

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02018/174179

発行日 令和2年2月13日(2020.2.13)

(43) 国際公開日 平成30年9月27日(2018.9.27)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード(参考)
G 0 2 F 1/035 (2006.01) G 0 2 F 1/035 2 K 1 0 2

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 22 頁)

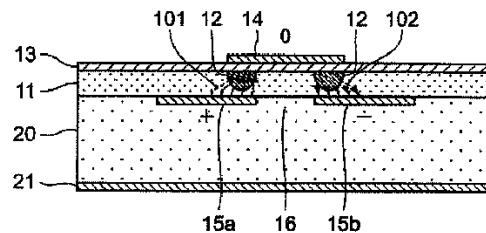
<p>出願番号 特願2019-506980 (P2019-506980)</p> <p>(21) 国際出願番号 PCT/JP2018/011467</p> <p>(22) 国際出願日 平成30年3月22日(2018.3.22)</p> <p>(31) 優先権主張番号 特願2017-57994 (P2017-57994)</p> <p>(32) 優先日 平成29年3月23日(2017.3.23)</p> <p>(33) 優先権主張国・地域又は機関 日本国(JP)</p>	<p>(71) 出願人 513099603 公立大学法人兵庫県立大学 兵庫県神戸市西区学園西町8-2-1</p> <p>(74) 代理人 100101454 弁理士 山田 卓二</p> <p>(74) 代理人 100132241 弁理士 岡部 博史</p> <p>(72) 発明者 榎原 晃 兵庫県姫路市書写2167 公立大学法人 兵庫県立大学 大学院工学研究科内</p> <p>Fターム(参考) 2K102 AA22 BA02 BB01 BB04 BC04 BD01 CA00 DA04 DB04 DC04 DD05 EA02 EA07</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光変調器

(57) 【要約】

本発明に係る光変調器は、少なくとも一部分が電気光学効果を有する導波路基板に形成され、2つの分岐光導波路を有する光導波路と、前記2つの分岐光導波路を挟設するように対向して配置された第1の線路と、第2及び第3の線路であって、互いに電磁的に結合しかつ入力される光変調用高周波信号に対して実質的に共振する線路長を有する第1～第3の線路導体を備える変調電極とを備える。当該光変調器は、前記変調電極は、前記光変調用高周波信号に基づいて、前記第2の線路と、前記第3の線路とが互いに異なる符号の電圧が誘起されて前記変調電極が励振されるように配置された。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

少なくとも一部分が電気光学効果を有する導波路基板に形成され、2つの分岐光導波路を有する光導波路と、

前記2つの分岐光導波路を挟設するように対向して配置された第1の線路と、第2及び第3の線路であって、互いに電磁的に結合しかつ入力される光変調用高周波信号に対して実質的に共振する線路長を有する第1～第3の線路導体を備える変調電極とを備えた光変調器であって、

前記変調電極は、前記光変調用高周波信号に基づいて、前記第2の線路と、前記第3の線路とが互いに異なる符号の電圧が誘起されて前記変調電極が励振されるように配置されたことを特徴とする光変調器。

10

【請求項 2】

前記導波路基板は第1及び第2の面を有し、

前記第1の線路は前記導波路基板の第1の面上に形成され、

前記第2及び第3の線路は前記導波路基板の第2の面上に形成されたことを特徴とする請求項1記載の光変調器。

【請求項 3】

前記導波路基板及び前記変調電極を支持する支持基板をさらに備えたことを特徴とする請求項1又は2記載の光変調器。

【請求項 4】

前記支持基板の、前記第1～第3の線路と対向する面とは反対側の面に接地導体を形成し、

前記第1～第3の線路をマイクロストリップ線路として構成したことを特徴とする請求項3記載の光変調器。

20

【請求項 5】

前記支持基板は前記導波路基板の第2の面上に配置されたことを特徴とする請求項3又は4記載の光変調器。

【請求項 6】

前記導波路基板の第2の面を含むように、前記支持基板に形成された空洞部分をさらに備えたことを特徴とする請求項5記載の光変調器。

30

【請求項 7】

前記空洞部分の一部分において、前記第2及び第3の線路に対向するように形成された導体膜をさらに備えたことを特徴とする請求項6記載の光変調器。

【請求項 8】

前記光変調用高周波信号を入力するための給電線路であって、前記第1～第3の線路のいずれかに電磁的に、容量的に又は直接に結合するように形成された給電線路をさらに備えたことを特徴とする請求項1～7のうちのいずれか1つに記載の光変調器。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、光ファイバによる大容量の情報伝送や無線信号の光ファイバ伝送の際に電気信号で光を変調するために用いられる光変調器に関する。

40

【背景技術】**【0002】**

電波不感地帯の解消、マンションやオフィス内への無線信号配信を目的として、光ファイバ無線システムと呼ばれる無線信号で直接光変調を行い、光ファイバで遠方に伝送し無線信号に戻して放射させるシステムが注目されている。

【0003】

光変調器は、このようなシステムではキーデバイスである。近年、無線信号の高周波化に伴い、光変調器はミリ波帯等の高い周波数での動作が要求されているが、一般的に周波

50

数が高くなると損失の増加や構造上の問題で変調効率が低下する。そのため、ミリ波帯などの高周波帯でも高効率な光変調器が期待されている。従来、例えばミリ波帯などの高周波信号による高品質な光変調では、電気光学効果を利用した光変調器が用いられてきている。

【0004】

図8Aは従来例1に係る一般的な光変調器の構成を示す平面図である。また、図8Bは図8Aの光変調器のE-E'線に沿った縦断面図である。

【0005】

図8A及び図8Bにおいて、従来例1に係る光変調器は、基板51、光導波路52、パッファ層53、変調電極54、接地電極(グランド電極)55, 56を備えている。ここで、基板51は、電気光学効果のあるニオブ酸リチウムのzカット基板からなる。光導波路52は、基板51の表面に金属チタンの熱拡散などにより形成され、入力光導波路52aと、そこから二股に分岐した一对の位相変調導波路52b, 52cと、それらが合流した出力光導波路52dからなり、マッハツェンダー干渉計を構成している。z方向の電界による屈折率の変化を利用するため、変調電極54は一方の位相変調導波路(ここでは位相変調導波路52b)の真上に配置されている。パッファ層53は、光導波路52を伝搬する光の一部が変調電極54及び接地電極55, 56により吸収されることを防止するための薄膜である。

【0006】

以上のように構成された従来例1に係る光変調器において、変調電極54に変調波59を印加すると、電気力線151, 152で示すように、位相変調導波路52bと52cには、垂直方向に互いに逆向きの電界が印加されるため、位相変調導波路52b, 52cにおける電気光学効果による屈折率変化の方向が互いに逆向きとなる。このため、入力光導波路52aへの入力光57は、二分されて位相変調導波路52b, 52cを伝搬しているときに互いに逆向きの位相変調を受け、この伝搬光が出力光導波路52dへの合流時に干渉して光強度が変調され、出力光58となる。

【0007】

図9は、特許文献1に開示された従来例2に係る光変調器の構成を示す平面図である。

【0008】

図9において、従来例2に係る光変調器は、電気光学効果特性を持つ光路(光導波路)68と、光路68に沿って形成された、光路に電界を印加するための変調電極61と、変調電極61に対向して形成された共通電極(接地電極)66, 67と、変調電極61のほぼ中心に斜めに接続されたスタブ64, 65とを備え、その接続部に配線62及びテーパ状変成器63を含む給電線が接続されている。そして、変調電極61の終端を開放させることで共振動作を行わせ、変調効率を高めている。スタブ64, 65は、変調波が反射せずに効率的に変調電極61に入力されるように、インピーダンス整合を取るため機能を持つ。

