

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5166450号
(P5166450)

(45) 発行日 平成25年3月21日(2013.3.21)

(24) 登録日 平成24年12月28日(2012.12.28)

(51) Int.Cl. F I
G O 2 F 1/035 (2006.01) G O 2 F 1/035

請求項の数 11 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2009-551461 (P2009-551461)	(73) 特許権者	00004064 日本碍子株式会社 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
(86) (22) 出願日	平成21年1月8日(2009.1.8)	(74) 代理人	100097490 弁理士 細田 益稔
(86) 国際出願番号	PCT/JP2009/050498	(74) 代理人	100097504 弁理士 青木 純雄
(87) 国際公開番号	W02009/096237	(72) 発明者	井出 晃啓 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内
(87) 国際公開日	平成21年8月6日(2009.8.6)	(72) 発明者	近藤 順悟 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内
審査請求日	平成23年11月24日(2011.11.24)		
(31) 優先権主張番号	特願2008-20098 (P2008-20098)		
(32) 優先日	平成20年1月31日(2008.1.31)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光導波路デバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板、この基板の主面に形成されている少なくとも一対の電極、および前記一対の電極間のギャップに形成されているチャンネル型光導波路を備えている光導波路デバイスであって、

前記光導波路が曲がり部分を備えており、前記ギャップの中心線が前記光導波路の中心線に対して前記曲がり部分の曲率中心から見て外側に設けられていることを特徴とする、光導波路デバイス。

【請求項2】

前記一対の電極が、前記光導波路を伝搬する光を変調するための信号電極および接地電極であることを特徴とする、請求項1記載の光導波路デバイス。

10

【請求項3】

前記光導波路がマッハツェンダー型の光導波路であることを特徴とする、請求項1または2記載の光導波路デバイス。

【請求項4】

前記光導波路の中心線と前記ギャップの中心線との間隔が0.1 μm以上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導波路デバイス。

【請求項5】

前記光導波路の中心線と前記ギャップの中心線との間隔が5 μm以下であることを特徴とする、請求項1～4のいずれか一つの請求項に記載の光導波路デバイス。

20

【請求項 6】

前記光導波路に前記曲がり部分が複数設けられており、隣接する前記曲がり部分の間において前記光導波路に変曲点が設けられていることを特徴とする、請求項 1 ~ 5 のいずれか一つの請求項に記載の光導波路デバイス。

【請求項 7】

前記電極が DC バイアス電極であることを特徴とする、請求項 1 ~ 6 のいずれか一つの請求項に記載の光導波路デバイス。

【請求項 8】

前記電極が位相調整部電極であることを特徴とする、請求項 1 ~ 6 のいずれか一つの請求項に記載の光導波路デバイス。

10

【請求項 9】

前記基板が X カットニオブ酸リチウム基板であることを特徴とする、請求項 1 - 8 のいずれか一つの請求項に記載の光導波路デバイス。

【請求項 10】

前記基板の厚さが $20 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする、請求項 1 ~ 9 のいずれか一つの請求項に記載の光導波路デバイス。

【請求項 11】

少なくとも前記曲がり部分において、前記基板上に前記電極がパツファ層を介することなしに直接形成されていることを特徴とする、請求項 1 ~ 10 のいずれか一つの請求項に記載の光導波路デバイス。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光変調器などの光導波路デバイスに関するものである。

【背景技術】

【0002】

特開 2004 - 219600 には、光変調器用電極において、変調電極の膜厚を小さくして電極伝搬損失を低減し、同時に速度整合を達成する構造が記載されている。ここで、光導波路基板としてはニオブ酸リチウム単結晶の X 板を使用し、光導波路を信号電極と接地電極との間のギャップに設けている。光導波路は、電圧を印加して変調する光変調領域内で、信号電極の近くに設けられている。

30

特開 2005 - 331531 では、信号電極と接地電極とについて、電圧印加領域とフィールドスルー部との間でギャップ幅を変化させることによって、電極の高周波通過特性 (S21) におけるリップル発生を防止することが開示されている。

また、特開 2007 - 133135 では、マツハツエンダー型光導波路の曲がり部分の曲率半径を 30mm 以下とすることによって、曲がり部分における放射損失を低減することが開示されている。

