

發明專利說明書

公告本

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：96109766

※申請日期：96年03月21日

※IPC分類：G02B 6/10 (2006.01)

一、發明名稱：

G02B 6/35 (2006.01)

(中) 光控制元件及其製造方法
(英)

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 住友大阪水泥股份有限公司
(英) SUMITOMO OSAKA CEMENT CO., LTD.代表人：(中) 1. 渡邊穰
(英)

地 址：(中) 日本國東京都千代田區六番町六番地二八

(英) 6-28, Rokuban-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 102-8465 Japan

國籍：(中英) 日本 JAPAN

三、發明人：(共 4 人)

1. 姓 名：(中) 近藤勝利
(英) KONDOU, KATSUTOSHI國 籍：(中) 日本
(英) JAPAN2. 姓 名：(中) 金原勇貴
(英) KINPARA, YUHKI國 籍：(中) 日本
(英) JAPAN3. 姓 名：(中) 山本太
(英) YAMAMOTO, FUTOSHI國 籍：(中) 日本
(英) JAPAN4. 姓 名：(中) 市川潤一郎
(英) ICHIKAWA, JUNICHIRO

國 籍：(中) 日本

(英) JAPAN

四、聲明事項：◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利 ☐ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 日本 ; 2006/03/29 ; 2006-092292 ☒ 有主張優先權

五、中文發明摘要

發明之名稱：光控制元件及其製造方法

本發明之課題

針對具有脊型波導路之光控制元件，提供一種具有單模波導路的光控制元件；尤其即使是基板厚度在 $10\mu\text{m}$ 以下的薄板，也可高精確度且安定地製造提供一種具有單模波導路的光控制元件。

本發明之解決手段

一種光控制元件，係具有形成了光波導路的基板 1；其特徵係該基板為厚度 $10\mu\text{m}$ 以下的薄板；最少該波導路之一部份為脊型波導路 21；該脊型波導路中最少一部分之兩側，具有寬度 $10\mu\text{m}$ 以下的溝 20；並具有藉由使該溝之寬度或深度作連續變化，而將該波導路之光傳播模式在單模態與多模態間連續變化的推拔波導部（範圍 B）。

又，理想上其特徵係該推拔波導部係配置於射入部或/且射出部，而在該配置部之波導光會成為單模光。

六、英文發明摘要

發明之名稱：

七、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：第(4)圖。

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

1：基板

20：溝

21：波導路

A、B、C：範圍

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無

(1)

九、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關光控制元件及其製造方法，尤其有關具有脊型波導路之光控制元件及其製造方法。

【先前技術】

先前在光通訊領域及光測量領域中，有光調變器或光開關、偏波器等各種光控制元件被實用化。形成有光控制元件之光波導路中，除了將鈦等雜質做熱擴散者之外，還有在基板表面形成突出狀之畝的脊型波導路等。

近年來，爲了達到光控制元件之驅動電壓降低、高頻反應性改善等，係推展有構成光控制元件之基板的薄板化，或光控制元件內之光迴路的小型化等。光迴路之小型化，係造成構成光迴路之光波導路的剖面積減少，而產生以下問題。

(1) 光波導路構造之製造上的容忍值會變小，而有成爲多模波導路的情況。

(2) 因爲上述(1)之影響，而增加先前單模光纖與光控制元件(光迴路)的耦合損失，成爲使光訊號重現性惡化的原因。

第1圖，係基板表面具有形成了凸狀畝，與在其兩側形成有凹部(以下稱爲「溝」)之脊型波導路之光控制元件的剖面概略圖；具有於基板1經由黏著層2來黏著有補強板3的構造。4表示脊型波導路。

(2)

藉由第 1 圖之脊型波導路的形狀，光波導路的傳播模式會改變。具體來說藉由光波導路 4 之寬度 W 及高度 D 、還有基板厚度 H 等條件，則如第 2 圖所示，光波導路之傳播模式會分為單模（Single Mode）範圍與多模（Multimode）範圍。

另外第 2 圖係以沒有溝之脊型波導路為模型，波導路側面之傾斜角 $\theta = 70^\circ$ ，傳導光波則做為波長 $\lambda = 1.55\mu\text{m}$ 之 TM 模式波，假設基板折射率為 2.1，基板上面側之折射率與空氣一樣為 1.0，下面側之折射率與二氧化矽一樣為 1.45。