【0009】

図10は、特許文献2に開示された従来例3に係る光変調器の構成を示す縦断面図である。

【0010】

図10において、従来例3に係る光変調器は、厚さ10 μ m程度の薄板71に電気光学効果を有する光導波路72が形成され、上記薄板71を挟み込むように変調電極が配置されている。変調電極としては、薄板71の上面の第1電極と、上記薄板の下面の第2電極からなり、第1電極は信号電極74と接地電極75aからなり、第2電極は接地電極75bとなっている。パッファ層73a, 73bは光導波路72を伝搬する光の一部が変調電極により吸収されることを防止するための薄膜である。薄板71は接着層76を介して支持基板77に接着されている。本構成の光変調器の特徴は、図8Aに示した一般的な光変調器に比べて、信号電極74と薄板71の裏面に形成された接地電極73bとの間の電圧によって生じる電界も光変調に利用できる点にある。これによって、変調効率を向上させ

ている。

【0011】

図11Aは、特許文献3において開示された従来例4に係る光変調器の構成を示す平面図である。また、図11Bは図11Aの平行結合線路33で伝搬モードM11が励振されたときのF-F'線に沿った縦断面図であり、図11Cは図11Aの平行結合線路33で伝搬モードM12が励振されたときのF-F'線に沿った縦断面図である。

【0012】

図11Aにおいて、タンタル酸リチウム(LiTaO₃)単結晶、ニオブ酸リチウム(LiNbO₃)単結晶などの電気光学効果を有する基板31の表面部に、安息香酸を用いたプロトン交換法などを用いて形成された光導波路32が設けられている。光導波路32は、2箇所の分岐点38a, 38bで2つの分岐光導波路32a, 32bに分岐しており、入口側光導波路32xから入力された入力光が一方の分岐点38aで分岐して2つの分岐光導波路32a, 32bを通過した後、他方の分岐点38bで共通の出口側光導波路32yを進むように構成されている。

【0013】

また、基板31の上には、光導波路32の各分岐光導波路32a, 32bに沿うように延びる3つの線路33a, 33b, 33cからなる平行結合線路33が設けられている。各線路33a, 33bの各内側端は、各分岐光導波路32a, 32bのほぼ中央部の直上に位置するように形成されている。また、線路33cは、2つの線路33a, 33bの中間に位置している。各線路33a, 33b, 33cの両端部は、接続線路36a, 36bを介して互いにつながっている。さらに、基板31の上には、平行結合線路33の1つの線路33bに接続され平行結合線路33に共振を起こさせる入力信号を印加するための入力線路35が設けられている。平行結合線路33の各線路33a~33c、接続線路36a, 36b及び入力線路35は、真空蒸着法、フォトリソグラフィ及びエッチングなどのプロセスを用いて形成されたアルミニウムや金などの金属膜によってそれぞれ構成されている。また、基板31の裏面には、金属膜の蒸着法などを用いて形成されたグラウンドプレーン34が設けられている。

【0014】

入力光は、入口側光導波路32xから導入され、各分岐光導波路32a, 32bを通過する際に、以下のように、光変調作用を受ける。入力線路35から高周波信号が入力されて、平行結合線路33の各線路33a, 33b, 33cに共振が生じると、各間隙部37a, 37bには図11Bに点線で示すような電気力線で表される電界が生じる。そして、電気光学的効果により、分岐光導波路32a, 32bを構成する材料の屈折率が電界強度に応じて変化する。従って、出口側光導波路32yでは、分岐光導波路32a, 32bを通過した2つの光の干渉が生じ、この干渉によって出力光の強度が変化することにより、光強度変調器として動作する。

【0015】

ここで、3本の線路33a~33cを有する平行結合線路33においては、通常、3種類の伝搬モードが存在し、このうちの2つの伝搬モードM11, M12について図11B及び図11Cを参照して以下に説明する。

【0016】

図11Bの伝搬モードM11において、2本の分岐光導波路32a, 32bには上下逆方向の電界131, 132が印加されるので、光波に位相差が生じ出口側光導波路32yで干渉を生じるので、本実施形態の光変調素子は、光強度変調器として機能する。一方、図11Cの伝搬モードM12においては、分岐光導波路32b, 32bに形成される電界131, 133の向きが相互に反対になるように、分岐光導波路32bの位置がシフトしている。

【0017】

図11Bで構成された光変調器の伝搬モードM11では、3本の線路33a, 33b, 33cによる結合線路を変調電極に利用することで、3本の線路33a, 33b, 33c

10

20

30

40

50

による結合線路の中央の線路 3 3 c が 0 で両側の線路の電圧が互いに逆符号となる伝搬モードを使って高効率な光変調を行う。図 1 1 C で構成された光変調器の伝搬モード M 1 2 では、3 本の線路 3 3 a , 3 3 b , 3 3 c による結合線路を変調電極に利用することで、3 本の線路 3 3 a , 3 3 b , 3 3 c による結合線路の中央の線路 3 3 c と、両側の線路 3 3 a、3 3 b との間の電圧が互いに逆符号となる伝搬モードを使って高効率な光変調を行う。この場合、光導波路 3 2 a、3 2 b と、3 本の線路 3 3 a、3 3 b、3 3 c との配置関係は、図 1 1 a、図 1 1 b とは少し異なっている。より具体的には、分岐光導波路 3 2 b の位置を線路 3 3 c の下側に架かるように移動した配置としている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0018】

【特許文献 1】特開 2 0 0 2 - 2 6 8 0 2 5 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 8 - 8 9 9 3 6 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 6 - 2 8 5 2 8 8 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0019】

しかしながら、従来例 1 に係る光変調器においては、図 8 B の縦断面図からもわかるように、変調電極の周りに誘起される電界の多くは光導波路の外に広がっている。また、図 9 に示した従来例 2 に係る光変調器の電界分布も、電極配置の構造上、図 8 B と同様、変調電極の周りに誘起される電界の多くは光導波路の外に広がる。

20

【0020】

さらに、従来例 3 に係る光変調器では、この点を改善することを目的の一つとして提案されたものである。しかし、この構成においても、信号電極 7 4 と接地電極 7 5 a との間に誘起される電界は横方向を向き、かつ、電界は光導波路 7 2 の外側に分布することとなり、光変調とは無関係である。そのため、従来例 3 では、変調信号によって誘起される電界の一部しか光変調に寄与していない。光導波路外に広がる電界分布を減らすことができれば、変調効率をさらに向上させることができると考えられる。

【0021】

さらに、従来例 2 及び 4 では、共振器型の変調電極を用いて変調効率の向上を目指しているが、変調電極を伝搬する変調信号の一部が表面波として基板内に放射していくという問題がある。この現象は、基板が誘電体導波路として動作してしまい、変調電極中を伝搬している変調信号が基板内の伝搬波と結合してしまうことによる。そして、とりわけ、共振器型電極の光変調器では、変調信号を共振させて変調電極内にエネルギーを蓄積して高い変調効率を実現しようとするものであるため、その蓄積エネルギーの一部が基板に放射すると顕著にその変調効率が低下するという問題がある。

30

【0022】

この影響は、基板の断面方向の寸法が大きいほど、基板の誘電率が高いほど、及び、変調信号の周波数が高いほど、より顕著になってくる。しかしながら、今後の光変調器はミリ波帯のような高い周波数域での利用が期待されており、変調信号の周波数を下げることはできない。また、基板に利用される電気光学結晶であるニオブ酸リチウムは誘電率が非常に高いが、代替の材料が見当たらないのが現状である。そのため、この表面波との結合による変調特性の劣化は深刻な課題である。