また、本出願人は特開 2002 - 169133 において光導波路を中心電極に近づけることで半波長電圧電極長積 $V L$ を低減する方法を開示した。

なお、本出願人は、WO 2007 / 058366 A1 において、特定構造の折り返し型光変調器を開示した。

40

更に、本出願人は、特開 2003 - 215519 において、光導波路基板を薄くすることで高周波変調動作に必要な速度整合を達成する手法を開示した。

【発明の開示】

【0003】

接地電極と信号電極との間の電極ギャップは、駆動電圧を下げるため、できるだけ狭くすることが好ましい。特に、本発明者は、マツハツエンダー型光導波路のうち、電圧を印加して伝搬光を変調する光変調部分だけでなく、光導波路の曲がり部分においてもその両側に電極を設けることを検討している。しかし、その過程で、電極ギャップを狭くすると、電極による光吸収損失が顕著となり、光の伝搬損失が著しく増加することを見いだした

50

。本出願人は、特開2003-215519において光導波路基板を薄くすることで高周波変調動作に必要な速度整合を達成する手法を開示した。このように光導波路基板を薄くすることで、速度整合、インピーダンス整合が図られ、高速変調動作が可能となる。しかし光導波路が形成される部分の基板肉厚が薄くなるために光導波路の伝搬モードのスポット形状が横方向（ギャップ方向）に広がる。このため、光導波路基板を薄片化すると光の伝搬損失はより顕著に増加してしまう。特に、基板の薄片化を用いれば SiO_2 パツファ層を形成することなく速度整合を達成可能である。 SiO_2 は変調光に対しては透明であるので、 SiO_2 パツファ層が形成されていない場合は、さらに電極による光吸収が顕著となる。

10

SiO_2 パツファ層を設けることで、光の伝搬損失を低下することは可能である。しかし、 SiO_2 パツファ層を用いると、動作点の変動するDCドリフト現象などを誘発する。特にDC電極に SiO_2 パツファ層を設けるのは、動作安定性の観点から難しい。

本発明の課題は、チャンネル型光導波路を備えている光導波路デバイスにおいて、光導波路の曲がり部分における電極による光吸収損失を低減することであり、これによって電極ギャップを小さくできるようにすることである。

本発明は、基板、基板の主面に形成されている少なくとも一対の電極、および一対の電極間のギャップに形成されているチャンネル型光導波路を備えている光導波路デバイスであって、

光導波路が曲がり部分を備えており、ギャップの中心線が光導波路の中心線に対して曲がり部分の曲率中心から見て外側に設けられていることを特徴とする。

20

図1および図2を参照しつつ、本発明の作用効果を説明する。

図1の平面図においては、一対の電極4A(4C)と4Bとの間にギャップ1が形成されている。このギャップ1内に、光導波路5A(5B)の曲がり部分15が設けられている。曲がり部分15の曲率中心はOであり、曲率半径はRである。8は曲がり部15の法線である。ギャップ1も曲がり部15と同様に湾曲している。

ここで、ギャップ1に面する各電極4A(4C)と4Bとの各縁面を10、9とする。本発明においては、光導波路5A(5B)の曲がり部分15の中心線WCに対して、ギャップ1の中心線Cが曲率中心Oから見て外側に設けられている。即ち、ギャップ中心線Cに対して光導波路を内側へとオフセットした位置に設けることにした。この結果、電極への光吸収損失による光伝搬損失が著しく低下することを見いだした。また、特にギャップ1の大きさGを小さくして電極損失を低減した場合にも、電極への光の吸収による光伝搬損失を低減できる。

30

この理由は以下のように考えることができる。

例えば特開2004-219600、特開2005-331531、特開2007-133135、WO2007/058366 A1記載のように、光変調器の電圧印加部分では、光導波路はほぼ真っ直ぐであるから、光導波路を伝搬する光の強度分布のピークは、光導波路のほぼ中央にある。従って、WO2007/058366 A1記載のように電圧印加領域で光導波路を信号電極に接近させると、信号電極への光の吸収を促進する可能性がある。

40

これに対して、例えば図2の平面図に模式的に示すように、光導波路の曲がり部分15を光が伝播する際、実効的な光強度分布は、曲がり部分15の内側エッジ15bではなく、外側エッジ15a側にシフトした位置にピークを持つ。即ち、伝搬光の光強度分布のピークは、光導波路の幾何学的中心線WCよりも外側にある。このため、曲がり部分の外側にある電極4A(4C)への光の吸収が促進され、光の伝搬損失が上昇したものと考えられる。

