

(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2008-165014

(P2008-165014A)

(43) 公開日 平成20年7月17日(2008.7.17)

(51) Int.Cl.

G02F 1/01 (2006.01)
G02B 6/12 (2006.01)
G02B 6/13 (2006.01)

F 1

GO2F 1/01
 GO2B 6/12
 GO2B 6/12

C
 H
 M

テーマコード(参考)

2H079
 2H147

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号

特願2006-355488 (P2006-355488)

(22) 出願日

平成18年12月28日 (2006.12.28)

(71) 出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区外神田四丁目14番1号

(74) 代理人 100068021

弁理士 絹谷 信雄

(72) 発明者 田中 康太郎

東京都千代田区外神田四丁目14番1号

日立電線株式会社内

F ターム(参考) 2H079 AA06 CA04 DA05 DA23 EA05
 EB27 HA12 HA15
 2H147 AB02 AB31 AC05 BE01 CD01
 CD02 DA12 DA15 EA14A EA14B
 EA14C EA34B EA35A EA36B EA37A
 FA03 FA09 FC02 FC05 FC08
 GA05

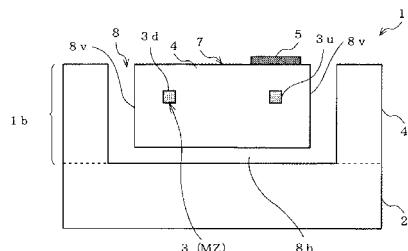
(54) 【発明の名称】石英系光導波路及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】光出力制御を高速応答、かつ低消費電力で行うことができる石英系光導波路を提供する。

【解決手段】基板2上に、2本のアーム部3u、3dを有するマッハツエンダー型光干渉回路MZを形成した石英系光導波路1において、2本のアーム部3u、3dを有する共通導波路部7と、一方のアーム部3u上方に設けられる薄膜ヒータ5と、共通導波路部7を基板2から隔離して熱的に分離する隔離部8とを備えたものである。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基板上に、2本のアーム部を有するマッハツエンダー型光干渉回路を形成した石英系光導波路において、上記2本のアーム部を有する共通導波路部と、一方のアーム部上方に設けられる薄膜ヒータと、上記共通導波路部を上記基板から隔離して熱的に分離する隔離部とを備えたことを特徴とする石英系光導波路。

【請求項 2】

上記隔離部は、上記共通導波路部の両側にそれぞれ設けられる2つの垂直溝と、これら垂直溝同士を連結し、上記共通導波路部の下部を横断するように設けられる平行溝とからなる請求項1記載の石英系光導波路。

10

【請求項 3】

基板上に、2本のアーム部を有するマッハツエンダー型光干渉回路を形成した石英系光導波路の製造方法において、

上記基板上に、上記2本のアーム部を有する共通導波路部を上記基板から隔離して熱的に分離する隔離部を形成するためのダミー層を形成し、

そのダミー層上に上記マッハツエンダー型光干渉回路を形成し、

そのマッハツエンダー型光干渉回路を覆うように上記隔離部を形成するためのメタル層を形成し、

そのメタル層をマスクにしてドライエッチングした後、上記ダミー層の全部をウェットエッチングして上記共通導波路部と上記隔離部を同時に形成することを特徴とする石英系光導波路の製造方法。

20

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、光通信分野で広く用いられる石英系光導波路及びその製造方法に係り、特に、導波路型可変光減衰器に関する。

【背景技術】**【0002】**

一般に光通信分野において、様々な光導波路が用いられているが、特に光を減衰するための石英系光導波路として、導波路型可変光減衰器（導波路型光アテネータ）が用いられている。

30

【0003】

光アテネータは、例えば、WDM（波長分割多重）フィルタによって波長ごとに分けられた信号を、それぞれ独立に強度調整するもので、熱光学効果型、機械型、磁気光学型などさまざまな方式がある。特に、熱光学効果型光アテネータは、可動部分がないため高い信頼性を期待できる。

