

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3708306号

(P3708306)

(45) 発行日 平成17年10月19日(2005.10.19)

(24) 登録日 平成17年8月12日(2005.8.12)

(51) Int.Cl.⁷

F I

GO2B 6/12

GO2B 6/12

F

GO2B 7/00

GO2B 7/00

G

請求項の数 4 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願平9-272733	(73) 特許権者	000005223
(22) 出願日	平成9年10月6日(1997.10.6)		富士通株式会社
(65) 公開番号	特開平11-109149		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(43) 公開日	平成11年4月23日(1999.4.23)	(74) 代理人	100075384
審査請求日	平成16年6月8日(2004.6.8)		弁理士 松本 昂
		(72) 発明者	田中 一弘
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(72) 発明者	中川 剛二
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(72) 発明者	山崎 洋介
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波長分割多重光デバイス及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

導波路基板と；

前記導波路基板上に形成された、第1及び第2端面と第1及び第2側面とを有するクラッド層と；

前記クラッド層中に埋設された第1光導波路と；

一端が前記第1光導波路の中間部分に接続されて前記クラッド層中に埋設された第2光導波路と；

前記第1及び第2光導波路の接続部分を横切るように前記導波路基板及び前記クラッド層中に第1側面から第2側面に渡り形成された挿入溝と；

前記挿入溝の両側部分を含むように少なくとも前記クラッド層中に形成された、該クラッド層の第1及び第2側面にそれぞれ開口する前記挿入溝より幅広である第1及び第2の幅広の溝と；

前記挿入溝中に挿入された波長選択フィルタと；

前記挿入溝中に打ち込まれたくさびとを具備し；

該くさびにより前記波長選択フィルタが挿入溝の壁面に押し付けられていることを特徴とする波長分割多重光デバイス。

【請求項2】

導波路基板と；

前記導波路基板上に形成された、第1及び第2端面と第1及び第2側面とを有するクラ

10

20

ッド層と；

前記クラッド層中に埋設された第 1 光導波路と；

一端が前記第 1 光導波路の中間部分に接続されて前記クラッド層中に埋設された第 2 光導波路と；

前記第 1 及び第 2 光導波路の接続部分を横切るように前記導波路基板及び前記クラッド層中に第 1 側面から第 2 側面に渡り形成された挿入溝と；

前記挿入溝の両側部分を含むように少なくとも前記クラッド層中に形成された、該クラッド層の第 1 及び第 2 側面にそれぞれ開口する前記挿入溝より幅広である第 1 及び第 2 の幅広の溝と；

前記挿入溝中に挿入された波長選択フィルタとを具備し；

10

前記第 1 及び第 2 の幅広の溝は三角形状をしており、該第 1 及び第 2 の幅広の溝中に第 1 及び第 2 のくさびが外側から概略水平方向に挿入されて、前記波長選択フィルタを挿入溝の壁面に押し付けていることを特徴とする波長分割多重光デバイス。

【請求項 3】

波長分割多重光デバイスの製造方法であって、

導波路基板上に第 1 クラッド層を形成し；

前記第 1 クラッド層上に導波路層を形成し；

前記導波路層をエッチングして Y 分岐部を有する光導波路を形成し；

前記光導波路を覆うように前記第 1 クラッド層上に第 2 クラッド層を形成し；

前記第 1 及び第 2 クラッド層をエッチングして該第 1 及び第 2 クラッド層の両側面にそれぞれ開口する第 1 及び第 2 の幅広の溝を形成し；

20

前記光導波路の前記 Y 分岐部を横切って前記第 1 及び第 2 の幅広の溝を通過する前記第 1 及び第 2 の幅広の溝より幅の狭い挿入溝を、前記第 1 及び第 2 クラッド層及び前記導波路基板中に形成し；

前記挿入溝中に波長選択フィルタを挿入し；

前記挿入溝中にくさびを打ち込むことにより前記波長選択フィルタを挿入溝の壁面に押し付ける；

各ステップから成ることを特徴とする波長分割多重光デバイスの製造方法。

【請求項 4】

波長分割多重光デバイスの製造方法であって、

30

導波路基板上に第 1 クラッド層を形成し；

前記第 1 クラッド層上に導波路層を形成し；

前記導波路層をエッチングして Y 分岐部を有する光導波路を形成し；

前記光導波路を覆うように前記第 1 クラッド層上に第 2 クラッド層を形成し；

前記導波路基板の両側面を切削して第 1 及び第 2 の切欠きを形成し；

前記光導波路の前記 Y 分岐部を横切って前記第 1 の切欠きから第 2 の切欠きに渡る該第 1 及び第 2 の切欠きより幅の狭い挿入溝を、前記第 1 及び第 2 クラッド層及び前記導波路基板中に形成し；