本発明者は、この発見に基づき、光導波路の幾何学的中心線WCに対して、電極ギャップの中心線Cを外側にオフセットさせることによって、電極4A(4C)および4Bへの伝搬光の吸収を最低限とし、これによって光の伝搬損失を低減することに成功した。この結果、電極ギャップ1の大きさGを小さくして電極損失を低減するのと同時に、光の電極

50

への吸収による損失も抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0004】

図1は、本発明の一実施形態を示す平面図である。

図2は、曲がり部分における光強度分布を説明するための模式図である。

図3は、複数の曲がり部分に対して本発明を適用した例を模式的に示す平面図である。

図4は、本発明を適用可能な光変調器の平面図である。

図5は、図4の光変調器の横断面図である。

図6は、本発明の他の実施形態に係る光変調器を示す平面図である。

図7は、図6の光変調器の曲がり部分の拡大図である。

図8は、本発明の更に他の実施形態に係る光変調器を示す平面図であり、DCバイアス電極に対して本発明が適用されている。

図9は、図8のDCバイアス電極のギャップの曲がり部分に本発明を適用した例を示す。

【発明を実施するための最良の形態】

【0005】

好適な実施形態においては、光導波路に曲がり部分が複数設けられており、隣接する曲がり部分の間において光導波路に変曲点が設けられている。この場合、各曲がり部分に本発明を適用することができる。

図3は、この実施形態に係る平面図である。本例では、一対の電極4A(4C)と4Bとの間にギャップ1A、1Bが形成されている。12は、ギャップ1Aと1Bとの境界である。ギャップ1A内に光導波路5A(5B)の曲がり部分15Aが設けられており、ギャップ1B内に光導波路の曲がり部分15Bが設けられている。

曲がり部分15Aの曲率中心はOAであり、曲率半径はRAである。曲がり部分15Bの曲率中心はOBであり、曲率半径はRBである。ギャップ1Aは曲がり部分15Aと同様に湾曲し、ギャップ1Bは曲がり部分15Bと同様に湾曲している。曲率中心OAとOBとは、ギャップに対して反対側に位置している。このため、曲がり部分15Aと15Bとの境界線に変曲点Pが存在する。

ここで、ギャップに面する各電極4A(4C)と4Bとの各縁面を10、9とする。曲がり部分15Aにおいて、光導波路5A(5B)の中心線WCに対して、ギャップ1Aの中心線CAが曲率中心OAから見て外側に設けられている。即ち、ギャップ中心線CAに対して光導波路を内側へとオフセットした位置に設ける。また、曲がり部分15Bにおいて、光導波路5A(5B)の中心線WCに対して、ギャップ1Bの中心線CBが曲率中心OBから見て外側に設けられている。即ち、ギャップ中心線CBに対して光導波路を内側へとオフセットした位置に設ける。

なお、図3の例では、ギャップ1Aと1Bとの境界線12に至るまで本発明を適用した。しかし、ギャップ1Aと1Bの間には、本発明を適用しない中間領域を設けることもできる。

電極ギャップ1、1A、1Bの中心線C、CA、CBとは、ギャップを挟んで対向する電極4A(4C)の縁面10と電極4Bの縁面9との中間点を結ぶことによって得られる線分である。

光導波路の中心線とは、光導波路の屈折率最大点を平面的に結ぶことによって得られる線分である。具体的には次のようにして定める。

(1) 光導波路が拡散型光導波路である場合には、光導波路の形成に用いた金属膜の中心線である。

(2) 光導波路がリッジ型光導波路である場合には、リッジの上面の中心線である。

ギャップの中心線C、CA、CBと光導波路の中心線WCとの間隔dは、伝搬光の電極への吸収による損失を低減するという観点からは、 $0.1\mu\text{m}$ 以上とすることが好ましく、 $0.5\mu\text{m}$ 以上とすることが更に好ましい。これによって、光分布のシフト量に対してオフセット量を充分大きくでき、本発明の効果が更に顕著となるからである。