若依第 2 圖，當基板厚度 H 變薄，則橫軸（ $r = (H - D) / H$ ）之值會減少，縱軸（ W / H ）之值會增加，故可容易理解傳播模式整體上會從單模遷移到多模。

另一方面如專利文件 1 所揭示般，藉由使用在光波導路之腋部形成厚板波導路的方法，會加大單模波導路的容忍值。然而如第 2 圖所示，隨著光迴路小型化而產生的光傳播模式之多模化，即使是有具有溝之脊型波導路的光控制元件也一樣會發生；尤其基板被薄板化到 $10\mu\text{m}$ 以下時，為了實現單模之溝寬度（第 1 圖之 T ），必須設定在 $1\mu\text{m}$ 以下。

[專利文件 1]日本特開 2004-219751 號公報

又，使用薄板之脊型波導路的情況下，因為基板與空氣或黏著層（緩衝層）的折射率差 Δn 較大，故為了維持單模，必須縮小光波導路本身的剖面積。若縮小光波導路

(3)

之剖面積，先前可以忽略之光波導路寬度或溝深度等相關的製造誤差就會無法忽略。假設成為多模之光波導路時，S/N 比或光插入損失等會惡化。又，脊型波導路具有 Y 分叉部時，若沒有滿足形狀重現性，則同樣會使 S/N 比或光插入損失等惡化。更且即使在光波導路之射入射出部滿足單模的條件，只要形狀稍有不同，就會成為光插入損失大幅度變化的原因。

另一方面，在製造脊型波導路之際，係對具有光電效果之基板，施加對應於光波導路圖案之遮罩，並進行有藉由濕蝕刻或乾蝕刻等來去除基板之一部分，或是藉由切割鋸等機械加工來形成溝等。然而若以先前之濕蝕刻或乾蝕刻來形成脊型波導路的溝，則如第 3 圖 (a) 所示，配置於基板 1 上之遮罩 10 的下部會形成底切痕 11，或如第 3 圖 (b) 所示，產生局部性異常形狀 12。此等形狀之光波導路，會成為漏溢模態 (Leaky Mode，光不會傳播之模態。另外也指波導路形狀有凹凸而使光散亂的狀態)、多模波導路，而難以製作單模波導路。又機械性加工來說，溝寬度大約 $2\mu\text{m}$ 為極限，尤其對 $10\mu\text{m}$ 以下之薄板進行機械加工會成為基板破損的原因。

從而，利用薄板之光控制元件中，為了要抑制 S/N 比或光插入損失，脊型波導路之溝的加工精密度必須有 $0.1\mu\text{m}$ 以下的高精密度，但是先前之蝕刻或機械加工難以得到充分的精確度。

(4)

【發明內容】

〔發明所欲解決之課題〕

本發明要解決之課題，係針對一種解決上述問題，並具有脊型波導路之光控制元件；其中提供一種具有單模波導路的光控制元件；尤其即使是基板厚度在 $10\mu\text{m}$ 以下的薄板，也可高精確度且安定地製造提供一種具有單模波導路的光控制元件。

〔用以解決課題之手段〕

申請專利範圍第 1 項之發明，係一種光控制元件，係具有形成了光波導路的基板；其特徵係該基板為厚度 $10\mu\text{m}$ 以下的薄板；該基板上係隔著接著層而黏貼有補強板；最少該波導路之一部份為脊型波導路；該脊型波導路中至少一部分之兩側，具有寬度 $10\mu\text{m}$ 以下的溝；並具有：被配置了光控制元件的入射部或出射部之任一者，藉由使該溝之寬度或深度作連續變化，而將該波導路之光傳播模式在單模態與多模態間連續變化的推拔波導部。

另外，本發明中所謂「推拔波導路」，係包含使形成脊型波導路之溝的寬度連續性增加或減少，藉此使脊部分之波導路寬度作連續增加或減少者；或是即使脊部分寬度不變化，溝深度也會連續變深或變淺者。

申請專利範圍第 2 項之發明，係針對申請專利範圍第 1 項之發明，其特徵係在該配置部之波導光會成為單模光。

(5)

