

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6233342号
(P6233342)

(45) 発行日 平成29年11月22日(2017.11.22)

(24) 登録日 平成29年11月2日(2017.11.2)

(51) Int. Cl. F I
GO2F 1/035 (2006.01) GO2F 1/035
GO2F 1/03 (2006.01) GO2F 1/03 505

請求項の数 4 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2015-71835 (P2015-71835)	(73) 特許権者	000183266
(22) 出願日	平成27年3月31日 (2015. 3. 31)		住友大阪セメント株式会社
(65) 公開番号	特開2016-191827 (P2016-191827A)		東京都千代田区六番町6番地28
(43) 公開日	平成28年11月10日 (2016. 11. 10)	(74) 代理人	100116687
審査請求日	平成28年2月22日 (2016. 2. 22)		弁理士 田村 爾
		(74) 代理人	100098383
			弁理士 杉村 純子
		(72) 発明者	原 徳隆
			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	宮崎 徳一
			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	下村 一石

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】

電気光学効果を有する基板と、該基板に形成された光導波路と、該光導波路を伝搬する光波を制御するための制御電極とを有する光変調器において、

該光導波路は、少なくとも互いに並列に配置された2つのマッハツェンダー型光導波路を有し、

該制御電極は、DCバイアスを印加するDC電極を有し、

該DC電極にDCバイアスを給電する配線が接続され、

各マッハツェンダー型光導波路に対して、該配線が該マッハツェンダー型光導波路の2つの分岐導波路の一方を横切っており、他方の分岐導波路の特定位置であって、該配線が前記一方の分岐導波路を横切った位置と相対的に対称となる特定位置に、第1のダミー電極を設け、

一方のマッハツェンダー型光導波路の一部が、該配線及び該第1のダミー電極によって横切られており、他方のマッハツェンダー型光導波路の特定位置であって、該配線及び該第1のダミー電極が前記一方のマッハツェンダー型光導波路を横切った位置と相対的に対称となる特定位置に、第2のダミー電極を設け、

さらに、該配線が、該マッハツェンダー型光導波路の延伸方向と平行に配置される平行配線部を有し、該延伸方向に平行かつ該マッハツェンダー型光導波路の対称軸となる中心軸に対し、該平行配線部と対称となる位置にほぼ同じ形状をした第3のダミー電極を形成したことを特徴とする光変調器。

10

20

【請求項 2】

請求項 1 に記載の光変調器において、該光導波路を横切る該配線又は該ダミー電極は、該光導波路を横切る部分の幅は、該光導波路を横切る前後の部分の幅よりも狭くなっ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、該 DC 電極を構成するホット電極と接地電極との間隔よりも、該第 3 のダミー電極と該第 3 のダミー電極に隣接する該配線との間隔の方が広くなるよう構成されてい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、該ダミー電極は、該 DC 電極に電氣的に接続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基板と、該基板に形成された光導波路と、該光導波路を伝搬する光波を制御するための制御電極とを有する光変調器に関する。

【背景技術】

【0002】

光通信分野や光計測分野において光変調器が利用されている。光変調器としては、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制御するための制御電極を形成したものが用いられ、特許文献 1 に示すように、制御電極を RF 変調信号を入力する変調電極と DC バイアス電圧を印加する DC 電極とを分離した構成を備えた光変調器が知られている。

20

【0003】

また、光変調器を構成する基板には、X カット型基板と Z カット型基板があり、X カット型基板では基板表面に平行な方向の電界を光導波路に印加し、Z カット型基板では基板表面に垂直な方向の電界を光導波路に印加している。特に、Z カット型基板では光導波路の直上に制御電極を形成する必要があり、光導波路を伝搬する光波が制御電極で吸収されないようにするため、光導波路と制御電極の間にはバッファ層が設けられている。

30

【0004】

これに対し、X カット型基板では、光導波路を挟むように制御電極が配置されるため、バッファ層を設ける必要は無いが、制御電極の配線の取り回しの関係から光導波路を横切ることが不可欠であり、その際には、光導波路を伝搬する光波の一部が配線により吸収されることとなる。

【0005】

図 1 は、X カット型基板に形成された DC 電極の一例を示す図である。図 1 では、2 つのマッハツェンダー型導波路を並列配置した光変調器を示しているが、例えば、主マッハツェンダー型光導波路の 2 つの分岐導波路(A3, B3)に、副マッハツェンダー型光導波路(副マッハツェンダー型光導波路の分岐導波路は、A1 と A2, B1 と B2 となる。)