【0004】

一例として、図7および図8に一般的な導波路型可変光減衰器71を示す。図7および図8に示すように、導波路型可変光減衰器71は、入力側Y分岐導波路72aと、出力側Y分岐導波路72bと、それらを連結する2本のアーム導波路72u, 72dとを用いて構成したマッハツエンダー型光干渉計（マッハツエンダー型光干渉回路）MZを備える。

40

【0005】

マッハツエンダー型光干渉回路MZは、周囲よりも屈折率が高く設定されたコア72からなり、そのコア72の周囲を覆うクラッド73とで光導波路本体を構成する。さらに導波路型可変光減衰器71は、片側のアーム導波路72u上に位相シフタとなる薄膜ヒータ74と、その薄膜ヒータ74に給電するための電極75, 75とが形成される。

【0006】

導波路型可変光減衰器71では、薄膜ヒータ74に電流を流すことで片側のアーム導波路72uを加熱し、アーム導波路72uの屈折率を変化させる。これにより、両アーム導波路72u, 72d間に光路長差がつき、出力側Y分岐導波路72bにおいて光干渉によ

50

り光出力の減衰を得ている。

【0007】

このような導波路型可変光減衰器では、所望の光減衰量を得るために光導波路の設計段階において、マッハツエンダー型光干渉回路の両アーム導波路の光路長差が目的の値になるように設計している。

【0008】

また、従来の石英系光導波路としては、アーム光導波路を熱的に分離する構成を有する石英系光導波路として、2本のアーム光導波路両側の一部に溝を形成し、一方のアーム光導波路上の溝が形成されている側と、他方のアーム光導波路上の溝が形成されていない側とに、薄膜ヒータが設けられているものがある（特許文献3参照）。

10

【0009】

石英基板上にアーム光導波路を形成し、シリコン基板上に他の導波路を形成することで、アーム光導波路を断熱させるものもある（特許文献4参照）。

【0010】

【特許文献1】特開2000-206476号公報

【特許文献2】特開2000-56278号公報

【特許文献3】特開2001-222034号公報

【特許文献4】特開平9-211240号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0011】

従来の導波路型可変光減衰器71のような薄膜ヒータ74を利用する熱光学式位相シフタの場合、薄膜ヒータ74に電流を流すことで薄膜ヒータ74が発熱し、それによりアーム導波路72uを加熱する構造であるので、薄膜ヒータ74への給電から光減衰するまでの一定の時間（数十 msec程度）を要する。

【0012】

しかしながら、導波路型可変光減衰器を光通信用デバイスとして使用する場合、応答速度は5 msec以下のような高速応答が要求される。また、ヒータ加熱に必要な電力の低減（100 mW以下程度）も要求される。

【0013】

一方、マッハツエンダー型光干渉回路を利用した高速光出力変調器では非線形光学結晶を用いたものなどがあるが、DCドリフトの制御、使用温度制御、挿入損失が高いなどの面で問題があり、実用的に使用可能ではない。

30

【0014】

また、特許文献1の石英系光導波路のように、マッハツエンダー型光干渉回路を構成するアーム導波路の一方を熱的に分離することによって高効率化を図った例がある。しかしこの例では、消費電力に対して低減効果が見られるが、応答速度が遅くなるため、実用的でない。

【0015】

特許文献2では、特許文献1の構成に加え、2本のアーム導波路同士を熱的に分離することによって高効率化を図っているが、同様の問題がある。

40

【0016】

そこで、本発明の目的は、光出力制御を高速応答、かつ低消費電力で行うことができる石英系光導波路及びその製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明は上記目的を達成するために創案されたものであり、請求項1の発明は、基板上に、2本のアーム部を有するマッハツエンダー型光干渉回路を形成した石英系光導波路において、上記2本のアーム部を有する共通導波路部と、一方のアーム部上方に設けられる薄膜ヒータと、上記共通導波路部を上記基板から隔離して熱的に分離する隔離部とを備え