10

20

30

40

50

また、 d が大きくなりすぎると、ギャップ幅 G 、 G_A 、 G_B が光導波路幅に比べて増大することを意味するので、電極損失が増大する。あるいは、ギャップ幅が同じであると考えると、光導波路の中心線 WC が内側の電極に近寄りすぎること意味するので、電極への光の吸収による損失が増大する。従って、本発明の観点から、 d は $5\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $3\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが更に好ましい。

電極ギャップの大きさ G 、 G_A 、 G_B は、それぞれ、駆動電圧を低くするという観点から、 $40\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが更に好ましい。また、 G 、 G_A 、 G_B が小さすぎると、電極への光の吸収による光の伝搬損失が大きくなるので、この観点からは、 G 、 G_A 、 G_B は、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、 $8\text{ }\mu\text{m}$ 以上であることが更に好ましい。

10

本発明の光導波路デバイスは、光強度変調器、あるいは光位相変調器が最も好ましいが、他の光導波路デバイス、例えば高調波発生素子、光スイッチ、オプティカルシグナルプロセッサ、センサーデバイスなどに適用できる。

本発明は、いわゆるコプレーナ型(Coplanar waveguide: CPW電極)の電極配置に適用できる。コプレーナ型では、一对の接地電極の間に一列の信号電極がはさまれている。

また、本発明は、独立変調型の進行波形光変調器にも適用できる。更に、光変調器は強度変調器でも位相変調器でもよい。複数の位相変調部を用いた場合の位相変調方式は特に限定されず、DQPSK(Differential Quadrature Phase Shift Keying)、SSB(Single Side Band Amplitude modulation)、DPSK「Differential Phase Shift Keying: 差動位相偏移変調」など、種々の位相変調方式を採用できる。各変調方式それ自体は公知である。

20

図4は、本発明の一実施形態に係る光変調器を模式的に示す平面図である。

本例では、光導波路は、入射部11、分岐部および出射部12を備えており、平面的に見るとマハツェンダー型の光導波路を構成している。即ち、光導波路の入射部11に入射した光は、分岐部で二つに分岐し、各湾曲領域Fを経由して各変調領域Eに入射する。そして、それぞれ湾曲領域Fを経て合波し、出射部12から出射される。変調領域Eにおいて各分岐光導波路5A、5Bに対して略水平方向に信号電圧を印加するようになっている。本発明は、各湾曲領域Fにおいて、各ギャップ1A、1Bに適用する。

30

好ましくは、図5に示すように、光導波路基板3の下面と保持基板31との間に、厚さが略一定の接着層30が介在し、基板3と保持基板31とを接着している。

図6は、WO2007/058366 A1記載の折り返し型光変調器の折り返し部に本発明を適用した場合の例である。折り返し部における光導波路曲率部の拡大図を図7に示す。

図6の光導波路デバイスは基板本体3を備えている。基板本体3は、図5に示すように、支持基板31に接着層30を介して接着されていてもよい。本例では、基板本体3は平板形状をしているが、この形状は平板に限定されない。

基板本体3の一方の主面3a上には、所定の接地電極7、19および信号電極8が形成されている。本例では、いわゆるコプレーナ型(Coplanar waveguide: CPW電極)の電極配置を採用しているが、電極の配置形態は特に限定されない。本例では、隣接する信号電極と接地電極とのギャップに、それぞれ光導波路が形成されており、各光導波路に対して略水平方向に信号電圧を印加するようになっている。

40

光導波路13の端部13aから入射した光は、分岐点13bで分岐し、分岐導波路13c、13dに分かれ、電極7、8、19による変調を受ける。次いで、分岐導波路13c、13dを伝搬した光は、それぞれ曲がり部分15を通り、各折り返し点28で反射する。そして、それぞれ第二の折り返し部を伝搬し、曲がり部分15を通り、各分岐導波路13e、13fを伝搬する。そして、合波点13gで合波し、出射部13hに入る。

内側の接地電極19は、図示しないフィードスルーに接続される給電部19aと、分岐光導波路の相互作用部と平行に伸びる一列の電極部19bとを備えている。外側の接地電

50

極 7 は、光導波路をまたぐ接続部 7 c、接続部 7 c から両側に伸びる電極部 7 b、7 d および各電極部 7 b、7 d から相互作用部と平行に伸びる電極部 7 a、7 e を備えている。信号電極 8 は、一对の給電部 8 a、8 g、各給電部 8 a、8 g から各主部と平行に伸びる電極部 8 b、8 f、各電極部 8 b、8 f から伸びる各電極部 8 c、8 e、および電極部 8 c と 8 e とを接続する接続部 8 d を備えている。