申請專利範圍第 3 項之發明，係針對申請專利範圍第 1 項或第 2 項之發明，其特徵係該推拔波導部對於通過該波導路之中心的縱剖面，係成略對稱形狀。

本發明中所謂「略對稱形狀」，係指不會將傳播於推拔波導路之單模光波轉換為高次模式光，或是不會加大對稱型光元件之耦合損失之程度的對稱形狀。

申請專利範圍第 4 項之發明，係針對申請專利範圍第 1 項或第 2 項之發明，其特徵係該推拔波導部對於通過該波導路之中心的縱剖面，係成非對稱形狀。

申請專利範圍第 5 項之發明，係針對申請專利範圍第 1 項或第 2 項之發明，其特徵係該基板係具有非線性光學效果、光電效果、熱電效果或壓電效果。

申請專利範圍第 6 項之發明，係針對申請專利範圍第 5 項之發明，其特徵係該基板為 LiNbO_3 、 LiTaO_3 或 KTiOPO_4 。

申請專利範圍第 7 項之發明，係針對申請專利範圍第 1 項或第 2 項之發明，其特徵係該脊型波導路之最少一部分，係使用集束離子束或雷射光束加工的最少任一種來形成。

申請專利範圍第 8 項之發明，係針對申請專利範圍第 1 項或第 2 項之發明，其特徵係該脊型波導路係藉由蝕刻或機械加工來一次加工之後，才藉由集束離子束或雷射光束加工的最少任一種來進行修飾加工。

申請專利範圍第 9 項之發明，係一種光控制元件之製

(6)

造方法，其製造申請專利範圍第 8 項所記載之光控制元件；其特徵係對該光控制元件導入光線，一邊測量該導入之光線，一邊進行修飾加工。

〔發明效果〕

藉由申請專利範圍第 1 項之發明，即使構成光控制元件之基板為厚度 $10\mu\text{m}$ 以下的薄板，也會使脊型波導路中最少一部分之兩側，具有寬度 $10\mu\text{m}$ 以下的溝，而且還具有藉由使該溝之寬度或深度作連續變化，而將該波導路之光傳播模式在單模態與多模態間連續變化的推拔波導部；就算在光控制元件內假設傳播模式成為多模，也可僅取出單模光，而可提供能抑制 S/N 比或光插入損失之劣化等的光控制元件。

藉由申請專利範圍第 2 項之發明，推拔波導部係配置於射入部或射出部中最少任一邊，而在該配置部之波導光會成為單模光；故可減少與光波導路做光學耦合之光纖的耦合損失，同時即使假設光波導路內部（除了射入部與射出部的部分）為多模波導路，也因為光波導路內只會傳播單模光波，而可提供能抑制 S/N 比或光插入損失之劣化等的光控制元件。

藉由申請專利範圍第 3 項之發明，推拔波導部對於通過波導路之中心的縱剖面，係成略對稱形狀；故將光纖或透鏡等對照型光元件與該光控制元件耦合時，可提高耦合效率。

(7)

藉由申請專利範圍第 4 項之發明，推拔波導部對於通過波導路之中心的縱剖面，係成非對稱形狀；故可激振出特定高次模式，而針對模式分散相位整合型波長轉換元件，可形成轉換效率較高的波導路。例如在參數性降頻（Parametric down conversion）中，可激振出基本之高次模式，改善與降頻光之基本模的披覆（overlap），提高轉換效率等；而可提供光第二次高調波產生裝置、和（差）頻率產生裝置、光參數性放大器、激振器等各種二次非線性型的光控制元件。

藉由申請專利範圍第 5 項之發明，因為基板係具有非線性光學效果、光電效果、熱電效果或壓電效果，故可提供波長轉換元件、EO 裝置、電場感測器等多種用途的光控制元件。

藉由申請專利範圍第 6 項之發明，因為基板為 LiNbO_3 、 LiTaO_3 或 KTiOPO_4 ，故可提供光波導特性或電場等之調變特性優良的光控制元件。

藉由申請專利範圍第 7 項之發明，脊型波導路之最少一部分，係使用集束離子束或雷射光束加工的最少任一種來形成；故可用次微米等級之精確度來形成脊型波導路的溝。藉此針對使用薄板之光控制元件，可高精確度且安定地製造出具有單模波導路的光控制元件。

藉由申請專利範圍第 8 項之發明，脊型波導路係藉由蝕刻或機械加工來一次加工之後，才藉由集束離子束（FIB）或雷射光束（LB）加工的最少任一種來進行修飾加

(8)