前記挿入溝中に波長選択フィルタを挿入し；

前記挿入溝中にくさびを打ち込むことにより前記波長選択フィルタを挿入溝の壁面に押し付ける；

40

各ステップからなることを特徴とする波長分割多重光デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は波長分割多重光デバイス及びその製造方法に関する。

マルチメディア情報社会を構築するためには、光ファイバ伝送を用いた通信網の普及が不可欠である。このためには、光信号を電気信号に効率よく変換する受光モジュールを低コストで実現する必要がある。

【0002】

50

更に、双方向通信及びサービス多重などの多岐に渡るサービスを提供するためには、光の波長独立性を生かして波長の異なる光を多重化して伝送する波長分割多重光通信が期待されている。そのためには、波長の異なる光信号を合波・分波する波長分割多重光デバイスが不可欠である。

【 0 0 0 3 】

【従来の技術】

従来の導波路型の波長分割多重光デバイスが特開昭 6 3 - 3 3 7 0 7 号に記載されている。この従来技術では、シリコン基板上に Y 分岐部を有する光導波路を形成し、この Y 分岐部を横断する形で溝が形成されている。この溝中に誘電体多層膜フィルタを挿入して、導波路型波長分割多重光デバイスを構成している。

10

【 0 0 0 4 】

このタイプの波長分割多重光デバイスは小型且つ良好なアイソレーション特性を持っているため、他のマッハツェンダ型波長分割多重光デバイスやファイバ融着型光デバイスと比較して有利な形態である。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、上述した波長分割多重光デバイスの構造では、フィルタの溝中への挿入が困難であるという問題がある。即ち、 $25\mu\text{m}$ 程度の幅の溝に $15\mu\text{m}$ 程度の厚さを有するフィルタ膜を挿入する必要があるため、挿入工程が困難である。

【 0 0 0 6 】

20

また、挿入損失の増加を抑えるためには、フィルタの垂直方向の傾き角度の誤差を 0.5° 程度以下に抑える必要がある。そのために、従来構造では、波長分割多重光デバイスを安定に制作するのが困難であるという問題があった。

【 0 0 0 7 】

よって本発明の目的は、フィルタの挿入工程が容易な波長分割多重光デバイスを提供することである。

本発明の他の目的は、導波路に対して垂直にフィルタを挿入及び保持することが可能な構造を提供することにより、光の挿入損失の低減を図った波長分割多重光デバイスを提供することである。

【 0 0 0 8 】

30

【課題を解決するための手段】

本発明によると、導波路基板と；前記導波路基板上に形成された、第 1 及び第 2 端面と第 1 及び第 2 側面とを有するクラッド層と；前記クラッド層中に埋設された第 1 光導波路と；一端が前記第 1 光導波路の中間部分に接続されて前記クラッド層中に埋設された第 2 光導波路と；前記第 1 及び第 2 光導波路の接続部分を横切るように前記導波路基板及び前記クラッド層中に第 1 側面から第 2 側面に渡り形成された挿入溝と；前記挿入溝の両側部分を含むように少なくとも前記クラッド層中に形成された、該クラッド層の第 1 及び第 2 側面にそれぞれ開口する前記挿入溝より幅広である第 1 及び第 2 の幅広の溝と；前記挿入溝中に挿入された波長選択フィルタと；前記挿入溝中に打ち込まれたくさびとを具備し；該くさびにより前記波長選択フィルタが挿入溝の壁面に押し付けられていることを特徴とする波長分割多重光デバイスが提供される。

40

【 0 0 0 9 】

好ましくは、第 1 及び第 2 の幅広の溝は第 1 及び第 2 側面に向かってその幅が徐々に広くなるように形成されている。

【 0 0 1 0 】

本発明の他の側面によると、波長分割多重光デバイスの製造方法であって、導波路基板上に第 1 クラッド層を形成し；前記第 1 クラッド層上に導波路層を形成し；前記導波路層をエッチングして Y 分岐部を有する光導波路を形成し；前記光導波路を覆うように前記第 1 クラッド層上に第 2 クラッド層を形成し；前記第 1 及び第 2 クラッド層をエッチングして該第 1 及び第 2 クラッド層の両側面にそれぞれ開口する第 1 及び第 2 の幅広の溝を形成