図 7 に光導波路の曲がり部分の拡大図を示す。

接地電極 7 と信号電極 8 との間、接地電極 19 と信号電極 8 との間には、それぞれギャップ 1 が設けられており、各ギャップに分岐光導波路が設けられている。各光導波路の曲がり部分 15 に対して本発明を適用する。

ここで、各ギャップ 1 に面する各電極の各縁面を 9、10 とする。曲がり部分以外では、各光導波路の中心線 WC とギャップの中心線 C とは一致している。しかし、曲がり部分では、光導波路の中心線 WC に対して、ギャップ 1 の中心線 C が光導波路の曲率中心 O から見て外側に設けられている。即ち、ギャップ中心線 C に対して光導波路を内側へとオフセットした位置に設けることにした。この結果、電極への光吸収損失による光伝搬損失が著しく低下することを見いだした。また、特にギャップ 1 の大きさ G を小さくして電極損失を低減した場合にも、電極への光の吸収による光伝搬損失を低減できる。

なお、本例では、オフセット構造とするために、湾曲部 7 f、8 h、19 c を設けている。

本発明は、高周波電極以外にも、DC (直流) バイアス電極、位相調整電極などの各種電極に対して適用可能である。

図 8 は、非対称 CPW 電極を用いたデュアル駆動型光変調器の DC バイアス電極に本発明を適用した例である。

本例では、基板上に、接地電極 20 B、20 C および中央接地電極 20 A が形成されている。接地電極 20 B と 20 A との間に高周波信号電極 21 A が形成されており、接地電極 20 C と 20 A との間に高周波信号電極 21 B が形成されている。

また、本例では、DC バイアス電極が設けられている。すなわち、DC バイアス用の接地電極 22、24 および信号電極 23 が設けられている。接地電極 22 と信号電極 23 との間にギャップ 26 が形成されており、接地電極 24 と信号電極 23 との間にもギャップ 26 が形成されている。

光導波路 25 は、入射部 25 a、分岐部 25 b、DC バイアス印加部 25 c、25 d、相互作用部 25 e、25 f、合波部 25 g、出射部 25 h を備えている。DC バイアス印加部 25 c、25 d は、それぞれ、DC バイアス電極のギャップ 26 に設けられている。相互作用部 25 e、25 f は、それぞれ、高周波電極のギャップ 1 に設けられている。

光導波路 25 c、25 d の各曲がり部分に対して本発明を適用する。すなわち、図 9 に示すように、光導波路の曲がり部分 15 の曲率中心は O であり、曲率半径は R である。ギャップ 26 は曲がり部分 15 と同様に湾曲している。曲率中心 O は、ギャップの曲がり部分の内側に位置する。

ここで、ギャップに面する各電極 22、23 の各縁面を 10、9 とする。曲がり部分 15 において、光導波路の中心線 WC に対して、ギャップの中心線 C が曲率中心 O から見て外側に設けられている。即ち、ギャップ中心線 C に対して光導波路を内側へとオフセットした位置に設ける。

光導波路は、基板の一方の主面に直接形成されたリッジ型の光導波路であってよく、基板の一方の主面の上に他の層を介して形成されたリッジ型の光導波路であってよく、また基板の内部に内拡散法やイオン交換法によって形成された光導波路、例えばチタンや亜鉛拡散光導波路、プロトン交換光導波路であってよい。具体的には、光導波路が、基板表面から突出するリッジ型光導波路であってよい。リッジ型の光導波路は、レーザー加工、機械加工によって形成可能である。あるいは、高屈折率膜を基板上に形成し、この高屈折率膜を機械加工やレーザーアブレーション加工することによって、リッジ型の三次元光導波路を形成できる。高屈折率膜は、例えば化学的気相成長法、物理的気相成長法、有機金属化学的気相成長法、スパッタリング法、液相エピタキシャル法によって形成できる。