工；故比起光控制元件所需之所有溝等都用 FIB 或 LB 來製造的情況，可以減少製造成本，同時可縮短製造時間。

藉由申請專利範圍第 9 項之發明，針對光控制元件之製造方法，在使用 FIB 或 LB 做修飾加工時，係對該光控制元件導入光線，一邊測量該導入之光線，一邊進行修飾加工；故可形成配合各光控制元件所要求之特性的脊型波導路，而可提供極為優良的光控制元件。尤其藉由調整 FIB 或 LB 的輸出，可以配合測量時間來加工，且加工精密度為次微米等級精密度，故可將溝寬度或深度、脊部分之側面傾斜角等修飾為預期狀態。

【實施方式】

以下使用理想例子說明本發明。

本發明之光控制元件，係形成有光波導路之基板所構成的光控制元件；其特徵為該基板為厚度 $10\mu\text{m}$ 以下的薄板；最少該波導路之一部份為脊型波導路；該脊型波導路中至少一部分之兩側，具有寬度 $10\mu\text{m}$ 以下的溝；並具有藉由使該溝之寬度或深度作連續變化，而將該波導路之光傳播模式在單模態與多模態間連續變化的推拔波導部。

第 4 圖，係表示本發明之光控制元件之一例，為於基板 1 形成脊型波導路者。脊型波導路係由兩條溝（Trench）20 所形成。

第 4 圖（b）係表示第 4 圖（a）之箭頭 A-A 的剖面圖者；基板 1 之端部側（範圍 A）和基板 1 之內部側（範圍

(9)

C)，其溝的深度不同。

溝較淺之範圍 A，傳播模式為單模，而溝較深之範圍 C 則為多模。傳播模式與第 2 圖所示者相同，藉由調整脊型波導路之形狀，就可輕易轉換，故配合光控制元件之用途的必要形狀轉換，可以使用 FIB 或 LB 來輕易實現。

例如，第 4 圖為往光控制元件之光線射入部，或來自光控制元件之光線射出部的情況下，連接於光控制元件之光纖可使用單模的光學元件，來抑制光插入損失的劣化。又，雖然範圍 C 是成為多模波導路，但是光之封閉係良好進行，對通過範圍 A 之單模波導路的單模光進行調變等，故可抑制 S/N 比劣化，而提供調變效率或訊號重現性較高的光控制元件。

而且藉由將單模波導路設置於光控制元件之射入部或射出部，在耦合光控制元件與光纖時，可使用先前之調芯裝置而達到極好的效果。

又，範圍 B 表示形成有「推拔波導路」的部分，在從範圍 A 到範圍 C 之間，使溝深度作連續性變化。因此可圓滑地進行從單模波導路到多模波導路的轉換，或從多模波導路到單模波導路的轉換，而可極力抑制光的傳播損失。

推拔波導部，當對通過光波導路中心之縱剖面成對稱形狀時，可抑制其激振出高次模光波而成為多模光，來安定傳播單模光波。

另一方面，使推拔波導路中 2 條溝之深度互相產生差異而加以變化，設定為對通過光波導路中心之縱剖面成非

(10)

對稱形狀，藉此可激振出特定高次模式，針對模式分散相位整合型波長轉換元件，可形成轉換效率較高的波導路。

做為光控制元件所使用之基板，以具有非線性光學效果、光電效果、熱電效果或壓電效果者為佳；藉由利用此等，可提供波長轉換元件、EO 裝置、電場感測器等多種用途的光控制元件。

又做為基板材料，藉由使用 LiNbO_3 、 LiTaO_3 或 KTiOPO_4 ，可提供光波導特性或電場等之調變特性優良的各種光控制元件。

然而，為了使用 $10\mu\text{m}$ 以下之基板來形成上述單模的脊型波導路，必須使用具有次微米等級之精確度的加工方法。因此本發明中針對脊型波導路的最少一部分，係使用集束離子束（FIB）或雷射光束的最少一方來進行加工。

FIB 係將限縮後之錄等離子束照射於對象物，使對象物表面之原子、分子噴濺，來加工對象物表面者。而且市售之 FIB 加工裝置中，還附加有 SIM（掃描型離子顯微鏡：Scanning Ion Microscopy），可以一邊看 SIM 影像一邊決定加工場所，而可達成極高精確度的加工。