40

【0023】

本発明の目的は以上の問題点を解決し、例えばミリ波帯などの超高周波信号に対しても、従来技術に比較して高い効率で光変調が可能な光変調器を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0024】

本発明の一態様にかかる光変調器は、

少なくとも一部分が電気光学効果を有する導波路基板に形成され、2つの分岐光導波路

50

を有する光導波路と、

前記2つの分岐光導波路を挾設するように対向して配置された第1の線路と、第2及び第3の線路であって、互いに電磁的に結合しかつ入力される光変調用高周波信号に対して実質的に共振する線路長を有する第1～第3の線路導体を備える変調電極とを備えた光変調器であって、

前記変調電極は、前記光変調用高周波信号に基づいて、前記第2の線路と、前記第3の線路とが互いに異なる符号の電圧が誘起されて前記変調電極が励振されるように配置されたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0025】

従って、本発明に係る光変調器によれば、例えばミリ波帯などの高周波信号に対しても、従来技術に比較して高い効率を有する光変調器が実現できる、

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1A】本発明の実施形態1に係る光変調器の構成例を示す平面図である。

【図1B】図1Aの光変調器のA-A'線に沿った縦断面図である。

【図2A】図1A及び図1Bの光変調器の伝搬モードM1のときの線路導体14, 15a, 15bに発生する電圧の極性及び導波路基板11内の電界分布を表す縦断面図である。

【図2B】図1A及び図1Bの光変調器の伝搬モードM2のときの線路導体14, 15a, 15bに発生する電圧の極性及び導波路基板11内の電界分布を表す縦断面図である。

【図2C】図1A及び図1Bの光変調器の伝搬モードM3のときの線路導体14, 15a, 15bに発生する電圧の極性及び導波路基板11内の電界分布を表す縦断面図である。

【図3A】本発明の実施形態2に係る光変調器の構成例を示す平面図である。

【図3B】図3Aの光変調器のB-B'線に沿った縦断面図である。

【図4】本発明の実施形態2の変形例に係る光変調器の構成例を示す平面図である。

【図5A】本発明の実施形態3に係る光変調器の構成例を示す平面図である。

【図5B】図5Aの光変調器のC-C'線に沿った縦断面図である。

【図6A】本発明の実施形態4に係る光変調器の構成例を示す平面図である。

【図6B】図6Aの光変調器のD-D'線に沿った縦断面図である。

【図7】図1A及び図1Bの光変調器に対する電磁界解析シミュレーション結果であって、反射損の周波数特性を示すグラフである。

【図8A】従来例1に係る光変調器の構成を示す平面図である。

【図8B】図8Aの光変調器のE-E'線に沿った縦断面図である。

【図9】従来例2に係る光変調器の構成を示す平面図である。

【図10】従来例3に係る光変調器の構成を示す縦断面図である。

【図11A】従来例4に係る光変調器の構成を示す平面図である。

【図11B】図11Aの光変調器の伝搬モードM11のときのF-F'線に沿った縦断面図である。

【図11C】図11Aの光変調器の伝搬モードM12のときのF-F'線に沿った縦断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0027】

以下、本発明に係る各実施形態について図面を参照して説明する。なお、以下の各実施形態において、同様の構成要素については同一の符号を付している。

【0028】

実施形態1.

図1Aは本発明の実施形態1に係る光変調器の構成例を示す平面図である。また、図1Bは図1Aの光変調器のA-A'線に沿った縦断面図である。

【0029】

図1A及び図1Bにおいて、実施形態1に係る光変調器は、導波路基板11と、導波路

10

20

30

40

50

基板 11 に設けられた光導波路 12 と、導波路基板 11 の上面に設けられたバッファ層 13 と、線路導体 14 と、導波路基板 11 の下面に間隙部 16 を挟んで配置された 2 本の線路導体 15a, 15b と、線路導体 15b と間隙部 18 を介して配置された導波路基板 11 の上面に設けられた線路導体 19c と、導波路基板 11 を支える誘電体基板である支持基板 20 と支持基板 20 の裏面に配置された接地導体 21 とを備えて構成される。

【0030】

ここで、線路導体 14, 15a, 15b はそれぞれ金属薄膜などからなる接地導体 21 を共通に持つマイクロストリップ線路であり、3本の線路導体 14, 15a, 15b は互いに電磁的に結合するように近接して配置されているので、互いに電磁的に結合した 3 結合線路を構成し、同時に変調電極として動作する。また、線路導体 19c も接地導体 21 を共通に持つマイクロストリップ線路である給電線路 19 を構成する。なお、線路導体 15b と間隙部 18 を介して近接配置された線路導体 19c は、線路導体 15b と容量的に結合する。

10

【0031】

光導波路 12 は、導波路基板 11 の線路導体 14 の両側と線路導体 15 の片側に挟まれた 2 力所の対向部分 17 に配置され、また、2本の線路導体 15a, 15b はそれらの両端が短絡部 22 で互いに短絡されている。

【0032】

導波路基板 11 は、電気光学効果のあるニオブ酸リチウム (LiNbO_3) の z カット基板 (結晶工学上の z 軸が導波路基板 11 に垂直な方向を向く) からなる。光導波路 12 は、導波路基板 11 の表面に金属チタンの熱拡散などにより形成される。入力光 25 は、光導波路 12 に導入され、分岐部 23 で二つに分岐し、それぞれが対向部分 17 を通過した後、合波部 24 で合流し、出力光 26 となるマッハツェンダー干渉計を構成している。

20

【0033】

また、導波路基板 11 の上面には、光導波路 12 中の光波の減衰を抑えるために酸化シリコンなどからなるバッファ (緩衝) 層 13 が形成され、バッファ層 13 の上には金属薄膜などからなる 1 本の線路導体 14 が形成されている。また、導波路基板 11 の下面には、線路導体 14 に平行に金属薄膜などからなる 2 本の線路導体 15a, 15b が、間隙部 16 を挟んで並んでおり、線路導体 14 の両側の部分と、線路導体 15a 及び 15b のそれぞれの内側 (間隙部 16 の側) の部分とが、導波路基板 11 を挟んで対向している。また、導波路基板 11 は、サファイア (単結晶アルミナ) などからなる支持基板 20 上に固定されている。

30

【0034】

以上のように構成された光変調器において、上記のように結合した 3 線路には以下に示すような電圧が生じる 3 つの伝搬モード M1, M2, M3 が存在し、それぞれ独立に伝搬する。

【0035】

図 2A は図 1A 及び図 1B の光変調器の伝搬モード M1 のときの線路導体 14, 15a, 15b に発生する電圧の極性及び導波路基板 11 内の電界分布を表す縦断面図である。図 2B は図 1A 及び図 1B の光変調器の伝搬モード M2 のときの線路導体 14, 15a, 15b に発生する電圧の極性及び導波路基板 11 内の電界分布を表す縦断面図である。図 2C は図 1A 及び図 1B の光変調器の伝搬モード M3 のときの線路導体 14, 15a, 15b に発生する電圧の極性及び導波路基板 11 内の電界分布を表す縦断面図である。なお、図 2A ~ 図 2C において、線路導体 19c の図示を省略している。

40

【0036】

図 2B の伝搬モード M2 を励振すれば、線路導体 14 の電圧は 0 で、2本の線路導体 15a, 15b では互いに逆符号の電圧が生じる。そのため、電界分布は対向部分 17 に集中した強い電界 101, 102 が生じ、かつ、2つの対向部分 17 で互いに逆方向となる。この電界 101, 102 が電気光学効果を有する光導波路 12 に与えられるため、対向部分 17 を通る 2本の光導波路 12 は互いに逆方向に屈折率が変化する。光導波路 12 へ