10

20

30

40

50

上記の例では、電極は基板の表面に設けられているが、基板の表面に直接形成されていくとよく、バッファ層の上に形成されていくとよい。バッファ層は、酸化シリコン、弗化マグネシウム、窒化珪素、及びアルミナなどの公知の材料を使用することができる。ここで言う低誘電率層とは、基板本体を構成する材質の誘電率よりも低い誘電率を有する材料からなる層を言う。

好適な実施形態においては、少なくとも曲がり部分において、前記基板上に前記電極がバッファ層を介することなしに直接形成されている。

すなわち、基板厚さを20 μm以下とすると、SiO₂ バッファ層を形成することなく、速度整合を達成可能である。特に、DC電極にSiO₂ バッファ層を設けるのは、動作安定性の観点から難しい。しかし、SiO₂ バッファ層が形成されていない場合は、さら

10

に電極による光吸収が顕著となる。この点、本発明では、曲がり部分における電極による光吸収を低減できるので、特に効果が大きい。

接着層30の厚さは1000 μm以下であることが好ましく、300 μm以下であることが更に好ましく、100 μm以下であることが最も好ましい。また、接着層30の厚さの下限は特にないが、マイクロ波実効屈折率の低減という観点からは、10 μm以上であってもよい。

光導波路基板3、保持基体31を構成する材料は、強誘電性の電気光学材料、好ましくは単結晶からなる。こうした結晶は、光の変調が可能であれば特に限定されないが、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

20

オブ酸カリウムリチウム、KTP、及び水晶などを例示することができる。保持基体31の材質は、上記した強誘電性の電気光学材料に加えて、更に石英ガラス等のガラスであってもよい。

接着剤30の具体例は、前記の条件を満足する限り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 $13 \times 10^{-6} / K$ ）を例示できる。

【実施例】

【0006】

（実験1）

30

図1に示すような曲がり光導波路15を使用した。光導波路はチタン拡散光導波路とし、チタン線幅は6 μmとした。曲がり光導波路の曲率半径Rは30 mmとした。電極ギャップ1の幅Gを13 μmとした。各電極4A、4Bの材質はAuとし、基板の材質はニオブ酸リチウム単結晶とする。

光導波路の中心線WCをギャップ中心線Cに合うように設けた。オフセット量dは0である。この結果、出力1 mWの光を光導波路に入射させたところ、単位長さ当たりの伝搬損失は0.5 dB/cmであった。

これに対して、オフセット量dを3 μmとした。この結果、単位長さ当たりの伝搬損失は0.1 dB/cmに低下した。

（実験2）

40

本発明の効果を更に検証すべく試作評価を実施した。図4、図5に示した形態の光変調器を作製した。光導波路基板3の材質はニオブ酸リチウム単結晶とし、3インチ基板とし、厚さは1 mmとした。

この基板の表面に、チタン拡散プロセスとフォトリソグラフィ法とによって、マッハツェンダー型の光導波路を形成した。光導波路の平面的形態は図4に示す。チタン線幅は、入射部11、出射部12では3.6 μmとし、曲がり領域Fおよび光変調領域Eでは8 μmとした。曲がり領域Fにおける光導波路の形態は図3に示す。このチタンパターンを1031にて熱拡散させ、光導波路とした。

次に、接地電極4A、4Cおよび信号電極4Bをめっき加工により形成した。電極のギャップは、光変調領域E内で25 μmとした。各曲がり部分15A、15Bの曲率半径R

50

A、RBはそれぞれ20mmとした。

次に、ニオブ酸リチウム基板の薄板加工を実施した。まずニオブ酸リチウム基板のチタンパターン面にワックスを塗布して、ニオブ酸リチウムからなるダミー基板(厚さ1mm)に貼り付けた。この状態にて、チタンパターン付きの基板の裏面を研磨加工にて削り込み、厚さ7 μ mになるまで薄板加工を実施した。さらに、この加工後のチタンパターン付き基板裏面に厚さ約50 μ mのシート樹脂30を介して補強用ニオブ酸リチウム基板31を貼り付け、次いで当初のダミー基板を取り外した。最後にチップ切断及び端面研磨加工を実施し、チップとした。

このチップに光ファイバを接続して光損失評価を実施した。チップの入力側には偏波保持ファイバ、出力側にはシングルモードファイバを接着剤を介して接続した。電極には電圧印加できる様プローピングした。