50

た石英系光導波路である。

【0018】

請求項2の発明は、上記隔離部は、上記共通導波路部の両側にそれぞれ設けられる2つの垂直溝と、これら垂直溝同士を連結し、上記共通導波路部の下部を横断するように設けられる平行溝とからなる請求項1記載の石英系光導波路である。

【0019】

請求項3の発明は、基板上に、2本のアーム部を有するマッハツエンダー型光干渉回路を形成した石英系光導波路の製造方法において、

上記基板上に、上記2本のアーム部を有する共通導波路部を上記基板から隔離して熱的に分離する隔離部を形成するためのダミー層を形成し、

そのダミー層上に上記マッハツエンダー型光干渉回路を形成し、

そのマッハツエンダー型光干渉回路を覆うように上記隔離部を形成するためのメタル層を形成し、

そのメタル層をマスクにしてドライエッチングした後、上記ダミー層の全部をウェットエッチングして上記共通導波路部と上記隔離部を同時に形成することを特徴とする石英系光導波路の製造方法である。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、光出力制御を高速応答、かつ低消費電力で行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

まず、本発明者が本発明を完成するに至った背景を説明する。

【0022】

石英系光導波路の一例として、マッハツエンダー型光干渉回路を用いた熱光学効果型光アテネータの場合、応答速度は電圧を印加したときの両アーム導波路の温度差で決定される。

【0023】

応答速度を速くするためには薄膜ヒータを用いて加熱する片側のアーム導波路の温度が、反対側のアーム導波路の温度に対して早く上昇するようにならなければよい。このような導波路型可変光減衰器の熱応答を、図6に示すような熱的等価回路60を用いて説明する。

【0024】

マッハツエンダー型光干渉回路のアーム導波路の温度差は、等価回路60において電位差V12と置き換えることができる。薄膜ヒータは電力に応じて特定の熱量を片側のアーム導波路(図6では上側)に供給するため、特定熱量を電流Iとした電流源61と置き換えることができる。つまり、導波路型可変光減衰器の消費電力は等価回路60における電流Iに比例する。

【0025】

片側のアーム導波路は、薄膜ヒータからの熱量を自身の熱容量分だけ吸収し、吸収されない熱量を反対側のアーム導波路(図6では下側)を含む周辺領域に熱伝導率に応じて放出する。ここで、片側のアーム導波路から反対側のアーム導波路の体積が有する熱容量を静電容量Cのコンデンサ62と置き換え、片側のアーム導波路に吸収されない熱量が、コアを含む周辺領域に放出する際の熱伝導率に応じた熱抵抗を抵抗値Rの抵抗63と置き換えることができる。

【0026】

導波路型可変光減衰器の応答速度については、光の減衰出力が片側のアーム導波路と反対側のアーム導波路の温度差によって決まることから、前記の等価回路60において、反対側のアーム導波路を電位0としたときの片側のアーム導波路の電位V12の過渡応答特性によって置き換えることができる。

【0027】

過渡応答の理論より、V12の応答を求める式で表される

10

20

30

40

50

$$V_{12}(t) = IR(1 - e^{-\tau_p(-t/\tau)}) \quad (1)$$

ただし、 $\tau_p = RC$

ここで τ は時定数であり、 V_{12} が最終値の 63.2 % の値になるまでの時間に等しい。つまり、 τ は光可変減衰器の応答速度として仮定できる。

【0028】

また、十分時間が経過した後の V_{12} は式 (1) の $t = \infty$ で得られ、 $V_{12} = IR$ である。ここで、 I は光可変減衰器の薄膜ヒータが消費する電力に比例するため、光可変減衰器の消費電力として仮定できる。

【0029】

得られた応答速度 τ と消費電力 $I = V_{12}/R$ の式より、 R を消去すると次の式が得られる。

【0030】

$$I = V_{12} \cdot C \quad (2)$$

ここで V_{12} は所望の位相差を得るために温度差なので、欲する位相差条件において一定である。これより、光可変減衰器の応答速度と消費電力は反比例の関係にあり、応答速度と消費電力の積は熱容量の大きさに相当する。

