

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-77987
(P2005-77987A)

(43) 公開日 平成17年3月24日(2005.3.24)

(51) Int. Cl.⁷
G02F 1/035

F I
G O 2 F 1/035

テーマコード(参考)
2 H O 7 9

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2003-311277(P2003-311277) (22) 出願日 平成15年9月3日(2003.9.3)</p>	<p>(71) 出願人 000183266 住友大阪セメント株式会社 東京都千代田区六番町6番地28 (74) 代理人 100116687 弁理士 田村 爾 (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 (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 Fターム(参考) 2H079 AA02 AA12 BA01 BA03 CA04 CA11 DA03 DA22 EA05 EB01 HA12</p>
---	---

(54) 【発明の名称】 光変調器

(57) 【要約】

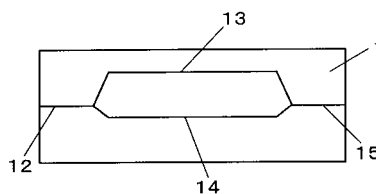
【課題】

非動作時の出力光を抑制すると共に、消費電力の少ない光変調器を提供すること。

【解決手段】

電気光学効果を有する材料からなる基板1と、該基板上に形成されるマッハ・ツェンダー型光導波路(12~15)とを有する光変調器において、該マッハ・ツェンダー型光導波路を形成する2つの分岐導波路13, 14の光路長の差が、 $(n + 1/2)$ (ただし、 n は光導波路を伝播する光波の波長、 n は整数)となるように設定されていることを特徴とする。例えば、該分岐導波路の光路長の差が、2つの分岐導波路13, 14の長さを調整することにより設定される。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電気光学効果を有する材料からなる基板と、該基板上に形成されるマッハ・ツェンダー型光導波路とを有する光変調器において、

該マッハ・ツェンダー型光導波路を形成する 2 つの分岐導波路の光路長の差が、 $(n + 1/2)$ (ただし、 λ は光導波路を伝播する光波の波長、 n は整数) となるように設定されてい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、該分岐導波路の光路長の差が、2 つの分岐導波路の長さを調整することにより設定されていることを特徴とする光変調器。

10

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の光変調器において、該分岐導波路の光路長の差が、2 つの分岐導波路中の屈折率を調整することにより設定されていることを特徴とする光変調器。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の光変調器において、該屈折率の調整は、該分岐導波路の幅を変更することにより調整されていることを特徴とする光変調器。

【請求項 5】

請求項 3 に記載の光変調器において、該屈折率の調整は、該分岐導波路上に形成される膜体の形状又は膜体の有無により調整されていることを特徴とする光変調器。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の光変調器において、該分岐導波路の光路長の差が、2 つの分岐導波路の少なくとも一方に挿入される位相調整部材により設定されていることを特徴とする光変調器。

20

【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、マッハ・ツェンダー型光導波路を有する光変調器に関する。

【背景技術】

【0002】

光通信及び光計測の分野において、ニオブ酸リチウムなどの電気光学効果を有する基板を用いた光変調器が利用されている。

30

このような光変調器の例としては、図 1 に示すようなマッハ・ツェンダー型光変調器 (MZ 型光変調器) が知られている。これは、電気光学効果を有する基板 1 上に、分岐導波路 3, 4 を有する導波路 2 ~ 5 を形成すると共に、該分岐導波路に電界を印加するための変調用電極 (不図示) を形成し、該導波路を通過する光波の位相を変調するものである。

【0003】

図 1 のような光変調器の動作方法は、光変調器に入射する光波 6 が導波路 2 に入射し、Y 分岐導波路により、分岐導波路 3 及び 4 に光波が分岐される。分岐導波路 3 及び / または分岐導波路 4 には、不図示の変調用電極により電界が印加され、該分岐導波路内を伝播する光波の位相が変調される。

40

分岐導波路 3, 4 を伝播した光波は、別の Y 分岐導波路により合波され、導波路 5 を介して、光変調器の外部へ光波 7 として出射される。

合波部において、分岐導波路 3 を伝播した光波と、分岐導波路 4 を伝播した光波の位相差に応じて、合波光は強度変調を生ずる。例えば、位相差が、光波の波長の整数倍である場合には、合波光の光量が最大となり、逆に、位相差が、更に半波長分ずれる場合には、合波光の光量が最小となる。