10

比較例では、各曲がり領域Fにおけるギャップ1A、1Bの幅GA、GBを、それぞれ13 μ mとした。また、光導波路の中心線WCをほぼギャップ中心線Cに合うように設けた。オフセット量dは0である。出力1mWの光を光導波路に入射させたところ、単位長さ当たりの伝搬損失は0.5dB/cmであった。

実施例1では、各曲がり領域Fにおけるギャップ1A、1Bの大きさGA、GBを、それぞれ13 μ mとした。また、オフセット量dは3 μ mとした。出力1mWの光を光導波路に入射させたところ、単位長さ当たりの伝搬損失は0.1dB/cmであった。

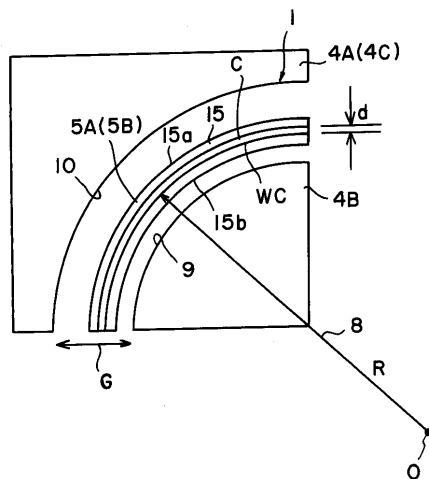
実施例2では、各曲がり領域Fにおけるギャップ1A、1Bの大きさGA、GBを、それぞれ13 μ mとした。また、オフセット量dは3 μ mとした。出力1mWの光を光導波路に入射させたところ、単位長さ当たりの伝搬損失は0.1dB/cmであった。