50

し；前記光導波路の前記 Y 分岐部を横切って前記第 1 及び第 2 の幅広の溝を通過する前記第 1 及び第 2 の幅広の溝より幅の狭い挿入溝を、前記第 1 及び第 2 クラッド層及び前記導波路基板中に形成し；前記挿入溝中に波長選択フィルタを挿入し；前記挿入溝中にくさびを打ち込むことにより前記波長選択フィルタを挿入溝の壁面に押し付ける；各ステップから成ることを特徴とする波長分割多重光デバイスの製造方法が提供される。

【 0 0 1 1 】

代替案として、第 1 及び第 2 の幅広の溝に代わって、導波路基板の両側面に切削により第 1 及び第 2 の幅広の切欠きを形成するようにしてもよい。

【 0 0 1 2 】

【 発明の実施の形態 】

10

図 1 は本発明第 1 実施形態の波長分割多重光デバイスの斜視図を示しており、図 2 はその平面図を示している。シリコン (S i) 基板 2 上に S i O₂ クラッド層 4 が形成されている。

【 0 0 1 3 】

このクラッド層 4 は、例えば C V D 法により S i O₂ を S i 基板 2 上に積層することにより形成される。クラッド層 4 は第 1 及び第 2 端面 4 a , 4 b と、第 1 及び第 2 側面 4 c , 4 d を有している。

【 0 0 1 4 】

クラッド層 4 中には第 1 光導波路 6 及び第 2 光導波路 8 が埋設されている。第 1 及び第 2 光導波路 6 , 8 は例えば T i O₂ がドーブされた S i O₂ から形成されている。第 1 光導波路 6 と第 2 光導波路 8 は Y 接続部 1 0 で互いに接続されている。

20

【 0 0 1 5 】

第 1 光導波路 6 はクラッド層 4 の第 1 端面 4 a に露出した第 1 端面 6 a と、第 2 端面 4 b に露出した第 2 端面 6 b を有している。第 2 光導波路 8 の端面 8 a はクラッド層 4 の第 1 端面 4 a に露出している。

【 0 0 1 6 】

クラッド層 4 にはクラッド層 4 の第 1 及び第 2 側面 4 c , 4 d にそれぞれ開口する第 1 及び第 2 の幅広の溝 1 2 , 1 4 が形成されている。これらの幅広の溝 1 2 , 1 4 は、例えば反応性イオンエッチングにより S i O₂ クラッド層 4 を部分的に除去することにより形成される。

30

【 0 0 1 7 】

図 2 に最もよく示されているように、これらの幅広の溝 1 2 , 1 4 はクラッド層 4 の第 1 及び第 2 側面 4 c , 4 d に向かって徐々に広くなるように形成されている。

【 0 0 1 8 】

次いで、第 1 及び第 2 光導波路 6 , 8 の Y 接続部 1 0 を横切って、第 1 及び第 2 の幅広の溝 1 2 , 1 4 を通過する挿入溝 1 6 を、 S i 基板 2 及び S i O₂ クラッド層 4 中にその両側面に渡り形成する。この挿入溝 1 6 は、例えばダイシングソーにより形成され、約 2 5 μ m の幅を有している。

【 0 0 1 9 】

挿入溝 1 6 中は、誘電体多層膜フィルタ 1 8 が挿入されている。第 1 及び第 2 の幅広の溝 1 2 , 1 4 が内側に向かってその幅が徐々に狭くなっているため、誘電体多層膜フィルタ 1 8 を幅広の溝 1 2 又は 1 4 中に挿入して、徐々に導波路接続部がある中央部分にガイドしていくことにより、容易にフィルタ 1 8 の挿入溝 1 6 中への挿入が可能となる。

40

【 0 0 2 0 】

図 3 を参照すると、第 1 図の 3 - 3 線断面図が示されている。挿入溝 1 6 の幅は誘電体多層膜フィルタ 1 8 の厚さよりも一般的に広く形成されている。例えば、挿入溝 1 6 は約 2 5 μ m の幅を有しており、誘電体多層膜フィルタ 1 8 は約 1 5 μ m の厚さを有している。