50

の入力光 25 は、二分されてそれぞれ別々の光導波路 12 を伝搬し、ここで互いに逆向きの位相変調を受け、合波部 24 で干渉して光強度が変調され、出力光 26 となる。給電線路 19 に入力された変調信号が伝搬モード M2 を励振し、伝搬モード M2 が変調電極の両端で反射を繰り返すことで、線路導体の長さで決まる周波数で共振を起こす。共振によって変調信号のエネルギーが変調電極に蓄積されて、伝搬モード M2 の電圧振幅が増加し、大きな電圧が誘起される。これによって、高効率な光変調が実現される。

【0037】

また、伝搬モード M2 によって生じる電界は、図 2 B に示すように、対向部分 17 の限られた領域にのみ生じる。そのため、入力した変調信号のエネルギーが効率的に電界の誘起に使われるため、図 8 B の従来例 1 に比較して、変調効率の向上が期待できる。また、薄板状の導波路基板 11 を用いることによって、対向部分 17 の上下の線路導体の間隔を小さくできるので、同じ電圧でも強い電界を生じさせ、変調効率をさらに向上させることができる。また、薄板状の導波路基板 11 と比較的誘電率の小さなサファイアなどからなる支持基板 20 を使うことで、変調電極中の伝搬波から見た基板の等価的な誘電率を大きく減少させることができるので、変調信号が表面波に漏洩することを効果的に抑えることができる。このことは、本実施形態のように変調電極を共振器として利用する場合は特に有効である。

10

【0038】

また、このような薄板状の導波路基板 11 を用いる利点として、変調電極中の伝搬波と光導波路 12 中の光波との間の速度整合がある。電気光学結晶であるニオブ酸リチウムの高周波信号に対する誘電率は 28 以上であるため、変調電極中の伝搬波は光導波路中の光波に比べて速度が非常に遅くなり、そのために、変調効率が劣化していた。本構成の光変調器では、先に述べたように変調電極中の伝搬波から見た基板の等価的な誘電率を大きく減少させることができるので、前記伝搬波と前記光波との間の速度差を小さくすることが可能であり、それによっても、変調効率を向上させることができる。

20

【0039】

ここで、変調信号の給電について説明する。線路導体 19c と線路導体 14, 15a, 15b との位置関係によって、線路導体 19c の給電線路 19 に入力された高周波信号と変調電極で共振する共振モードとの結合度を調節することができる。そして、最適な結合度に対応する位置関係を選ぶことにより、給電線路 19 に入力された高周波信号のエネルギーが、すべて上記共振モードに変換され、さらに効率が良くなる。また、3つの伝搬モード M1 ~ M3 はそれぞれ伝搬速度が異なるため、共振周波数も異なる。そのため、所望の周波数で伝搬モード M2 が共振するように、線路導体の長さを調節すれば、選択的に伝搬モード M2 の共振モードを励振することができる。

30

【0040】

次いで、給電線路 19 と変調電極との位置関係と結合度について以下に説明する。ここで、線路導体 19c と線路導体 14, 15a, 15b とが交差する角度については、実用的な結合度を得るためには、図示のように、線路導体 14, 15a, 15b と線路導体 19c とが実質的に直交していることが望ましい。また、線路導体 19c の先端と線路導体 14, 15a, 15b との位置関係と結合度との関係については、線路導体 19c の先端を延ばして、線路導体 19c 側にある線路導体 15b に間隙部 18 を介して深く被せるように配置することによって結合度を大きくすることができる。また、線路導体 15b の長手方向の位置に対する線路導体 19c の位置と結合度との関係については、図 1 A のように、必ずしも線路導体 19c を線路導体 15b の中央に配置する必要は無く、線路導体 19c を線路導体 15b の中央に配置したときが、結合度が最も大きく、端にずらすことで結合度を減らすことができる。

40

【0041】

図 7 は図 1 A 及び図 1 B の光変調器に対する電磁界解析シミュレーション結果であって、反射損 (S_{11}) の周波数特性を示すグラフである。図 7 において、横軸は入力する高周波信号の周波数 (GHz) であり、縦軸は反射損 (dB) である。図 7 から明らかなよ

50

うに、想定した共振周波数（10GHz付近）で反射が大きく減少し、ほぼすべての入力信号電力が変調電極に結合していることが分かる。共振周波数については、線路導体15a, 15bの長さで調節することができるので、所望の周波数で共振させることが可能である。

【0042】

なお、本実施形態では、変調電極として、線路導体15a, 15bの両端を短絡部22で短絡した共振器構造を用いたが、線路導体15a, 15bの端を短絡させずに開放すること、あるいは、一方を短絡し、他方を開放することでも共振器構造を構成でき、同様に有効である。さらに、共振させずに高周波信号で励振した伝搬モードM2を光導波路12中の光波と同じ方向に伝搬させる進行波型構造も同様に有効である。

10

一方、図2Cに示した伝搬モードM3では線路導体15a, 15bの電位が線路導体14に対し同相となるため、対向部分17に発生する電界101, 103も図示するように同相となる。したがって2本の光導波路12は同方向の屈折率変化が生じ、光変調はできない。

【0043】

実施形態2.

図3Aは本発明の実施形態2に係る光変調器の構成例を示す平面図である。また、図3Bは図3Aの光変調器のB-B'線に沿った縦断面図である。図3A及び図3Bにおいて、図1A及び図1B（実施形態1）と同一又は対応する構成要素には図1A及び図1Bと同じ参照符号を付す。それらの構成要素については、必要な場合を除き、その説明を省略する。

20

【0044】

図3A及び図3Bにおいて、実施形態2に係る光変調器は、図1A及び図1Bの実施形態1に係る光変調器に比較して以下の点異なる。

(1) 図1A及び図1Bの線路導体14, 15a, 15bの配置を代えて、導波路基板11の上面に線路導体15a, 15bを、導波路基板11の下面に線路導体14を設けた。
(2) 導波路基板11の上面において、線路導体19cの先端を線路導体15bの側部に間隙部18を介して近づけて配置し、線路導体19cを線路導体15bに対して容量的に結合させて、共振モードを励振する。

それ以外の構成は実施形態1に係る光変調器と同じである。

30

【0045】

以上のように構成された光変調器においても、図2Bの伝搬モードM2に対応する、線路導体14の電圧が0で両側の線路導体15a, 15bの電圧が逆符号となるモードを励振することによって、電気力線が101, 102で表されるような電界が生じる。これによって、2つの対向部分17に互いに逆方向の強い電界101, 102が生じ、実施形態1と同様の原理で効率的な光変調が可能となる。この構成においては、線路導体19cと線路導体15bとが同じ面上にあるので、互いの位置関係や、間隙部18の間隔を精度良く作成することができ、結合度を実施形態1に比較して精度良く制御することができる。

【0046】

実施形態2の変形例.

40

図4は本発明の実施形態2の変形例に係る光変調器の構成例を示す平面図である。図4において、実施形態2の変形例は、図3Aの実施形態2と比較して、間隙部18をなくして、線路導体19cと線路導体15bとを直接に接続することで、誘導性の結合方法を用いたことを特徴とする。この場合は、線路導体19cが接続される線路導体15b上の長手方向の位置によって結合度が決まるが、間隙部18による容量性の結合に比べてより大きな結合度を容易に得ることができる。

【0047】

実施形態3.