40

【0006】

一方のマッハツェンダー型光導波路(A1 ~ A3)には、DC 電極(C1, C2)が光導波路を挟むように形成され、各 DC 電極(C1, C2)に DC バイアス電圧(V1, V2)が印加される。また、他方のマッハツェンダー型光導波路(B1 ~ B3)には、DC 電極(C3, C4)が光導波路を挟むように形成され、各 DC 電極(C3, C4)に DC バイアス電圧(V3, V4)が印加される。

【0007】

図 1 の DC 電極では、例えば、点線 E1 と点線 E2 で示した箇所では、配線が光導波路(A1, B1)を横切ることとなる。このため、光導波路(A1)を伝搬する光波の一部

50

が吸収され、分岐導波路 A 1 と分岐導波路 A 2 とでは、光の強度が異なり、両者を合成した場合の消光比が劣化する原因となっている。光導波路 (B 1 ~ B 3) についても同様である。特に、ネスト型光導波路などのように、多数のマッハツェンダー型光導波路を組み込んだ光変調器においては、高速変調や多値変調など高度な変調技術が使用され、僅かな消光比の劣化も光変調器の特性に大きな影響を与える原因となる。

【 0 0 0 8 】

また、D C 電極への給電が光変調器の一方の側面側から行われる場合など、D C 電極の配線の取り回しにより、光導波路の対称軸 (マッハツェンダー型光導波路の場合は、2 つの分岐導波路の中間を通過する線) に対して配線の配置が非対称となり易い。図 1 では、点線 E 3 の配線部分に対称となる部分 (点線 E 4) には配線が存在しない。このような非対称性は、光導波路に電極 (配線) が及ぼす内部応力が、各光導波路で異なる原因となり、各光導波路のモードフィールド径の変化によりさらなる消光比の劣化や、温度ドリフト現象 (温度変化によりマッハツェンダー型光導波路の動作点がシフトする現象) を引き起こす。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 9 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 5 - 2 4 4 6 5 5 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 0 】

本発明が解決しようとする課題は、上述したような問題を解決し、消光比の劣化を抑制し、さらに温度ドリフト現象を抑制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 】

【 0 0 1 1 】

上記課題を解決するため、本発明の光変調器は、次のような技術的特徴を備えている。
 (1) 電気光学効果を有する基板と、該基板に形成された光導波路と、該光導波路を伝搬する光波を制御するための制御電極とを有する光変調器において、該光導波路は、少なくとも互いに並列に配置された 2 つのマッハツェンダー型光導波路を有し、該制御電極は、D C バイアスを印加する D C 電極を有し、該 D C 電極に D C バイアスを給電する配線が接続され、各マッハツェンダー型光導波路に対して、該配線が該マッハツェンダー型光導波路の 2 つの分岐導波路の一方を横切っており、他方の分岐導波路の特定位置であって、該配線が前記一方の分岐導波路を横切った位置と相対的に対称となる特定位置に、第 1 のダミー電極を設け、一方のマッハツェンダー型光導波路の一部が、該配線及び該第 1 のダミー電極によって横切られており、他方のマッハツェンダー型光導波路の特定位置であって、該配線及び該第 1 のダミー電極が前記一方のマッハツェンダー型光導波路を横切った位置と相対的に対称となる特定位置に、第 2 のダミー電極を設け、さらに、該配線が、該マッハツェンダー型光導波路の延伸方向と平行に配置される平行配線部を有し、該延伸方向に平行かつ該マッハツェンダー型光導波路の対称軸となる中心軸に対し、該平行配線部と対称となる位置にほぼ同じ形状をした第 3 のダミー電極を形成したことを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

本発明における「ダミー電極」とは、光導波路に D C バイアスを印加する「D C 電極」の役割は無く、該 D C 電極に D C バイアスを給電する配線により、マッハツェンダー型光導波路を構成する 2 つの分岐導波路で伝搬する光の強度が異なる場合に、両者の光波の伝搬損失を同程度に設定するために設けられた電極 (図 2 の E 5、E 6 参照。「第 1 のダミー電極」という。) や、2 つの並列したマッハツェンダー型光導波路において、一方のマッハツェンダー型光導波路に設けられた該配線や該ダミー電極により、2 つのマッハツェンダー型光導波路で伝搬する光強度が異なる場合に、両方のマッハツェンダー型光導波路で光波の伝搬損失を同程度に設定するために、他方のマッハツェンダー型光導波路に設けられた電極 (図 3 の E 7 参照。「第 2 のダミー電極」という。) を意味する。