【 0 0 2 1 】

そのため、基板 1 8 b 上に誘電体膜 1 8 a を複数層積層して構成される誘電体多層膜フィルタ 1 8 を、挿入溝 1 6 中に挿入した状態では、フィルタ 1 8 が光導波路 6 , 8 に対して

50

垂直な方向から傾く恐れがある。そこで、本実施形態では、くさび20を挿入溝16中に打ち込み、誘電体多層膜フィルタ18を挿入溝16を画成する壁面に押し付けるようにする。

【0022】

これにより、誘電体多層膜フィルタ18は光導波路に対して実質上垂直関係で配置され、挿入損失の増加を抑制することができる。当然のことながら、くさび20は光導波路を伝搬する光に対して透明な物質、例えば合成樹脂等から形成される。

【0023】

第1光導波路6の第1端面6aから入射した波長 λ_1 及び λ_2 の信号光のうち、波長 λ_2 の信号光は誘電体多層膜フィルタ18を透過し、第1光導波路6の第2端面6bから出射する。

10

【0024】

一方、波長 λ_1 の信号光は、誘電体多層膜フィルタ18で反射されて第2光導波路8に結合し、第2光導波路8の端面8aから出射する。例えば、 $\lambda_1 = 1.55 \mu\text{m}$ 、 $\lambda_2 = 1.3 \mu\text{m}$ である。

【0025】

上述した第1実施形態では、2つの幅広な溝12、14をクラッド層4の両側面4c、4dに開口するように形成しているが、フィルタ18の挿入溝16中への挿入を容易にするためには、どちらか一方の側面に幅広な溝を1つ形成するようにしてもよい。

【0026】

20

次に、図4(A)～図4(D)を参照して、本発明第1実施形態の製造プロセスについて説明する。まず、図4(A)に示すように、 SiO_2 クラッド層4に埋設された第1及び第2光導波路6、8を形成する。第1及び第2光導波路6、8はY接続部10で互いに接続されている。

【0027】

この光導波路形成プロセスを図5(A)～図5(D)を参照して、詳細に説明する。まず、図5(A)に示すように、CVD法、スパッタリング法等により第1 SiO_2 クラッド層3を形成する。

【0028】

次に、図5(B)に示すように、第1 SiO_2 クラッド層3上に導波路層5として TiO_2 をドーブした SiO_2 層をCVD法、スパッタリング法等により形成する。

30

【0029】

そして、図5(C)に示すように、導波路層5の不要部分をエッチングにより除去して第1及び第2光導波路6、8を形成する。最後に、図5(D)に示すように、第1及び第2光導波路6、8を覆うように、第2 SiO_2 クラッド層7をCVD法、スパッタリング法等により形成する。

【0030】

図4(B)を戻って参照すると、挿入溝16を形成する位置に対応する SiO_2 クラッド層4の両側を反応性イオンエッチング等により部分的に除去して、外側に向かって徐々に広がる幅広な溝12、14を形成する。

40

【0031】

次いで、図4(C)に示すように、フィルタを挿入する挿入溝16を導波路接続部分10を横切って幅広な溝12、14を通過するようにダイシングソー等により形成する。

【0032】

最後に、図4(D)に示すように、幅広な12又は14を案内として、誘電体多層膜フィルタ18を挿入溝16中に挿入する。特に図示しないが、図4(D)のステップの後に、挿入溝16中にくさび20を打ち込むようにしてもよい。

【0033】

図6(A)～図6(D)を参照すると、本発明第2実施形態の製造プロセスが示されている。本製造プロセスは、図6(B)に示す幅広な溝或いは切欠き形成ステップが図4(A)

50

）～図４（Ｄ）に示した第１実施形態の製造プロセスと相違する。他のステップは、第１実施形態の製造プロセスのステップと同様である。

【００３４】

即ち、本実施形態の製造プロセスでは、図６（Ｂ）に示すように光導波路の形成された導波路基板２を横に並べ、幅広な溝或いは切欠き１４ａをダイシングソーにより形成する。もう一方の切欠き１２ａも同様に形成する。

【００３５】

図７（Ａ）を参照すると、幅広の溝の他の製造方法を示す平面図が示されている。図７（Ｂ）はその正面図である。本製造方法では、シリコン基板２にエッチングを施して、幅広なＶ溝１２ｂ，１４ｂを形成する。