又，使用雷射光束（LB）也同樣可進行次微米等級的加工，可配合要加工之基板種類或加工場所等，分別使用 FIB 和 LB。又，也可同時使用兩者。

更且，雖然可用 FIB 或 LB 來形成設置於光控制元件的所有溝，但是溝形成部分較多的情況下，製造時間會拉長，而成為製造成本提高的原因。因此在傳播模式也可以

(11)

為多模的場所，使用濕蝕刻或乾蝕刻、或切割鋸等來形成溝，之後再使用 FIB 或 LB 加工，可抑制製造時間與製造成本。

又，FIB 或 LB 不只使用於溝之形成，也可用來例如調整脊型波導路之側面角度，或是將蝕刻或切割鋸等一次加工後的基板表面（局部異常形狀等），以 FIB 等來整修而形成為平滑等，有各種應用。藉此可減少脊型部分之側面或溝內面的粗糙，而可防止光波散亂，實現傳播損失較少的光控制元件。

尤其在 FIB 或 LB 之二次加工時，可利用一次加工中所形成之光控制元件的光波導路，對該光波導路射入光線，一邊監控測量從光控制元件射出之光線，一邊進行二次加工。藉此，可製造出擁有更理想特性的光控制元件。另外也可因應必要，一邊使裝入光控制元件之光迴路動作，一邊施加二次加工，在更接近光控制元件之動作環境的狀態下加工。更且可以使二次加工所使用之 LB 與射入光控制元件之光波波長不同，即使對監控光射入加工用 LB 也可輕易分離波長加以測量，而維持更高的加工精確度。

其次，第 5 圖係表示本發明之光控制元件之一部分的其他實施例，係於具有光電效果之基板 1 形成脊型波導路者。脊型波導路係由 2 條溝 30 來形成。

第 5 圖中，基板 1 之端部側（範圍 A）和基板 1 之內部側（範圍 B），其溝的深度不同，結果使脊型部分的光波導路寬度產生變化。

(12)

使用基板 1 之厚度在 $10\mu\text{m}$ 以下的薄板時，爲了將範圍 A 之光波導路 31 做爲單模波導路，必須將溝 30 或 32 之寬度設定在 $1\mu\text{m}$ 以下。因此對範圍 A 或 B 使用 FIB 或 LB 進行加工，而對於範圍 C 則因應必要，使用先前之蝕刻或切割鋸等來加工。又，傳播模式在範圍 A 與範圍 B 之間產生變化時，兩者間的形狀會連續性變化，故以連續改變溝 30 或 32 之寬度爲佳。

第 5 圖中，做爲推拔波導部之範圍 B 的形狀，對通過光波導路之中心的縱剖面（通過單點破折線 Y 而垂直於基板 1 的面）成略對稱形狀。因此將光纖或透鏡等對照型光元件與該光控制元件耦合時，可提高耦合效率。又，可抑制推拔波導部中高次模式光的產生。

另一方面，第 6 圖中做爲推拔波導部之範圍 B 的形狀，對通過光波導路之中心的縱剖面（通過單點破折線 Y 而垂直於基板 1 的面）成非對稱形狀，故會激振出多模光，或是針對模式分散相位整合型波長轉換元件，可形成轉換效率較高的波導路。另外 41 係脊型部分之光波導路，40 或 42 則表示溝。

〔產業上之可利用性〕

如以上所說明般，若依本發明，則針對具有脊型波導路之光控制元件，可提供一種具有單模波導路的光控制元件；尤其即使是基板厚度在 $10\mu\text{m}$ 以下的薄板，也可高精度且安定地製造提供一種具有單模波導路的光控制元件

(13)