【0004】

一般的に、図 1 のような光変調器においては、合波時の強度変調が最適に行われるようにするためには、各分岐導波路を伝播する光波の光量を等しくする必要があり、各分岐導

50

波路の状態（導波路の長さや幅等）を、同じ状況となるように維持している。

このため、変調用電極に駆動電圧が印加されていない状況においては、光変調器から出射する光波は、常に最大光量となっており、該光変調器が動作していないにも拘らず、該光変調器からの出力光が、他の光通信機器や光計測機器に入射し、誤動作や誤計測の原因となる問題を生じている。

また、光変調器が動作していない場合に、光変調器から出力光が出ないようにするためには、常に光変調器の変調用電極に所定のバイアス電圧を印加することが必要となり、非動作時の消費電力の増大の原因ともなっていた。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0005】

本発明の目的は、上述した従来の光変調器に関する問題を解消し、非動作時の出力光を抑制すると共に、消費電力の少ない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】

【0006】

上記課題を解決するために、請求項1に係る発明は、電気光学効果を有する材料からなる基板と、該基板上に形成されるマッハ・ツェンダー型光導波路とを有する光変調器において、該マッハ・ツェンダー型光導波路を形成する2つの分岐導波路の光路長の差が、 $(n + 1 / 2)$ （ただし、 λ は光導波路を伝播する光波の波長、 n は整数）となるように設定されていることを特徴とする。

20

なお、上記の「分岐導波路の光路長」とは、該分岐導波路を伝播する光波における実効屈折率を考慮した光路長を意味する。

【0007】

また、請求項2に係る発明は、請求項1に記載の光変調器において、該分岐導波路の光路長の差が、2つの分岐導波路の長さを調整することにより設定されていることを特徴とする。

【0008】

また、請求項3に係る発明は、請求項1又は2に記載の光変調器において、該分岐導波路の光路長の差が、2つの分岐導波路中の屈折率を調整することにより設定されていることを特徴とする。

30

【0009】

また、請求項4に係る発明は、請求項3に記載の光変調器において、該屈折率の調整は、該分岐導波路の幅を変更することにより調整されていることを特徴とする。

【0010】

また、請求項5に係る発明は、請求項3に記載の光変調器において、該屈折率の調整は、該分岐導波路上に形成される膜体の形状又は膜体の有無により調整されていることを特徴とする。

【0011】

また、請求項6に係る発明は、請求項1乃至5のいずれかに記載の光変調器において、該分岐導波路の光路長の差が、2つの分岐導波路の少なくとも一方に挿入される位相調整部材により設定されていることを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0012】

請求項1に係る発明により、マッハ・ツェンダー型光導波路を形成する2つの分岐導波路の光路長の差が、 $(n + 1 / 2)$ （ただし、 λ は光導波路を伝播する光波の波長、 n は整数）となるように設定されているため、変調用電極に駆動電圧を印加しない状態において、分岐導波路を伝播した光波の合波した状態が、合波光の光量を最小とする状態となる。これにより、光変調器が動作していない場合には、光変調器から出力光が出射されず、他の光通信機器や光計測機器を誤動作させることがなく、しかも、出力光を最小値に維持するためのバイアス電圧の印加も省略でき、非動作時の消費電力を抑制することが可能

50

となる。

【0013】

請求項2に係る発明により、分岐導波路の光路長の差を、2つの分岐導波路の長さを調整することにより設定できるため、基板上に導波路を形成する際の導波路パターンを変更するのみで、容易に調整することが可能となり、従来の光変調器の製造方法に特段の変更を加えることなしに、本発明に係る光変調器を製造することができる。

【0014】

請求項3に係る発明のように、分岐導波路の光路長の差は、2つの分岐導波路中の屈折率を調整することでも、設定可能である。特に、請求項4に係る発明のように、分岐導波路の幅を変更することにより、屈折率を調整する場合には、請求項2に係る発明と同様に、基板上に導波路を形成する際の導波路パターンを変更するのみで、容易に調整することが可能となる。

10

また、請求項5に係る発明のように、分岐導波路上に形成される膜体の形状又は膜体の有無により、分岐導波路の光路長の差を調整することも可能である。この場合には、分岐導波路上に所定のパターンの膜体を形成する方法や、予め形成された膜体を、例えば、光変調器からの出力光をモニタしながら、部分的に除去することにより、光路長の差を調整することも可能である。