【0031】

つまり、マッハツエンダー型光干渉回路を用いた導波路型可変光減衰器において、低消費電力および高速応答を実現するには、光可変減衰器自体の熱容量を低減する必要がある。

【0032】

前記した特許文献 1, 2 では、両側のコア部分を熱的に遮断する、つまり R を大きくすることで、消費電力 I を低減した例であるが、 R が大きくなつたために、応答速度 τ が大きくなってしまい、薄膜ヒータが加熱してから光減衰するまでの応答時間が長くなってしまう。

【0033】

そこで、本発明者は以上の点を考慮しながら鋭意研究した結果、本発明を完成するに至った。

【0034】

以下、本発明の好適な実施形態を添付図面にしたがって説明する。

【0035】

図 1 は、本発明の好適な実施形態を示す石英系光導波路の横断面図（図 2 の 1A-1A 線断面図）、図 2 はその平面図、図 3 はその主要部の斜視図である。

【0036】

図 1 ~ 図 3 に示すように、本実施形態に係る石英系光導波路（石英系導波路素子）1 は、入力光の強度を調整して入力光よりも減衰した出力光を出力する導波路型可変光減衰器として使用される。この石英系光導波路 1 は、石英基板 2 上に導波路本体 1b を形成し、その導波路本体 1b にマッハツエンダー型光干渉回路 MZ を形成して主に構成される。

【0037】

マッハツエンダー型光干渉回路 MZ は、入力側 Y 分岐導波路（Y 分波部）3a と、出力側 Y 分岐導波路（Y 合波部）3b と、これらをそれぞれ連結する光路長付与部となる 2 本のアーム導波路（アーム部）3u, 3d と、入力側 Y 分岐導波路 3a に接続される入力導波路（入力部）3i と、出力側 Y 分岐導波路 3b に接続される出力導波路（出力部）3o とからなる 1 段の対称マッハツエンダー型光干渉回路である。

【0038】

マッハツエンダー型光干渉回路 MZ は、周囲よりも屈折率が高く設定されたコア 3 である。コア 3 と、コア 3 の周囲を覆うクラッド 4 とで光導波路本体 1b を構成する。コア 3 は、石英系の材料、例えば、TiO₂ あるいは Ge が添加された SiO₂ からなる。クラッド 4 は、石英系の材料、例えば、純粋 SiO₂ あるいは B 及び P が添加された SiO₂ からなる。

【0039】

さらに石英系光導波路1には、片側のアーム導波路3uの上部となる導波路表面に、位相シフタとなる発熱体としての薄膜ヒータ5と、その薄膜ヒータ5の両端に、接続される薄膜ヒータ5に給電するための電極6, 6とがそれぞれ形成される。

【0040】

薄膜ヒータ5としては、Al、Cu、Ta、Au、W、Ti、Cr、Niなどの金属からなる抵抗薄膜を用いる。特に、石英との線膨張係数差が比較的小さい窒化アルミニウムを材料としているといい。各電極6は、薄膜ヒータ5に給電しやすくし、かつ抵抗を小さくするため、ヒータ側よりも給電側の幅が太くなるように形成するとよい。各電極6には、Cu、Ag、Au、Alなどの金属膜を用いる。薄膜ヒータ5や各電極6は、スパッタ法や蒸着法により形成する。

10

【0041】

さて、石英系光導波路1は、導波路本体1bの中央部に設けられて2本のアーム導波路3u, 3dがクラッド4と共に内部に一体形成された共通導波路部7と、その共通導波路部7を石英基板2から上方に隔離して熱的に分離する隔離部(空隙部)8とを備える。

【0042】

より詳細には、共通導波路部7は、その両側方向に位置するクラッド(図1中の点線より上側の部分)4からも、それぞれ側方に隔離されて熱的に分離される。つまり、共通導波路部7は、クラッド4中でブリッジ構造となっている。