【圖式簡單說明】

[第 1 圖]具有脊型波導路之光控制元件的剖面圖。

[第 2 圖]表示脊型波導路之形狀與傳播模式之關係的圖表。

[第 3 圖]表示先前以蝕刻加工形成溝時，基板剖面之型態的圖。

[第 4 圖]表示本發明之光控制元件之實施例的圖。

[第 5 圖]表示本發明之光控制元件之其他實施例（推拔波導路為對稱形狀的圖）。

[第 6 圖]表示本發明之光控制元件之其他實施例（推拔波導路為非對稱形狀的圖）。

【主要元件符號說明】

1：基板

2：黏著層

3：補強板

4、21、31、41：波導路

5、20、30、32、40、42：溝

6：厚板波導路

10：遮罩

11：底切痕

12：局部異常形狀

十、申請專利範圍

1. 一種光控制元件，係具有形成了光波導路的基板；其特徵係

該基板為厚度 $10\mu\text{m}$ 以下的薄板；

該基板上係隔著接著層而黏貼有補強板；

最少該波導路之一部份為脊型波導路；

該脊型波導路中最少一部分之兩側，具有寬度 $10\mu\text{m}$ 以下的溝；

並具有：被配置了光控制元件的入射部或出射部之任一者，藉由使該溝之寬度或深度作連續變化，而將該波導路之光傳播模式在單模態與多模態間連續變化的推拔波導部。

2. 如申請專利範圍第 1 項所記載之光控制元件，其中，在該配置部之波導光會成為單模光。

3. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所記載之光控制元件，其中，該推拔波導部對於通過該波導路之中心的縱剖面，係成略對稱形狀。

4. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所記載之光控制元件，其中，該推拔波導部對於通過該波導路之中心的縱剖面，係成非對稱形狀。

5. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所記載之光控制元件，其中，該基板係具有非線性光學效果、光電效果、熱電效果或壓電效果。

6. 如申請專利範圍第 5 項所記載之光控制元件，其

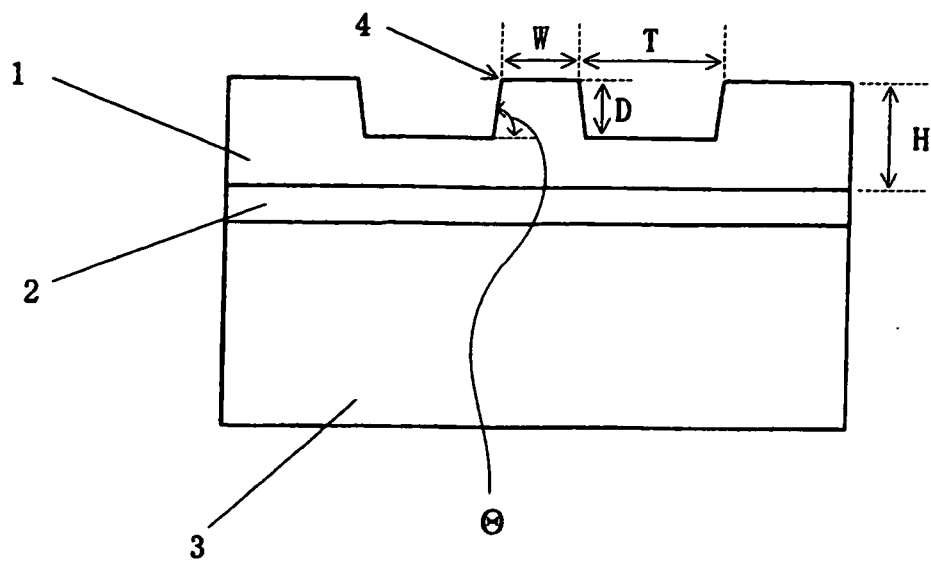
中，該基板為 LiNbO_3 、 LiTaO_3 或 KTiOPO_4 。

7. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所記載之光控制元件，其中，該脊型波導路之最少一部分，係使用集束離子束或雷射光束加工的最少任一種來形成。

