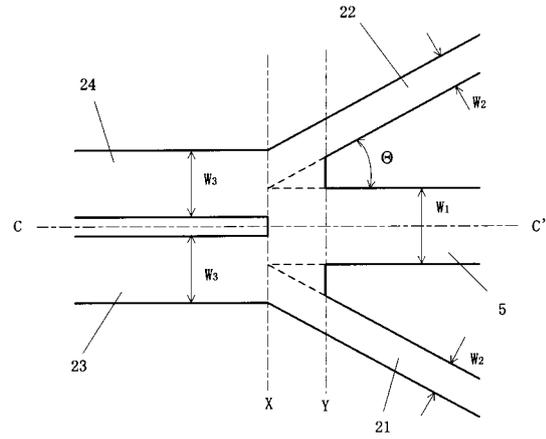
【図7】



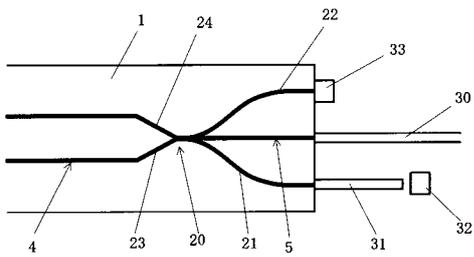
【 図 8 】



【 図 10 】



【 図 9 】



フロントページの続き

- (72)発明者 菅又 徹
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
- (72)発明者 市川 潤一郎
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

審査官 佐藤 宙子

- (56)参考文献 特開2003-215519(JP,A)
特開平10-228006(JP,A)
特開平05-053086(JP,A)
特開2002-023123(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|--------------|
| G02F | 1/03 - 1/035 |
| G02B | 6/12 |