20

【0043】

隔離部8は、共通導波路部7の両側にその高さ(厚さ)方向に沿ってそれぞれ設けられる2つの垂直溝(垂直断熱溝)8v, 8vと、これら垂直溝8v, 8v同士を連結し、共通導波路部7の下部を(図1では左右方向)に横断するように設けられる平行溝(平行断熱溝)8hとからなる。すなわち、隔離部8は、垂直溝8v, 8vと平行溝8hとで、横断面が上方開口した略コ字状に形成される。

【0044】

各垂直部8vと平行溝8hの長さ(図1では紙面に垂直方向)は、薄膜ヒータ5の長さよりも長くし、かつ2本のアーム導波路3u, 3dの長さよりも短く形成するとよい。これは、薄膜ヒータ5からの熱をアーム導波路3uに確実に伝えつつ、最小限のサイズで隔離部8を形成するためである。さらに、各垂直部8vと平行溝8hの機械的強度を十分に保つためでもある。各垂直部8vと平行溝8hの長さが2本のアーム導波路3u, 3dの長さ以上になると、機械的強度が不十分になる。

30

【0045】

隔離部8の各垂直部8vの幅、平行溝8hの高さは、コア3やクラッド4の材質、アーム導波路3u, 3dの間隔、クラッド4表面からアーム導波路3u, 3dまでの距離、薄膜ヒータ5の定格や材料などによって決定する。

【0046】

次に、石英系導波路1の製造方法を図4および図5を用いて説明する。

【0047】

まず、図4(a)に示す石英基板2上に、スパッタ法を用いて、上述した共通導波路部7を石英基板2から隔離して熱的に分離する隔離部8を形成するためのダミー膜(ダミー層、あるいは犠牲層)41を図4(b)のように成膜する。ダミー膜41としては、石英基板2と相性がよく、作製や除去が簡単なアモルファスSi(a-Si)薄膜を用いるとよい。ダミー膜41の厚さは数μmにするとよい。図4(c)のように、フォトリソグラフィーと反応性イオンエッティングを用いて、ダミー膜41からダミーパターン41pを形成する。

40

【0048】

図4(d)のように、CVD法を用いて、石英基板2とダミーパターン41pを覆うように、導波路のアンダークラッド部分となるSiO₂膜42を成膜する。SiO₂膜42の厚さは20μmにした。このとき、ダミーパターン41pの形状に応じてSiO₂膜4

50

2表面に凹凸が発生したので、C M P（化学的機械的研磨）などの平坦化処理技術を用いて膜表面の平坦化を行った。

【0049】

図4(e)のように、 SiO_2 膜42上に、CVD法を用いて、導波路のコア部分となるコアガラス膜43を成膜する。コアガラス膜43としては、 GeO_2 、 TiO_3 などの添加剤を用いて屈折率を SiO_2 膜42よりも高くなるように調整した SiO_2 膜を用いた。コアガラス膜43の厚さは6μmにした。

【0050】

図4(f)のように、フォトリソグラフィーと反応性イオンエッチングを用いて、コアガラス膜43から光回路パターン43pを形成することで、ダミーパターン41pの上方となる SiO_2 膜42上に上述したマッハツェンダー型光干渉回路MZを形成する。
10

【0051】

図4(g)のように、CVD法を用いて、 SiO_2 膜42と光回路パターン43pを覆うように、導波路のオーバークラッド部分となる SiO_2 膜44を成膜する。 SiO_2 膜44の厚さは20μmにした。

【0052】

続いて図5(a)のように、スパッタ法を用いて、上述した薄膜ヒータ5となるヒータ薄膜51を成膜する。このとき、薄膜ヒータ5の抵抗値が所望の抵抗値となるように、ヒータ薄膜51から得られる所望の薄膜ヒータパターンの幅に合わせて、ヒータ薄膜51の厚さを0.1~1μmの範囲で調整した。
20

【0053】

図5(b)のように、フォトリソグラフィーと反応性イオンエッチングを用いて、ヒータ薄膜51から薄膜ヒータパターン51pを形成して上述した薄膜ヒータ5とする。その後、フォトリソグラフィーと蒸着法を用いたリフトオフ法を用いて、薄膜ヒータ5に給電するための電極膜を形成し、電極膜のパターニングを行って電極パターン52pを形成して上述した電極6とする。