図5Aは本発明の実施形態3に係る光変調器の構成例を示す平面図である。また、図5Bは図5Aの光変調器のC-C'線に沿った縦断面図である。図5A及び図5Bにおいて

50

、図 1 A 及び図 1 B の実施形態 1 と同一又は対応する構成要素には、図 1 A 及び図 1 B と同じ参照符号を付す。それらの構成要素については、必要な場合を除き、その説明を省略する。

【 0 0 4 8 】

図 5 A 及び図 5 B において、実施形態 3 は、図 1 A 及び図 1 B の実施形態 1 に比較して、支持基板 2 0 の上面の、線路導体 1 5 a , 1 5 b が設置された部分に空洞部分 2 7 を設けたことを特徴としている。それ以外は実施形態 1 と同じである。以下、上記相違点について詳述する。

【 0 0 4 9 】

上述のように、薄い導波路基板 1 1 と比較的誘電率の小さな支持基板 2 0 を使うことで、変調電極中の伝搬波から見た基板の等価的な誘電率を大きく減少させることができると述べたが、実施形態 3 に係る光変調器では、この効果をさらに強めることができる。すなわち、線路導体 1 5 a , 1 5 b が空洞部分 2 7 で空気と接するので、変調電極中の伝搬波から見た基板の等価的な誘電率がより一層小さくなり、それによって、より一層の、変調信号の表面波への漏洩の抑圧と、変調電極中の伝搬波と光波との間の速度の整合が実現し、さらに、変調効率が向上する。この空洞部分 2 7 の深さは僅かでもあれば有効であるが、特に、間隙部 1 6 の幅程度以上あれば大きな効果が発揮される。

10

【 0 0 5 0 】

実施形態 4 .

図 6 A は本発明の実施形態 4 に係る光変調器の構成例を示す平面図である。また、図 6 B は図 6 A の光変調器の D - D ' 線に沿った縦断面図である。図 6 A 及び図 6 B において、図 5 A 及び図 5 B の実施形態 3 と同一又は対応する構成要素には図 5 A 及び図 5 B と同じ参照符号を付す。それらの構成要素については、必要な場合を除き、その説明を省略する。

20

【 0 0 5 1 】

図 6 A 及び図 6 B において、実施形態 4 は、図 5 A 及び図 5 B の実施形態 3 と比較して、実施形態 3 の空洞部分 2 7 の底面に導体膜 2 8 を形成したことを特徴とする。それ以外は実施形態 3 と同じである。以下、上記相違点について詳述する。

【 0 0 5 2 】

導体膜 2 8 を空洞部分 2 7 の底面に形成すると、光変調器が伝搬モード M 2 で動作している場合、線路導体 1 5 a , 1 5 b と導体膜 2 8 との間の電圧差により、空洞部分 2 7 内にも電界が誘起される。そのため、伝搬波の感じる誘電率が空洞部分 2 7 内の空気の誘電率により強く影響されて低下する。そのため、実施形態 4 では、実施形態 3 の場合に比べて、より一層、変調電極中の伝搬波の伝搬速度が増加し、光導波路 1 2 中の光波との速度がより一層整合し、完全な速度整合も可能である。

30

【 0 0 5 3 】

また、空洞部分 2 7 内に生じる電界は光変調には寄与しないが、空洞部分 2 7 内の空気の誘電率は二オプ酸リチウムなどの一般的な導波路基板に比べて遙かに小さいので、空洞部分 2 7 内に生じる電界のエネルギーは導波路基板 1 1 内に生じる電界エネルギーに比べて遙かに小さい。従って、空洞部分 2 7 に生じる電界による変調効率の低下はごく僅かであり、速度整合効果による変調効率の向上の影響の方が大きい。

40

【実施例】

【 0 0 5 4 】

まず、実施形態 4 の構成に基づく実施例について以下に説明する。

【 0 0 5 5 】

マッハツェンダー干渉計を構成する光導波路 1 2 の間隔を $50 \mu\text{m}$ とし、サファイア単結晶による支持基板 2 0 の厚さを 0.5mm とし、z カットの二オプ酸リチウムによる導波路基板 1 1 の厚さを $10 \mu\text{m}$ とし、線路導体 1 4 の幅を $55 \mu\text{m}$ とし、線路導体 1 5 a , 1 5 b の幅を $225 \mu\text{m}$ とし、間隙部 1 6 の幅を $45 \mu\text{m}$ とし、線路導体 1 5 a , 1 5 b の長さを 6.9mm とし、間隙部 1 8 の重なり長さ(平面図における線路導体 1 5 b と

50

線路導体 19c の先端部との重なり長さ)を $20\ \mu\text{m}$ とし、空洞部分 27 の深さを $30\ \mu\text{m}$ とし、線路導体 19c の線路幅を $0.1\ \text{mm}$ としたとき、 $10\ \text{GHz}$ 付近で、内部インピーダンス 50 の信号源からの変調信号に対して伝搬モード M2 による共振が起こり、入力した変調信号がほぼ完全に共振モードと結合し、さらに、変調電極に伝搬波と光波との完全な速度整合が得られる。

【0056】

次に、各部の望ましい寸法について説明する。導波路基板 11 の厚さについては、より薄い方が変調効率の向上に有利である。しかし、現実には、ニオブ酸リチウムを導波路基板 11 の材料に使用し、波長 $1.5\ \mu\text{m}$ の光を変調する場合については、光導波路 12 を形成するためと実施形態 4 での機械的強度を維持するためには、 $5\ \mu\text{m} \sim 100\ \mu\text{m}$ の範囲が、有効性が高く、 $10\ \mu\text{m}$ 程度の厚さが最も望ましい。

10

【0057】

また、マッハツェンダー干渉計を構成する光導波路 12 の間隔は、通常は、 $20 \sim 500\ \mu\text{m}$ 程度である。対向部分 17 の幅は導波路基板 11 の厚さの 5 倍程度以下にすることが望ましい。これらの寸法から、間隙部 16 の幅は必然的に決まる。線路導体 15a, 15b の線路幅は、狭くした方が伝搬波の特性インピーダンスが高くなり、より高電界を作ることできるが、逆に、伝搬損失が増加する影響がある。そのため、線路導体 15a, 15b の厚さや材料にも依存し、一般的な最適値があるわけではないが、概ね、線路導体 14 の幅の $1/2$ 以上で、導波路基板 11 と支持基板 20 の厚さを合わせた長さよりもより小さい範囲で設定すれば本発明の効果は発揮される。

20

【0058】

空洞部分 27 の高さ(深さ)は、実施形態 4 では、深さは僅かでもあれば有効であるが、特に、間隙部 16 の幅程度以上あれば大きな効果が発揮される。また、実施形態 4 では、変調電極中の伝搬波と光波との速度整合を実現するためには、導波路基板 11 の誘電率と屈折率、支持基板 20 の誘電率、線路導体 14, 15a, 15b の寸法、変調信号の周波数などの多くの要素に影響されるが、間隙部 16 の幅の $1/10$ 以上であれば、有効である。

【0059】

また、バッファ層 13 は、光導波路 12 中の光波の減衰を抑えるために形成するもので、導波路基板 11 よりも屈折率が低い材料が望ましく、酸化シリコン以外の材料であってもよい。また、バッファ層 13 の厚さは使用する光波の波長の $1/50 \sim 1/10$ 程度が望ましいが、光変調動作のためには必ずしも必要ではなく、形成しなくてもよい。

30

【0060】

導波路基板 11 の材料には、電気光学結晶で機械的強度があるニオブ酸リチウム、もしくはタンタル酸リチウムが望ましいが、必ずしもこれらの材料に限られることはない。また、光導波路 12 の部分だけが電気光学効果を有していればよいので、機械的強度を有する他の材料で薄板を作成し、そこに部分的に電気光学効果を有する光導波路を作り込んでもよい。このような方法では、電気光学効果を有する有機材料やセラミックス材料なども利用することが可能である。支持基板 20 も、導波路基板 11 を支持できる材料であればよく、必ずしもサファイアでなくてもよい。ただし、上で述べたように誘電率が低い材料が望ましく、また、変調信号に対して誘電損のより小さい材料が望ましい。