10

【００３６】

シリコン基板２の結晶方位を図７（Ａ）に示すように設定することにより、ＫＯＨを使用した異方性エッチングにより、シリコン基板２の（１１１）面をＶ溝１２ｂ，１４ｂ中に露出させることができる。

【００３７】

図８（Ａ）～図８（Ｃ）はくさびの製造プロセスを示している。まず、図８（Ａ）に示すように、切削或いはエッチングにより基板２２上に型となる段差構造を形成し、その上にポリイミド溶液２４を塗布する。

【００３８】

このポリイミド溶液２４をキュアすると、図８（Ｂ）に示すようにポリイミド溶液２４は収縮して固化し、くさび状のポリイミド樹脂２４が連なった形が形成される。この樹脂２４を図８（Ｃ）に示す線２５に沿って切断することにより、図３に示したくさび２０を得ることができる。

20

【００３９】

図９を参照すると、フィルター体型くさびアレイが示されている。図８（Ｃ）で形成した複数のくさびが連なった樹脂基板２４の上に TiO_2 / SiO_2 等の誘電体多層膜構造２６を蒸着により形成し、フィルター体型くさびアレイを形成する。

【００４０】

これを個々のくさびに切断することにより、フィルター体型くさび２８を得ることができ、図１０に示すようにフィルター体型くさび２８を挿入溝１６中に挿入することにより、図３に示したのと同様な構造をフィルタ２８のみで提供することが可能となる。

30

【００４１】

図１１（Ａ）～図１１（Ｃ）は第４実施形態の製造プロセスを示している。本実施形態では、まず図１１（Ａ）に示すように、 SiO_2 クラッド層４をエッチングしてクラッド層４の両側に三角形の溝３０，３２を形成する。このとき、三角形の溝３０，３２の一边はクラッド層４の側面に垂直となるように形成する。

【００４２】

次いで、図１１（Ｂ）に示すように、挿入溝３４を三角形の溝３０，３２の一边に重なるように形成する。この構造にすることにより、挿入溝３４の一边は連続的に繋がった構造となる。

40

【００４３】

この挿入溝３４中に図１１（Ｃ）に示すようにフィルタ１８を挿入する。三角形の溝３０，３２が広い溝となっているので、フィルタ１８の挿入が容易である。

【００４４】

更に、三角形の溝３０，３２中に外側から概略水平にくさび３６，３８を押し込むことにより、フィルタ１８を連続する溝段差に押し付けることができ、フィルタ１８を光導波路６，８に対して実質上垂直に保持することができる。

【００４５】

このようなくさび３６，３８の一例を図１２に示す。即ち、 Si 基板４０上に SiO_2 層４２をＣＶＤ法等により形成し、 SiO_2 層４２の不要部分をエッチングにより除去して

50

、くさび４４を形成する。図１２に示した状態をひっくり返して、基板４０をＳｉＯ_２クラッド層４上でスライドさせることにより、くさび４４を溝３０中に押し込むことができる。

【００４６】

以上、様々な実施形態について本発明を説明したが、広い溝は図面に示した形状に限定されるものではなく、フィルタをガイドしやすい形状とすることができることはいうまでもない。

【００４７】

また、導波路基板もシリコン基板に限定されるものではなく、ガラス基板等の他の基板も採用可能であり、光導波路もポリマー導波路等の他の材料から形成された導波路であって

10

【００４８】

【発明の効果】

本発明によれば、フィルタの挿入工程の容易化を図った波長分割多重光デバイスを提供することができる。また、挿入溝中にくさびを打ち込むことにより、フィルタを光導波路に対して実質上垂直に保つことができ、光の挿入損失の低減を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明第１実施形態の斜視図である。