【0015】

請求項6に係る発明により、分岐導波路の光路長の差を、2つの分岐導波路の少なくとも一方に挿入される位相調整部材で調整することが可能となるため、光変調器の利用方法

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、本発明を好適例を用いて詳細に説明する。

図2は、本発明に係る光変調器の第1の実施例を示す図である。

1は、電気光学効果を有する材料で構成される基板であり、該基板1上には、導波路12～15、さらには、不図示の変調用電極が形成されている。

本発明に係る光変調器に用いられる基板材料としては、従来の光変調器で利用されている電気光学効果を有する材料が利用可能であり、例えば、ニオブ酸リチウム(LiNbO₃)、タンタル酸リチウム(LiTaO₃)、PLZT(ジルコン酸チタン酸鉛ランタン)及び石英系の材料が利用できる。特に異方性が大きいという理由から、LiNbO₃結晶、LiTaO₃結晶、又はLiNbO₃及びLiTaO₃からなる固溶体結晶を用いることが好ましい。

30

【0017】

基板上に形成される導波路としては、例えば、基板表面にTiなどを熱拡散させて形成する。また、導波路中の光の伝搬損失を低減させるなどの目的に応じて、導波路上や基板上に、誘電体SiO₂等のバッファ層を設けることも可能である。

また、変調用電極については、TiやAuの導電性金属を、フォトレジストなどを用いたパターン形成方法やメッキ方法などにより、電極として形成することが可能である。

【0018】

図2においては、分岐導波路13の長さ(導波路12のY分岐点から導波路15のY分岐点までの分岐導波路13の全長を意味する)と、分岐導波路14の長さとは、分岐導波路13の方がより長く設定され、長さの差は、各分岐導波路13, 14を伝播する光波の光路長の差が、以下の条件を満たすように設定されている。

40

($n + 1/2$) (ただし、 λ は光導波路を伝播する光波の波長、 n は整数)

【0019】

この構成により、変調用電極に駆動電圧を印加しない状態において、分岐導波路を伝播した光波の合波した状態が、合波光の光量を最小とする状態となる。これにより、光変調器が動作していない場合には、光変調器から出力光が出射されず、他の光通信機器や光計測機器を誤動作させることがなく、しかも、出力光を最小値に維持するためのバイアス電

50

圧の印加も省略でき、非動作時の消費電力を抑制することが可能となる。

【0020】

図3は、本発明に係る光変調器の第2の実施例を示す図である。

基板1上に、導波路22～25が形成されている。特に、分岐導波路23の一部は、導波路の幅が、分岐導波路24の同様の位置の幅よりも、太く形成されている。

導波路の幅を変更することにより、導波路内を伝播する光波の実効屈折率を変化させることが可能となる。

【0021】

例えば、光路長の差の調整領域として、分岐導波路23における長さ1.5～2mmを幅6.1～6.5 μ mとし、分岐導波路24を同様の長さで、幅6 μ mとすることにより、約1/2の調整が可能となる。

10

さらに、分岐導波路の幅を太くすることにより、分岐導波路の幅太部分の長さを短くすることが可能となる。

【0022】

このように、分岐導波路23, 24の長さが同じ場合でも、分岐導波路を伝播する光波の実効屈折率を変化させることにより、光波の光路長を変更することが可能となる。

結果として、各分岐導波路23, 24を伝播する光波の光路長の差が、 $(n+1/2)$ (ただし、 n は光導波路を伝播する光波の波長、 n は整数)の条件を満足する場合には、上述のように、光変調器の非動作時の出力光を最小光量とすることが可能となる。

【0023】

20

図4は、本発明に係る光変調器の第3の実施例を示す図である。

図4(a)は、光変調器の上面図であり、図4(b)は、図4(a)の一点鎖線Aに光変調器の断面図である。

基板1上には、導波路32～35が形成され、該分岐導波路33上には、さらに、 Ta_2O_5 などの膜体36が形成されている。そして、基板全体には、 SiO_2 などの誘電体を利用したバッファ層30が形成されている。なお、膜体36の材料としては、屈折率が基板1に近く、導波路上に形成した場合の接合面にかかるストレスが大きくなるものが望ましい。