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。

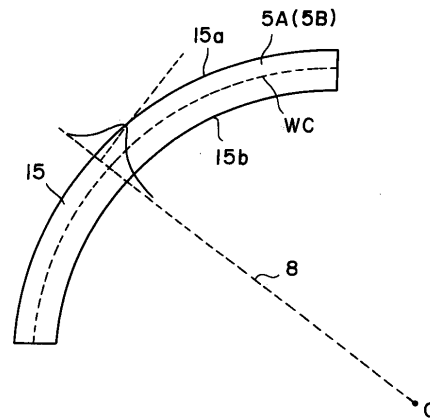
【図1】

第1図



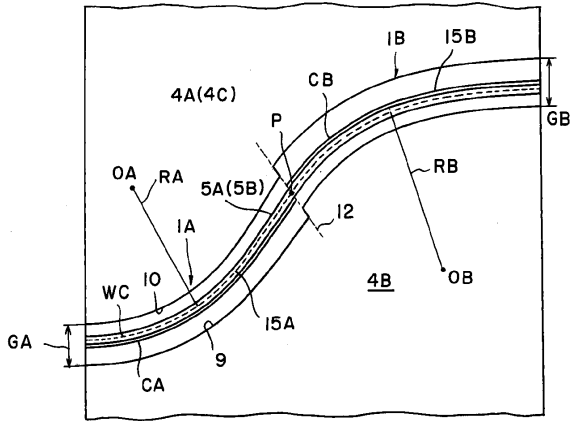
【図2】

第2図



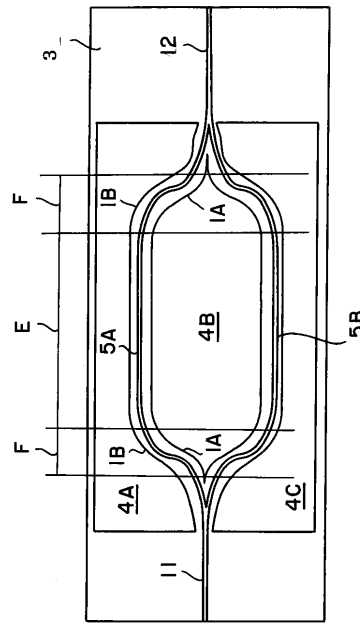
【 図 3 】

第 3 図



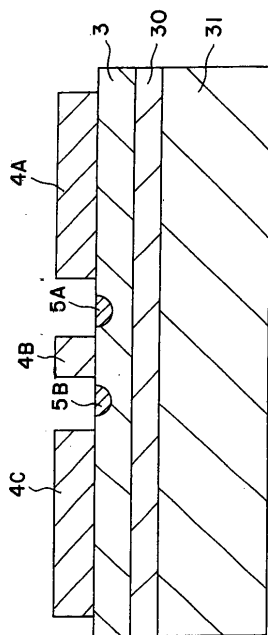
【 図 4 】

第 4 図



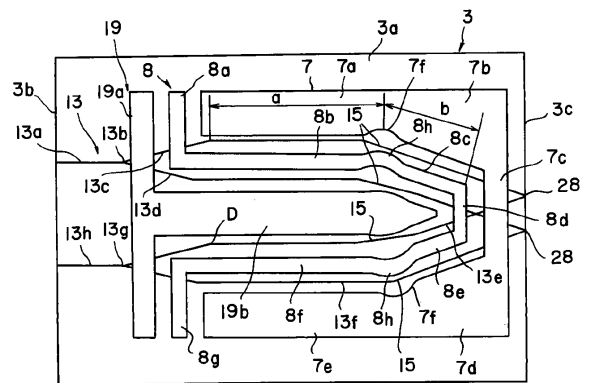
【 図 5 】

第 5 図



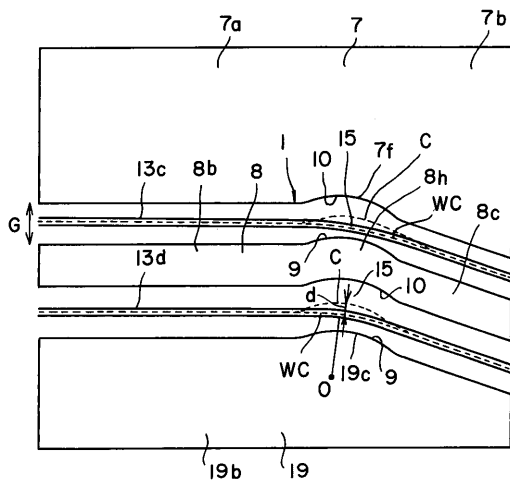
【 図 6 】

第 6 図



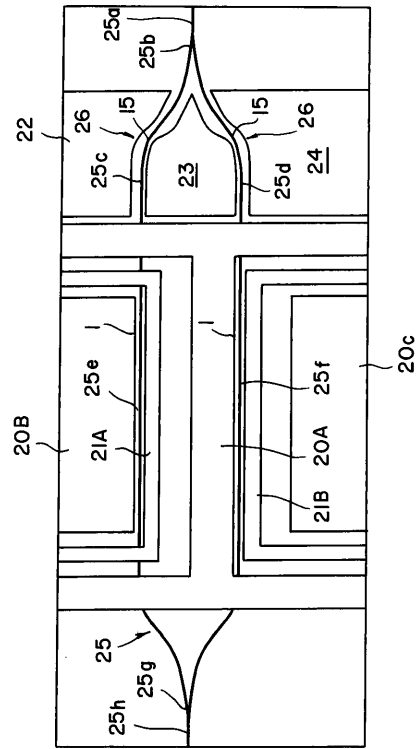
【 図 7 】

第 7 図



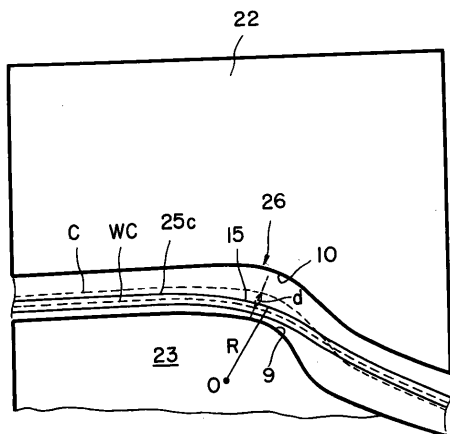
【 図 8 】

第 8 図



【 図 9 】

第 9 図



フロントページの続き

- (72)発明者 三富 修
愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内
- (72)発明者 岩崎 康範
愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内
- (72)発明者 青木 謙治
愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内

審査官 大森 伸一

- (56)参考文献 特開2007-133135(JP,A)
特開2004-287093(JP,A)
特開昭61-210321(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02F 1/035