【図２】第１実施形態の平面図である。

【図３】図１の３－３線断面図である。

20

【図４】図４（Ａ）～図４（Ｄ）は本発明第１実施形態の製造プロセスを示す図である。

【図５】図５（Ａ）～図５（Ｄ）は光導波路の形成プロセスを示す図である。

【図６】図６（Ａ）～図６（Ｄ）は本発明第２実施形態の製造プロセスを示す図である。

【図７】図７（Ａ）は幅広の溝の他の製造方法を示す平面図であり、図７（Ｂ）はその正面図である。

【図８】図８（Ａ）～図８（Ｃ）はくさびの製造プロセスを示す図である。

【図９】フィルター体型くさびアレイを示す図である。

【図１０】本発明第３実施形態の断面図である。

【図１１】図１１（Ａ）～図１１（Ｃ）は本発明第４実施形態の製造プロセスを示す図である。

30

【図１２】第４実施形態に使用可能なくさびの斜視図である。

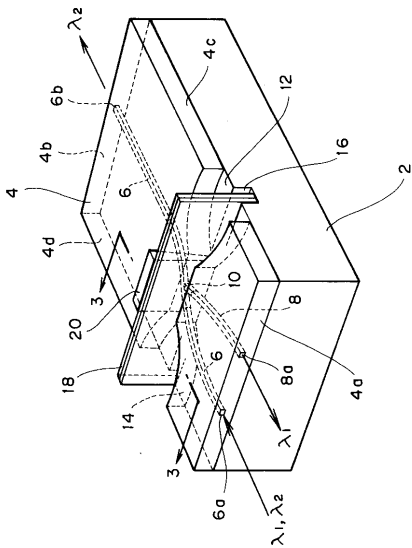
【符号の説明】

- ２ 導波路基板
- ４ ＳｉＯクラッド層
- ６ 第１光導波路
- ８ 第２光導波路
- １０ Y接続部
- １２，１４ 幅広の溝
- １６ 挿入溝
- １８ 誘電体多層膜フィルタ
- ２０ くさび