【0054】

図5(c)のように、スパッタ法を用いて、マッハツェンダー型光干渉回路MZの上部となる SiO_2 膜44、薄膜ヒータパターン51p、電極パターン52pを覆うように、上述した隔離部8を形成するためのメタル膜(メタル層)53を成膜する。メタル膜53としては、WSi膜を用いるとよい。メタル膜53の厚さは2μmにした。図5(d)のように、フォトリソグラフィーと反応性イオンエッチングを用いて、メタル膜53からメタルパターン53pを形成する。
30

【0055】

図5(e)のように、メタルパターン53pをマスクにし、ドライエッチングとして反応性イオンエッチングを用いて、 SiO_2 膜44表面から石英基板2表面まで溝加工し、 SiO_2 膜44と SiO_2 膜42に隔離部8を構成する垂直溝8v, 8vを形成する。

【0056】

最後に図5(f)のように、反応性イオンエッチングを用いて、 SiO_2 膜44からメタルパターン53pを剥離し、Siのウェットエッチング液であるTMAH(水酸化テトラメチルアンモニウム)を用いて、ダミーパターン41pの全部を除去して平行溝8hを形成することで、共通導波路部7と隔離部8を同時に形成する。
40

【0057】

本実施形態の作用を説明する。

【0058】

石英系光導波路1では、入力光は入力側Y分岐導波路3aで分岐され、アーム導波路3u, 3dを通過した後、出力側Y分岐導波路3bで再び結合する。薄膜ヒータ5がOFFの場合、出力側Y分岐導波路3bで結合(合波)する光に位相差がないため、光の出力は2ヶ所のY分岐部20a, 20bの放射損失、及びY分岐部20aからY分岐部20bまでの伝搬損失のみとなり、数/10dB程度の小さな損失を受けるだけである。
50

【0059】

また、石英系光導波路1では、薄膜ヒータ5がONの場合、アーム導波路3uが加熱され、薄膜ヒータ5の印加電圧（あるいは通電量）に応じ、加熱されたアーム導波路3uの屈折率が熱光学効果によって変化する。

【0060】

すなわち、アーム導波路3u周囲のクラッド4とアーム導波路3uが熱的平衡状態になると、アーム導波路3u, 3d間に温度差が発生し、その温度差に応じてアーム導波路3u, 3d間に光路長差が発生する。

【0061】

アーム導波路3uを通過し、出力側Y分岐導波路3bに入射する光は、加熱されないアーム導波路3dを通過する光に対して位相ずれを生じて奇モードに近づき、出力側Y分岐導波路3bで放射され、アーム導波路3dを通過し、出力側Y分岐導波路3bに入射する光と干渉する。つまり、薄膜ヒータ5の加熱温度の調整により、出力光の強度を入力光の強度よりも減衰させて調整できる。

【0062】

このとき、石英系光導波路1は、共通導波路部7が隔離部8の平行溝8hによって石英基板2から隔離されて熱的に分離しているので、薄膜ヒータ5で発生した熱は、ほとんどアーム導波路3uに達し、石英基板2に放散されることではなく、アーム導波路3uのみを効率的に温める。

【0063】

このように、石英系光導波路1は、共通導波路部7によって2本のアーム導波路3u, 3dを2本セットにし、隔離部8によって共通導波路部7を石英基板2から隔離して熱的に切り離している。

【0064】

このため、石英系光導波路1は、薄膜ヒータ5から発生した熱が、石英基板2に放散されずにアーム導波路3uのみを効率的に温めるのに加え、共通導波路部7の熱容量が小さくなり、薄膜ヒータ5の駆動時からアーム導波路3u周囲のクラッド4とアーム導波路3uが熱的平衡状態に達するまでの時間が短い。

【0065】

しかも、石英系光導波路1では、簡単な構成である隔離部8の垂直溝8v, 8vや平行溝8hによって、過剰な熱を放熱できるため、アーム導波路3dが加熱されることはない。