このように、分岐導波路上に形成される膜体の形状又は膜体の有無により、分岐導波路を伝播する光波の実効屈折率を変化させることが可能であり、この性質を利用して、分岐導波路の光路長の差を調整することも可能である。

30

【0024】

例えば、分岐導波路33上に、厚さ0.2～0.5 μ m、幅は分岐導波路より幅広、長さは1～3mmの形状を有する Ta_2O_5 の膜体36を、スパッタリングで形成することにより、約1/2の調整が可能となる。

さらに、膜体の厚みを増加することにより、分岐光導波路に沿った長さを短くすることも可能である。また、膜体の硬度や線膨張係数、基板と膜体との接合強度などにより、分岐導波路の屈折率が影響を受ける点も、併せて考慮することが必要である。

【0025】

膜体を用いた分岐導波路の光路長の差を調整する方法としては、分岐導波路上に所定のパターンの膜体を形成する方法や、予め形成された膜体を、例えば、光変調器からの出力光をモニタしながら、部分的に除去することにより、光路長の差を調整することも可能である。

40

また、上記膜体として、バッファ層を利用し、バッファ層の厚みを部分的に調整する方法や、基板上の少なくとも一方の分岐導波路の近傍に溝を形成し、機械的ストレスを分岐導波路に加える方法などにより、分岐導波路の実効屈折率を変化させ、光路長の差を調整することも可能である。

【0026】

図5は、本発明に係る光変調器の第4の実施例を示す図である。

基板1上に、導波路42～45が形成されている。特に、分岐導波路43の一部は、半

50

波長板などの位相調整部材 40 が挿入されるよう構成されている。

位相調整部材は、半波長板などの板状部材に限らず、基板 1 と異なる屈折率を有する材料を、基板 1 に形成された溝に充填するものであってもよい。

【0027】

さらに、分岐導波路の屈折率を直接変更する方法としては、基板 1 と異なる屈折率を有する材料を、スパッタリングなどにより、分岐導波路にドーピングすることも可能である。

本発明に係る光変調器は、上述した実施例のものに限らず、これらを、単独あるいは組合わせて用いることも可能である。

【産業上の利用可能性】

【0028】

以上、説明したように、本発明に係る光変調器を用いることにより、非動作時の出力光を抑制すると共に、消費電力の少ない光変調器を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図 1】マッハ・ツェンダー型光変調器を示す図である。

【図 2】本発明に係る第 1 の実施例を示す図である。

【図 3】本発明に係る第 2 の実施例を示す図である。

【図 4】本発明に係る第 3 の実施例を示す図であり、(a) は上面図、(b) は断面である。

【図 5】本発明に係る第 4 の実施例を示す図である。

【符号の説明】

【0030】

1 基板

2 ~ 5 , 12 ~ 15 , 22 ~ 25 , 32 ~ 35 , 42 ~ 45 導波路

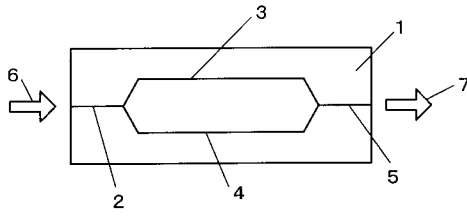
30 誘電体

40 位相調整部材

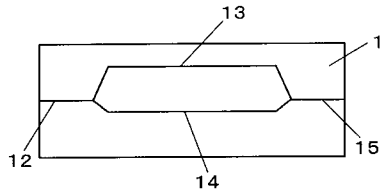
10

20

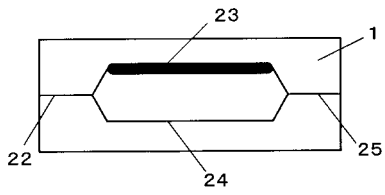
【 図 1 】



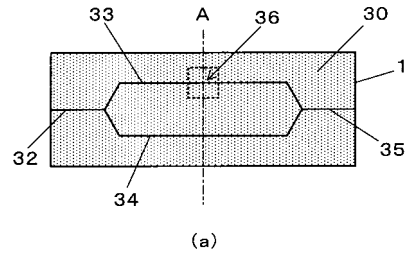
【 図 2 】



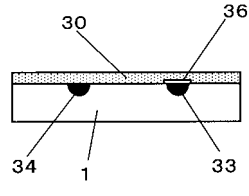
【 図 3 】



【 図 4 】



(a)



(b)

【 図 5 】