40

【0061】

以上の実施形態 4 の実施例について説明したが、導体膜 28 を形成しないときは、実施形態 3 においても同様に適用することができる。

【0062】

また、実施形態 1 ~ 3 において、支持基板 20 は導波路基板 11 よりも誘電率の低い材料を使う方がより望ましい。また、状況によっては、支持基板 20 と導波路基板 11 とを接着するための接着剤を間に挟み込む必要がある。

【0063】

次いで、従来例 4 に係る特許文献 3 の図 16 (本願図 11A ~ 図 11C) の構造を有す

50

る光変調器と、実施形態4（図6A及び図6B）に係る光変調器と間の、変調効率の比較について以下に説明する。

【0064】

動作周波数（共振電極の共振周波数に対応）10GHzに、光導波路に電界を印加するための電極間隔を10μmに統一し、同じ入力電力の信号を入力したときの電極間の最大電界強度と電極長（光と変調波の相互作用長に対応）の乗算値で変調効率を見積った結果を以下に示す。

【0065】

ここでは、上記2つの光変調器間で動作させた場合の変調効率の比較を、市販の電磁界解析ソフトHFSS（アンシス・ジャパン製）により行った。解析条件は、動作周波数（共振周波数に対応）を10GHz、各導体を膜厚10μmの金厚膜、導波路の存在する位置での線路電極の間隔を10μmとした。形状は、実施形態4に係る光変調器では上述の通りである。また、従来例4に係る光変調器では、基板31に0.5mm厚のz-cutニオブ酸リチウム結晶を仮定し、線路33a, 33b, 33cの線路幅をそれぞれ、50μm、50μm、30μmとした。また、間隙部37a, 37bは実施形態4に係る光変調器と条件を合わせるために、ともに10μmとした。さらに、従来例4の入力線路35は、周波数10GHzで2番目の共振モードと整合が取れる位置（共振器電極の中央から0.8mm）に接続している。

10

【0066】

共振周波数の信号を入力したときの光導波路が位置する電極間の最大電界強度と、共振器長を以下の表1にまとめた。

20

【0067】

【表1】

	電極間の最大電界強度 (表示値)	電極長	変調効率の 比の値
従来例4	$5.4 \times 10^4 \text{ V/m}$	4.5mm	1
実施形態4	$2.0 \times 10^5 \text{ V/m}$	6.9mm	5.7

30

【0068】

表1から明らかなように、実施形態4に係る光変調器では、従来例4に比較して電極間に3倍以上の強度の電界が誘起されることがわかる。また、実施形態4に係る光変調器では、空洞部分27を設けたことで変調電極中の伝搬波と光波との速度整合を実現でき、電極長が従来例4よりも長くなる。ここで、変調効率は、電界強度と電極長とを掛け合わせた値に比例するので、理論的な変調効率は従来例4の5.7倍程度になると見積られた。これにより、実施形態4に係る光変調器は従来例4よりも非常に高効率となることがわかる。

40

【0069】

また、比較例及び実施形態に係る光変調器に関する、動作速度、変調電圧、サイズ、長所び課題について以下の表2にまとめた。

【0070】

【 表 2 】

変調器	動作速度	変調電圧	サイズ	長所	課題
LiNbO ₃ 電気光学変調器	高速動作可能 (>10GHz、電極や素子構造に依存する)	<数V	大きい	高品質な変調 (低チャープ、低歪み)、高度な光変調 (多値変調、QPSK、SSB等)、波長依存性が小さい	サイズが大きい、高速化には構造設計が必要
半導体レーザーの直接変調	低速 (<10GHz)	注入電流で変調	小型 (外部変調器が不要)	低コスト、簡易なシステムでは広く利用されている	高速化が困難、波長チャープ、歪みが非常に大きい
電界吸収型変調器	高速動作可能 (>10GHz)	<数V	小型	小型、高速、半導体導波路と集積化	波長チャープ、歪み、波長依存性が大きい
半導体材料による変調器 (シリコンフォトニクスを含む)	高速動作 (>10GHz) が期待されている	LiNbO ₃ 変調器よりも低電圧の可能性有り	小型	電子回路やディテクタと集積化により、将来的には小型・低コスト化等の期待大	シリコンは実用化に課題、導波損失、作製プロセス、信頼性
有機材料による光変調器	高速動作可能 (>10GHz、理論的にはLiNbO ₃ 変調器と同じ)	LiNbO ₃ 変調器よりも低電圧の可能性有り	LiNbO ₃ 変調器よりも小型の可能性有り	電気光学定数が大きいため、高効率変調が期待されている	※実用化に課題 (材料の安定性、作製プロセス、信頼性)

10

20

30

40

【 0 0 7 1 】

以上の実施形態 1 ~ 4 において、少なくとも以下の構成が必要である。線路導体 1 4 と、線路導体 1 5 a , 1 5 b とはバッファ層 1 3、光導波路 1 2 , 1 2 及び導波路基板 1 1 を間に挟設しかつ互いに電磁的に結合するように近接して形成されて、給電線路 1 9 を介して入力される高周波信号に従って光導波路 1 2 , 1 2 を伝搬する光信号を変調するための変調電極を構成する。ここで、線路導体 1 5 a , 1 5 b は 2 つに分岐された光導波路 1 2 , 1 2 と対向するように形成されている。さらに、線路導体 1 4 , 1 5 a , 1 5 b は入力される高周波信号に対して実質的に共振する線路長を有する。また、上述したように、従来技術に比較して高い変調効率を得るためには、図 2 B に示すように、光変調用高周波信号に基づいて、線路導体 1 5 a , 1 5 b に互いに異なる符号の電圧が誘起されるように

50

変調電極が伝搬モードM2で励振される必要がある。なお、この場合において、線路導体14はフローティング電極となり、通常は0Vである。

【0072】

なお、導波路基板11は互いに実質的に平行な上面と下面を有する。実施形態1、3、4において、線路導体14はバッファ層13を介して、2つの分岐光導波路12、12を有する導波路基板11の上面上に形成される一方、線路導体15a、15bは導波路基板11の下面に形成されている。また、実施形態2において、線路導体15a、15bはバッファ層13を介して、2つの分岐光導波路12、12を有する導波路基板11の上面上に形成される一方、線路導体14は導波路基板11の下面に形成されている。さらに、線路導体19cは線路導体14、15a、15bのいずれかに電磁的に、容量的に又は直接に結合するように形成されればよい。導体膜28は、少なくとも空洞部分27の一部において、線路導体15a、15bに対向するように形成されればよい。

10

【産業上の利用可能性】

【0073】

詳述したように、本発明に係る光変調器によれば、例えばミリ波帯などの高周波信号に対しても、従来技術に比較して高い効率を有する電気光学光変調器が実現できる、

【符号の説明】

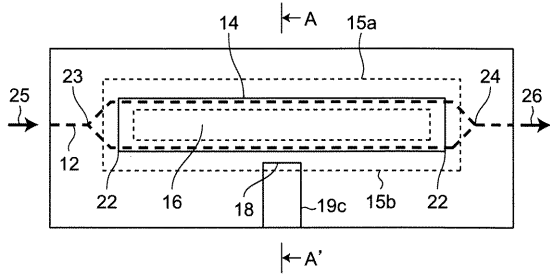
【0074】

11...導波路基板、
 12...光導波路、
 13...バッファ層、
 14、15a、15b...線路導体、
 16...間隙部、
 17...対向部分、
 18...間隙部、
 19...給電線路、
 19c...線路導体、
 20...支持基板、
 21...接地導体、
 22...短絡部、
 23...分岐部、
 24...合波部、
 25...入力光、
 26...出力光、
 27...空洞部分、
 28...導体膜、
 101、102、103...電界、
 M1、M2、M3...伝搬モード。