【0066】

つまり、石英系光導波路1は、両方のアーム導波路3u, 3d、薄膜ヒータ5を、石英基板2から一括して熱的に分離することによって、アーム導波路3uとアーム導波路3d間の熱的特性がリニア、あるいは追従する関係になる。

【0067】

これにより、石英系光導波路1は、薄膜ヒータ5からの熱が石英基板2側に無駄に放散することなく、2本のアーム導波路3u, 3d間に温度差を効率的に生じさせることができ、極めて効率的に動作する。

【0068】

したがって、石英系光導波路1によれば、共通導波路部7と隔離部8とからなる断熱構造を有するため、光出力制御を高速応答、かつ低消費電力で行うことができる。

【0069】

また、本実施形態に係る製造方法によれば、予め石英基板2上に、隔離部8を形成するためのダミー膜41を形成しておき、最後にダミー膜41の全部をウェットエッティングすることで、共通導波路部7と隔離部8とを同時に形成できる。このため、石英系光導波路1、特に隔離部8の平行溝8hを簡単に製造できる。

【0070】

ここで、石英系光導波路1と従来の石英系光導波路を比較した。

10

20

30

40

50

【0071】

上述した石英系光導波路1において、アーム導波路3u, 3dは両者の中心距離を70μm、マッハツエンダー型光干渉回路MZをクラッド4の表面から20μm下に形成し、そのさらに20μm下に隔壁部8の平行溝8hを形成し、隔壁部8の垂直溝8v, 8vの幅、平行溝8hの高さを2μmとした。

【0072】

従来の石英系光導波路は、共通導波路部7、隔壁部8を形成しない以外は、石英系導波路1と同じ寸法とした。

【0073】

上記の構造の石英系光導波路1は、応答速度が3ms/sec、消費電力が100mWであった。これに対し、従来の石英系光導波路は、応答速度が30ms/sec、消費電力が150mWであった。

10

【0074】

これにより、石英系光導波路1は、共通導波路部7と隔壁部8とからなる断熱構造を有することで、簡単な構成にもかかわらず、従来の石英系光導波路に比べ、応答速度が10倍も速くなり、消費電力が約67%に低減したことがわかる。

20

【0075】

上記実施形態では、石英基板2上に、対称マッハツエンダ回路を1段形成してマッハツエンダー型光干渉回路とした例で説明したが、石英基板2上に、対称マッハツエンダ回路MZを2段、3段と複数段直列あるいは並列に形成し、多段のマッハツエンダー型光干渉回路としてもよい。