10

20

30

40

50

また、本発明の「ダミー電極」には、DC電極にDCバイアスを給電する配線が、マッハツェンダー型光導波路の延伸方向と平行に配置される平行配線部を有し、該平行配線部により、マッハツェンダー型光導波路を構成する2つの分岐導波路に加わる内部応力が異なる場合に、2つの分岐導波路に加わる内部応力が等しくなるように設けられた電極（図5のE10や図6のE12参照。「第3のダミー電極」という。）も含まれる。

【0013】

(2) 上記(1)に記載の光変調器において、該光導波路を横切る該配線又は該ダミー電極は、該光導波路を横切る部分の幅は、該光導波路を横切る前後の部分の幅よりも狭くなっていることを特徴とする。

【0014】

(3) 上記(1)又は(2)に記載の光変調器において、該DC電極を構成するホット電極と接地電極との間隔よりも、該第3のダミー電極と該第3のダミー電極に隣接する該配線との間隔の方が広くなるよう構成されていることを特徴とする。

【0015】

(4) 上記(1)乃至(3)のいずれかに記載の光変調器において、該ダミー電極は、該DC電極に電気的に接続されていることを特徴とする。

【発明の効果】

【0016】

本発明は、電気光学効果を有する基板と、該基板に形成された光導波路と、該光導波路を伝搬する光波を制御するための制御電極とを有する光変調器において、該光導波路は、少なくとも一つ以上のマッハツェンダー型光導波路を有し、該制御電極は、DCバイアスを印加するDC電極を有し、該DC電極にDCバイアスを給電する配線が、該マッハツェンダー型光導波路の2つの分岐導波路の一方を横切っており、他方の分岐導波路の特定位置であって、該配線が前記一方の分岐導波路を横切った位置と相対的に対称となる特定位置に、第1のダミー電極を設けるため、各分岐導波路による光波の伝搬損失を同程度に設定でき、光変調器の消光比の劣化を抑制することが可能となる。

【0017】

しかも、配線が、マッハツェンダー型光導波路の延伸方向と平行に配置される平行配線部を有し、該延伸方向に平行かつ該マッハツェンダー型光導波路の対称軸となる中心軸に対し、該平行配線部と対称となる位置にほぼ同じ形状をした他のダミー電極（第3のダミー電極）を形成するため、DC電極により分岐導波路に加わる内部応力が等しくなるため、温度ドリフト現象の発生を抑制することも可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】従来のDC電極の構成を説明する図である。

【図2】本発明の光変調器に関する第1の実施例を説明する図である。

【図3】本発明の光変調器に関する第2の実施例を説明する図である。

【図4】本発明の光変調器に関し、分岐導波路と配線とが交差する部分を説明する図である。

【図5】本発明の光変調器に関する第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関する第4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】

【0019】

以下、本発明の光変調器について、好適例を用いて詳細に説明する。

本発明の光変調器は、図2に示すように、電気光学効果を有する基板と、該基板に形成された光導波路と、該光導波路を伝搬する光波を制御するための制御電極とを有する光変調器において、該光導波路は、少なくとも一つ以上のマッハツェンダー型光導波路(A1~A3, B1~B3)を有し、該制御電極は、DCバイアスを印加するDC電極(C1~C4)を有し、該DC電極にDCバイアスを給電する配線が、該マッハツェンダー型光導波路の2つの分岐導波路の一方を横切っており、他方の分岐導波路の特定位置であって、

10

20

30

40

50

該配線が前記一方の分岐導波路を横切った位置と相対的に対称となる特定位置に、第1のダミー電極（点線E5, E6）を設けたことを特徴とする。

【0020】

本発明の光変調器に用いる基板は、 LiNbO_3 , LiTaO_5 又はPLZT（ジルコン酸チタン酸鉛ランタン）のいずれかの単結晶やInPなどの半導体、ポリマーなど、電気光学効果を有する基板が好適に利用可能である。特に、光変調器で多用されている LiNbO_3 , LiTaO_5 が好ましい。本発明の光変調器は、Xカット型基板を用いた光変調器により好適に適用されるが、Zカット型基板においても、制御電極により伝搬損失を伴う場合や、温度ドリフト現象が発生する場合には、適用することが好ましい。