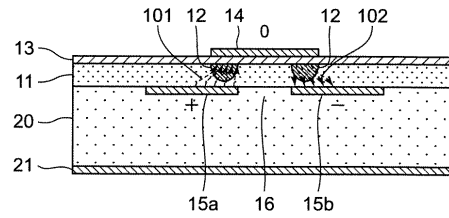
20

30

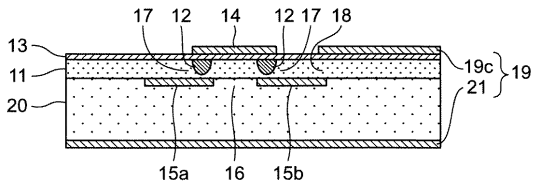
【図 1 A】



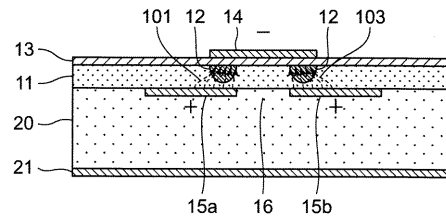
【図 2 B】



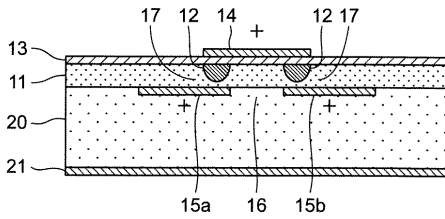
【図 1 B】



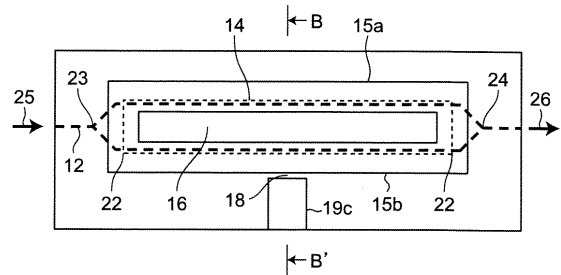
【図 2 C】



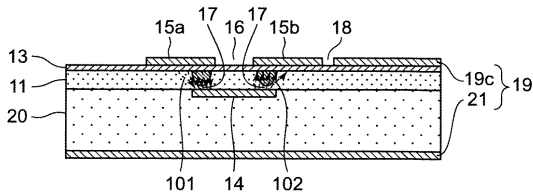
【図 2 A】



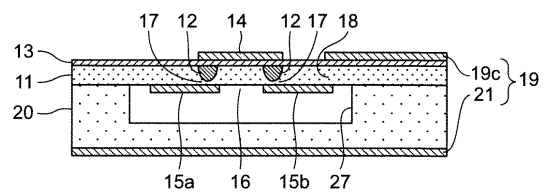
【図 3 A】



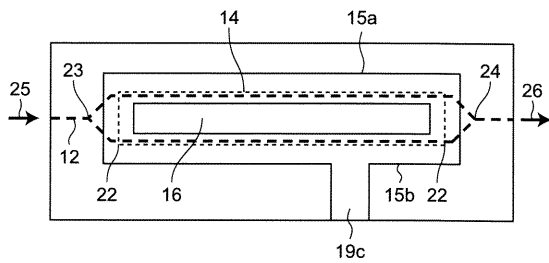
【図 3 B】



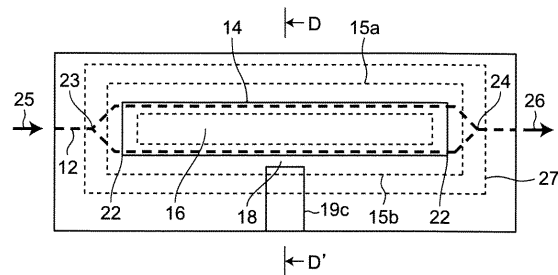
【図 5 B】



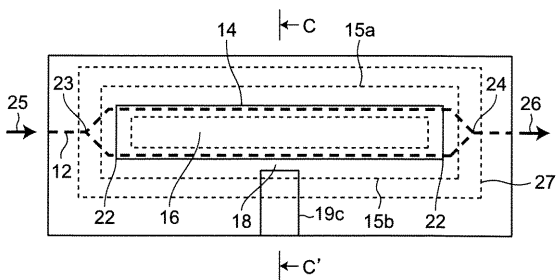
【図 4】



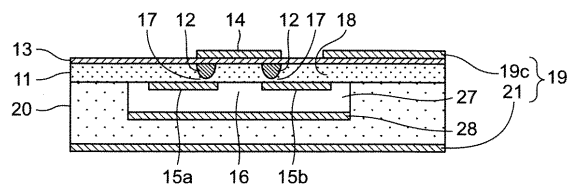
【図 6 A】



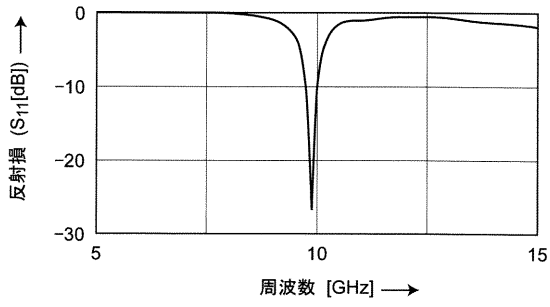
【図 5 A】



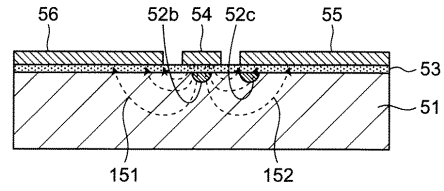
【図 6 B】



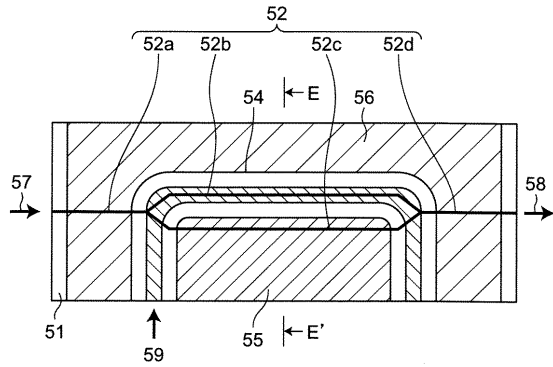
【 図 7 】



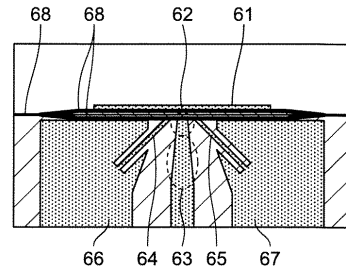
【 図 8 B 】



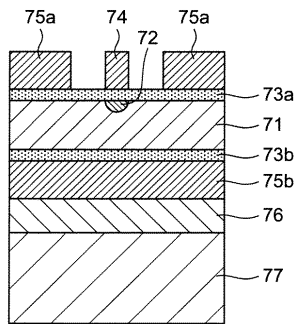
【 図 8 A 】



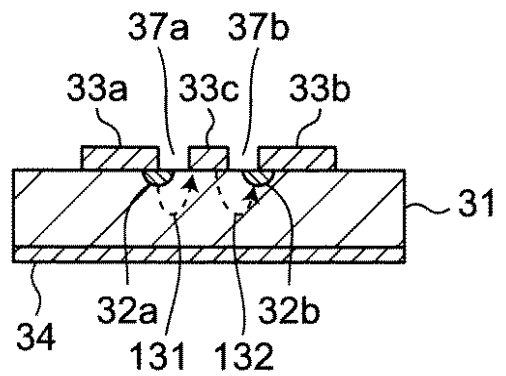
【 図 9 】



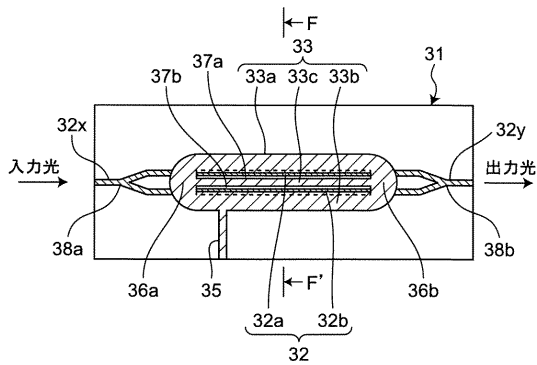
【 図 1 0 】



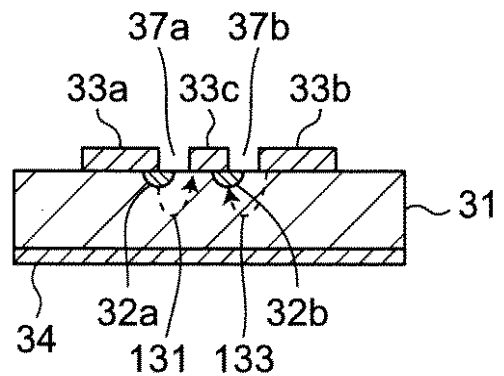
【 図 1 1 B 】



【 図 1 1 A 】



【 図 1 1 C 】



【手続補正書】

【提出日】平成30年7月13日(2018.7.13)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

(削除)

【請求項2】

少なくとも一部分が電気光学効果を有する導波路基板に形成され、2つの分岐光導波路を有する光導波路と、

前記2つの分岐光導波路を挟設するように対向して配置された第1の線路と、第2及び第3の線路であって、互いに電磁的に結合しかつ入力される光変調用高周波信号に対して実質的に共振する線路長を有する第1～第3の線路導体を備える変調電極とを備えた光変調器であって、

前記変調電極は、前記光変調用高周波信号に基づいて、前記第2の線路と、前記第3の線路とが互いに異なる符号の電圧が誘起されて前記変調電極が励振されるように配置され、

前記導波路基板は第1及び第2の面を有し、

前記第1の線路は前記導波路基板の第1の面上に形成され、

前記第2及び第3の線路は前記導波路基板の第2の面上に形成されたことを特徴とする光変調器。

【請求項3】

前記導波路基板及び前記変調電極を支持する支持基板をさらに備えたことを特徴とする請求項2記載の光変調器。

【請求項4】

前記支持基板の、前記第1～第3の線路と対向する面とは反対側の面に接地導体を形成し、

前記第1～第3の線路をマイクロストリップ線路として構成したことを特徴とする請求項3記載の光変調器。

【請求項5】

前記支持基板は前記導波路基板の第2の面上に配置されたことを特徴とする請求項3又は4記載の光変調器。

【請求項6】

前記導波路基板の第2の面を含むように、前記支持基板に形成された空洞部分をさらに備えたことを特徴とする請求項5記載の光変調器。

【請求項7】

前記空洞部分の一部分において、前記第2及び第3の線路に対向するように形成された導体膜をさらに備えたことを特徴とする請求項6記載の光変調器。

【請求項8】

前記光変調用高周波信号を入力するための給電線路であって、前記第1～第3の線路のいずれかに電磁的に、容量的に又は直接に結合するように形成された給電線路をさらに備えたことを特徴とする請求項2～7のうちのいずれか1つに記載の光変調器。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2018/011467
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. 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) Int.Cl. G02F1/035, G02B6/12, H01S5/022 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018 Registered utility model specifications of Japan 1996-2018 Published registered utility model applications of Japan 1994-2018 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) IEEE Xplore		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2004-062158 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 26 February 2004, paragraphs [0098]-[0111], fig. 16, 17, 20 & US 2003/0223669 A1, paragraphs [0142]-[0153], fig. 16, 17, 20 & EP 1369741 A1 & CN 1467539 A	1, 3, 5, 8 4-8 2
Y A	JP 2003-156723 A (NGK INSULATORS LTD.) 30 May 2003, paragraphs [0070]-[0094], fig. 1, 2, 7, 16 & US 2003/0044100 A1, paragraphs [0056]-[0119], fig. 1, 2, 7, 16 & EP 1291706 A2	4-8 1-3
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 10.05.2018		Date of mailing of the international search report 22.05.2018
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/JP2018/011467

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2005/019913 A1 (NGK INSULATORS LTD.) 03 March 2005, column 12, line 10 to column 20, line 11, fig. 6, 10 & US 2007/0147722 A1, paragraphs [0073]-[0109], fig. 6, 10 & EP 1657588 A1 & CN 1839336 A	6-8 1-5
Y A	JP 09-211402 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 15 August 1997, paragraphs [0011]-[0024], fig. 1 (Family: none)	6-8 1-5
A	US 2015/0043866 A1 (SIFOTONICS TECHNOLOGIES CO., LTD.) 12 February 2015, entire text, all drawings (Family: none)	1-8