20

【図面の簡単な説明】

【0076】

【図1】本発明の好適な実施形態を示す石英系光導波路の横断面図（図2の1A-1A線断面図）である。

20

【図2】図1に示した石英系光導波路の平面図である。

【図3】図1に示した石英系光導波路の主要部の斜視図である。

【図4】図4(a)～図4(g)は、図1に示した石英系光導波路の製造工程を説明する横断面図である。

30

【図5】図5(a)～図5(f)は、図1に示した石英系光導波路の製造工程を説明する横断面図である。

【図6】石英系光導波路の一例として、導波路型可変光減衰器の熱的等価回路を示す図である。

30

【図7】従来の石英系光導波路の平面図である。

【図8】図7の8A-8A線断面図である。

【符号の説明】

【0077】

1 石英系光導波路

2 石英基板

3u, 3d アーム導波路（アーム部）

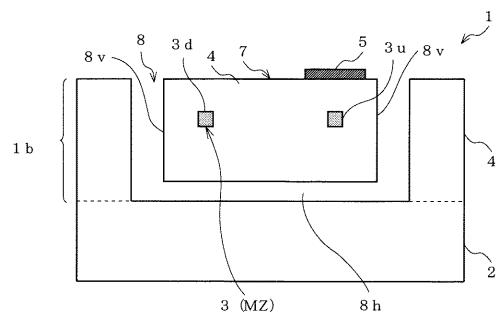
40

5 薄膜ヒータ

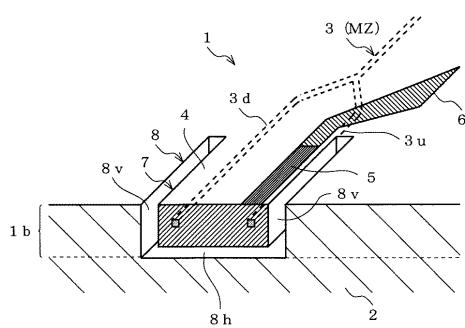
7 共通導波路部

8 隔離部

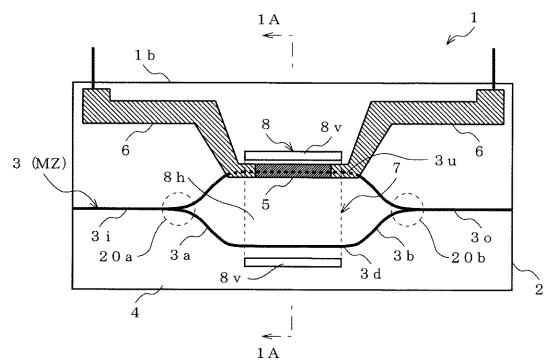
【図1】



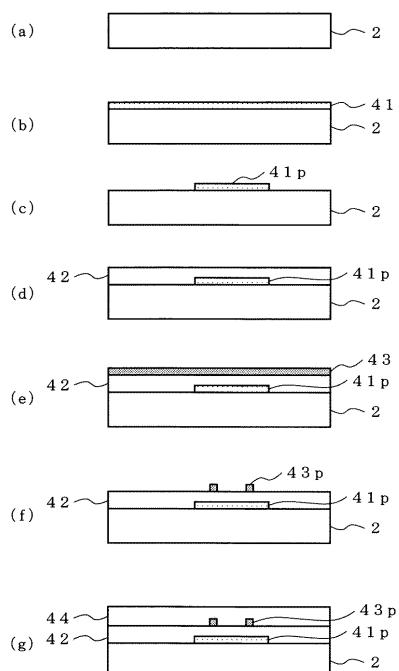
【図3】



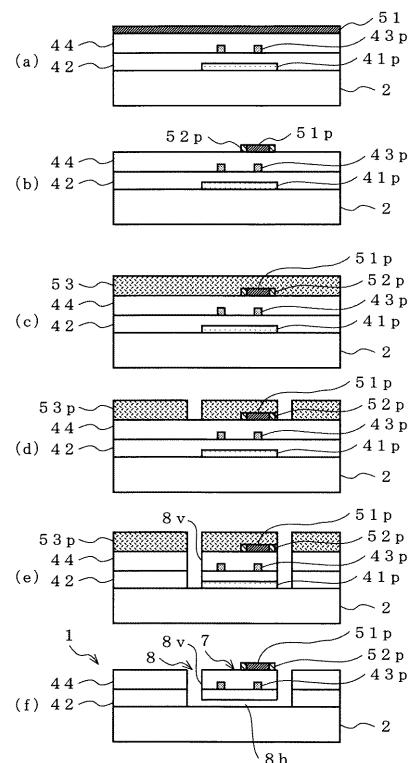
【図2】



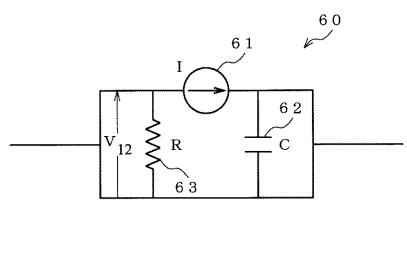
【図4】



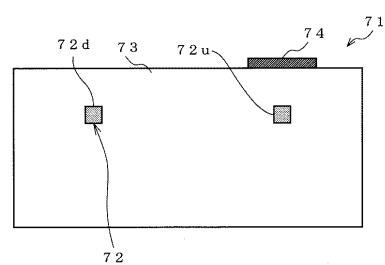
【図5】



【図6】



【図8】



【図7】