【0021】

基板には光導波路が形成されている。基板に形成する光導波路は、例えば、 LiNbO_3 基板（LN基板）上にチタン（Ti）などを熱拡散することにより形成される。また、基板に光導波路に沿った凹凸を形成したリッジ型光導波路も利用可能である。光導波路のパターン形状としては、少なくとも一つのマッハツェンダー型導波路を備えており、例えば、複数のマッハツェンダー型導波路を組み合わせたネスト型導波路など、光変調器の用途に応じて種々の形状を採用することが可能である。

【0022】

制御電極は、基板表面に、Ti・Auの電極パターンを形成し、金メッキ方法などにより形成することが可能である。本発明のダミー電極は、RF変調信号を印加する変調電極には適用することが難しく、専らDC電極に対して適用することが好ましい。

【0023】

DC電極は、図2に示すように、ホット電極（C2, C4）と接地電極（C1, C3）で構成される。隣接するマッハツェンダー型光導波路の間では、図2の符号Dに示すように、接地電極を別途配置している。これは、マッハツェンダー型光導波路に設けられたDC電極で発生した電界が、他の光導波路のDC電極に影響を及ぼすことを抑制するためである。

【0024】

図2では、ホット電極（C2, C4）の配線の一部にダミー電極（点線E5, E6）を設けることで、分岐導波路のA1とA2、又はB1とB2との間で、導波光の伝搬損失を同程度に設定することを可能としている。ダミー電極は、ホット電極（C2, C4）だけでなく、接地電極（C1, C3）に設けることも可能である。

【0025】

図3は、本発明の光変調器に関する第2の実施例を説明する図である。光導波路は、少なくとも互いに並列に配置された2つのマッハツェンダー型光導波路（A1～A3とB1～B3）を有し、一方のマッハツェンダー型光導波路（A1～A3）の一部が、配線及びダミー電極によって横切られており、他方のマッハツェンダー型光導波路（B1～B3）の特定位置であって、該配線及び該ダミー電極が前記一方のマッハツェンダー型光導波路を横切った位置と相対的に対称となる特定位置に、第2の他のダミー電極（点線E7）を設けたのである。

【0026】

図3のような構成を採用することで、マッハツェンダー型光導波路（A1～A3）と他のマッハツェンダー型光導波路（B1～B3）との間で、互いの伝搬損失を同程度に設定でき、この2つのマッハツェンダー型光導波路を合波した際の消光比を、高品質に維持することが可能になる。

【0027】

さらに、配線やダミー電極による導波光の伝搬損失を低減する方法としては、図3の点線E8の部分を拡大した図である図4に示すように、配線（又はダミー電極）が光導波路（A1, A2）を横切る部分の幅は、矢印Fのように、該光導波路を横切る前後の部分の幅よりも狭くすることが好ましい。

【0028】

図5及び図6は、本発明の光変調器に関する第3及び第4の実施例を説明する図である。具体的には、配線が、マッハツェンダー型光導波路の延伸方向と平行に配置される平行配線部(E9, E11)を有し、該延伸方向に平行かつ該マッハツェンダー型光導波路の対称軸となる中心軸に対し、該平行配線部と対称となる位置にほぼ同じ形状をした第3のダミー電極(E10, E12)を形成したことを特徴とする。本構成により温度ドリフト現象を抑制し、更に消光比の劣化を抑制することができる。

【0029】

図5は、接地電極(C3)側にダミー電極を設けており、図6は、ホット電極(C4)側にダミー電極を構成している。ダミー電極は、通常、DC電極(C1~C4)に電氣的に接続されていることが好ましく。これにより、ダミー電極の電位も安定させることが可能になる。また、ダミー電極は、ホット電極と接地電極の何れに接続してもよいが、DC電極が形成する電界の対称性を維持するためには、ダミー電極を設ける原因となる、非対称な形状を形成している配線と同じ種類の電極に接続することが望ましい。