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 8 / 0 1 1 4 6 7													
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. G02F1/035, G02B6/12, H01S5/022															
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2018年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2018年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2018年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2018年	日本国実用新案登録公報	1996-2018年	日本国登録実用新案公報	1994-2018年				
日本国実用新案公報	1922-1996年														
日本国公開実用新案公報	1971-2018年														
日本国実用新案登録公報	1996-2018年														
日本国登録実用新案公報	1994-2018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) IBEE Xplore															
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													
X	JP 2004-062158 A (松下電器産業株式会社)	1, 3, 5, 8													
Y	2004.02.26, 段落【0098】 - 【0111】, 図16-17, 20	4-8													
A	& US 2003/0223669 A1, 段落[0142]-[0153], 図16-17, 20 & EP 1369741 A1 & CN 1467539 A	2													
Y	JP 2003-156723 A (日本碍子株式会社)	4-8													
A	2003.05.30, 段落【0070】 - 【0094】, 図1-2, 7, 16 & US 2003/0044100 A1, 段落[0056]-[0119], 図1-2, 7, 16 & EP 1291706 A2	1-3													
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。															
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>の日の後に公表された文献</td> </tr> <tr> <td>「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>「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</td> </tr> <tr> <td>「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</td> <td>「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</td> </tr> <tr> <td>「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)</td> <td>「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</td> </tr> <tr> <td>「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td>「&」 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</td> <td></td> </tr> </table>				* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献	「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	「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	「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	「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	「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)	「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	「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献	「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	
* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献														
「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	「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														
「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	「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														
「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)	「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														
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献														
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願															
国際調査を完了した日 10.05.2018		国際調査報告の発送日 22.05.2018													
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) 山本 貴一	2 L 4086												
		電話番号 03-3581-1101 内線 3295													

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 8 / 0 1 1 4 6 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
Y	WO 2005/019913 A1 (日本碍子株式会社)	6-8
A	2005.03.03, 第12欄第10行-第20欄第11行, 第6,10図 & US 2007/0147722 A1, 段落[0073]-[0109], 図6,10 & EP 1657588 A1 & CN 1839336 A	1-5
Y	JP 09-211402 A (松下電器産業株式会社)	6-8
A	1997.08.15, 段落【0011】-【0024】, 図1 (ファミリーなし)	1-5
A	US 2015/0043866 A1 (SIFOTONICS TECHNOLOGIES CO., LTD.) 2015.02.12, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8

フロントページの続き

(81)指定国・地域 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。