40

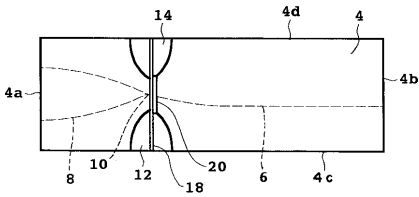
【 図 1 】

第1実施形態斜視図



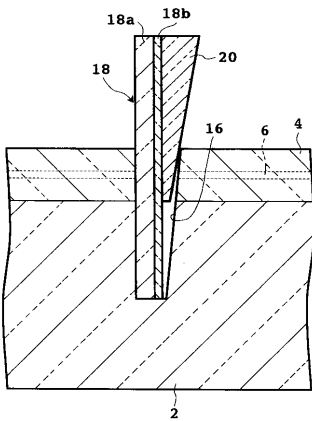
【 図 2 】

第1実施形態平面図



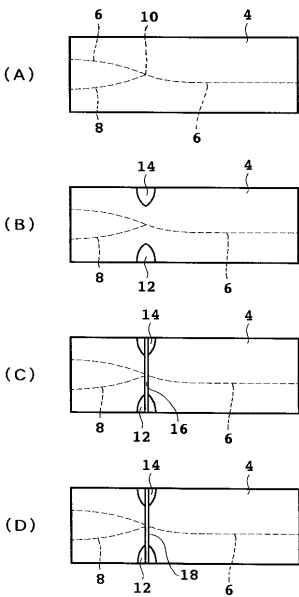
【 図 3 】

図1の3-3線断面図



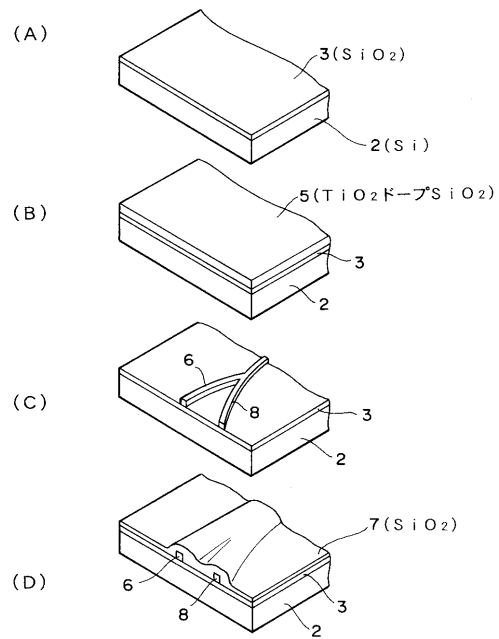
【 図 4 】

第1実施形態の製造プロセスを示す図



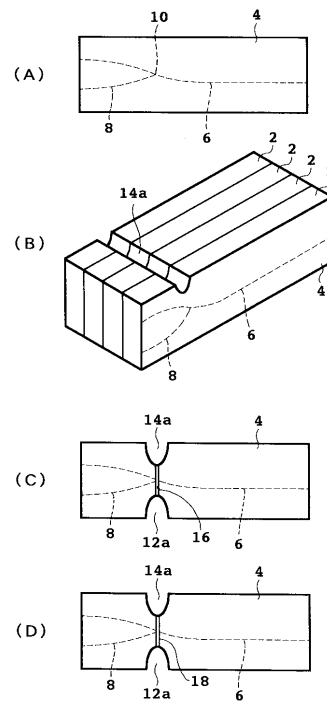
【図 5】

光導波路形成プロセス



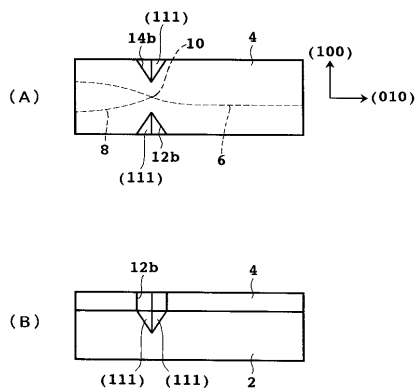
【図 6】

第2実施形態の製造プロセスを示す図



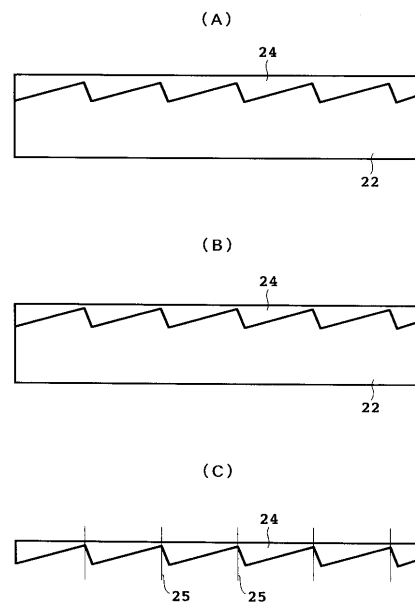
【図 7】

幅広の溝の製造方法を示す図



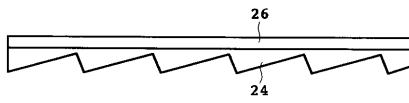
【図 8】

くさびの製造プロセスを示す図



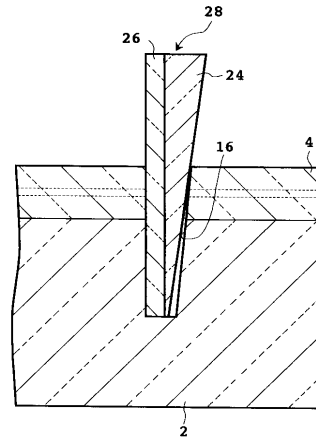
【図 9】

フィルター体型くさびを示す図



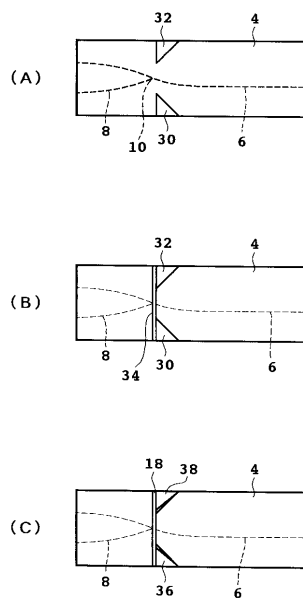
【図 10】

第3実施形態断面図



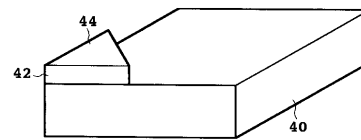
【図 11】

第4実施形態の製造プロセスを示す図



【図 12】

くさびの斜視図



フロントページの続き

(72)発明者 田淵 晴彦

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

審査官 日夏 貴史

(56)参考文献 特開平10-133041(JP,A)

特開平09-105824(JP,A)

特開昭63-029709(JP,A)

特開昭62-206502(JP,A)

特開平10-307221(JP,A)

特開平9-61664(JP,A)

特開平9-21912(JP,A)

特開平6-167623(JP,A)

特開平8-271742(JP,A)

特開平3-296704(JP,A)

特開平8-211228(JP,A)

特開平9-159855(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

G02B 6/12 - 6/14

G02B 7/00