10

【産業上の利用可能性】

【0030】

以上説明したように、本発明によれば、消光比の劣化を抑制し、さらに温度ドリフト現象を抑制した光変調器を提供することができる。

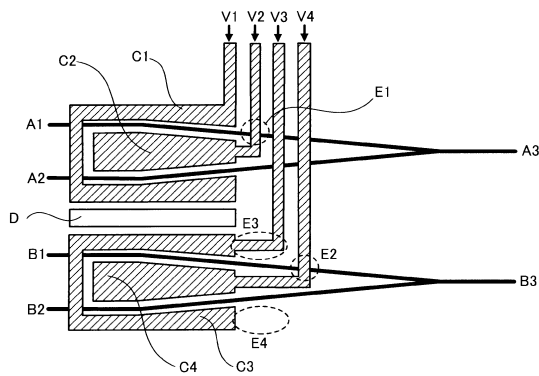
【符号の説明】

【0031】

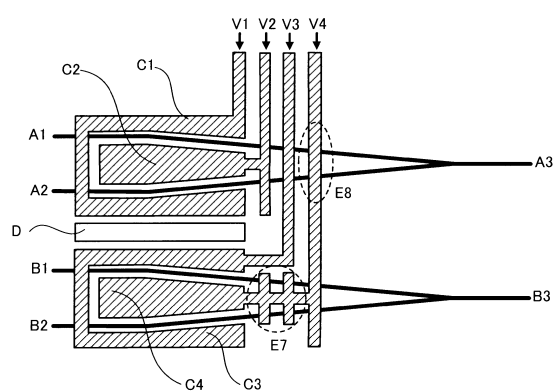
- A1 ~ A3, B1 ~ B3 光導波路
- C1 ~ C4 DC電極
- V1 ~ V4 DCバイアス電圧
- D 接地電極
- F 凹部

20

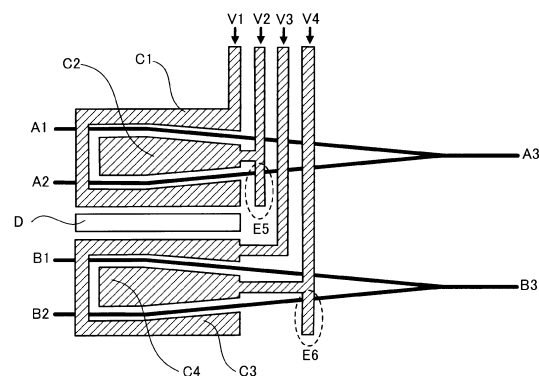
【図1】



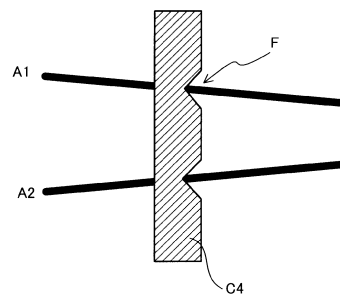
【図3】



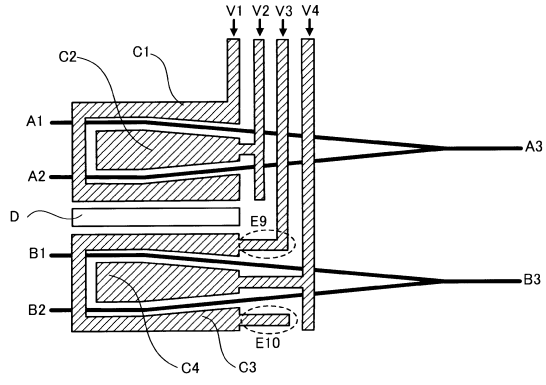
【図2】



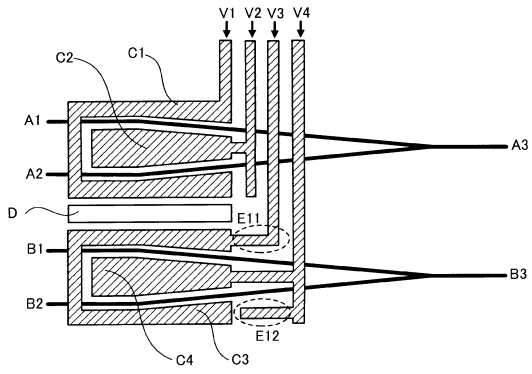
【図4】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2011-028014(JP,A)
特開平11-271699(JP,A)
特開2009-181108(JP,A)
特開平05-249335(JP,A)
特開2007-025370(JP,A)
特表平08-509079(JP,A)
特開2009-162933(JP,A)
特開平09-211403(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02F 1/00 - 1/125
1/21 - 7/00
G02B 6/12 - 6/14