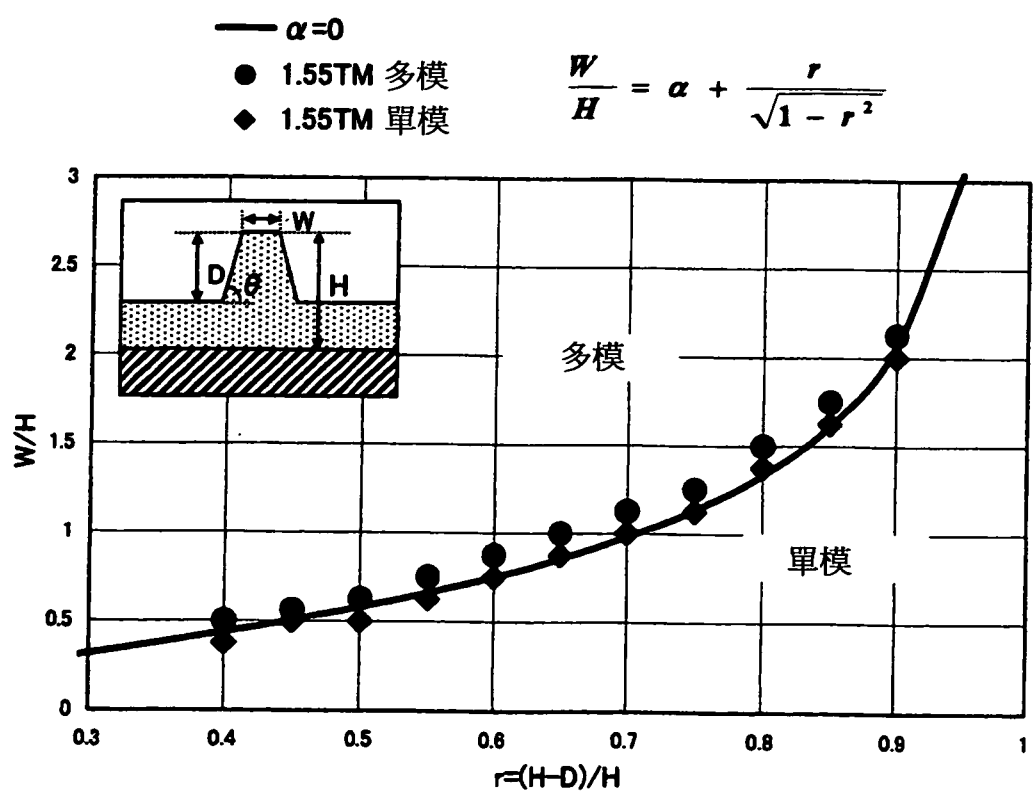
8. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所記載之光控制元件，其中，該脊型波導路係藉由蝕刻或機械加工來一次加工之後，才藉由集束離子束或雷射光束加工的最少任一種來進行修飾加工。

9. 一種光控制元件之製造方法，係製造申請專利範圍第 8 項所記載之光控制元件；其特徵係對該光控制元件導入光線，一邊測量該導入之光線，一邊進行修飾加工。

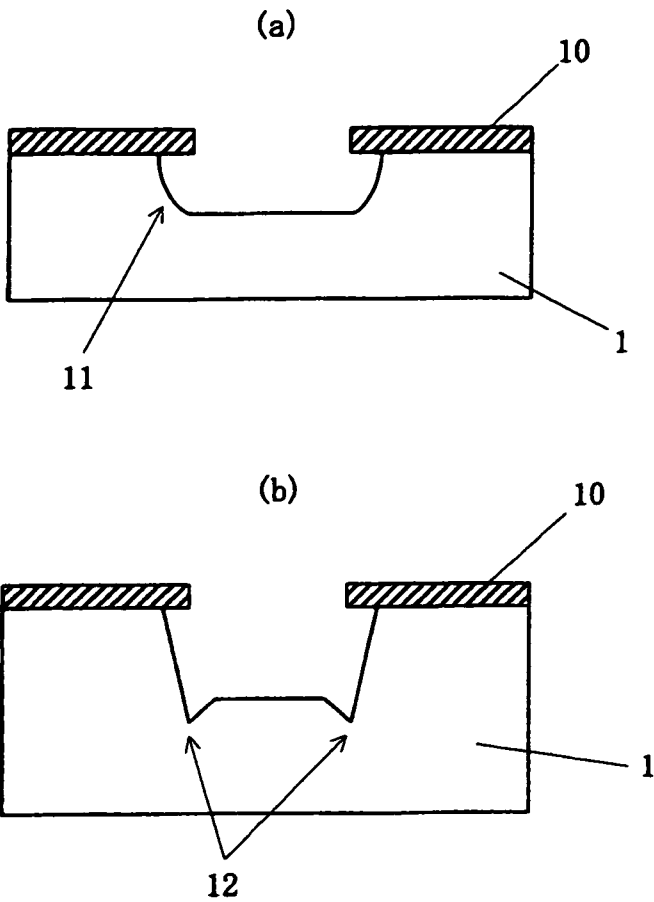
第1圖



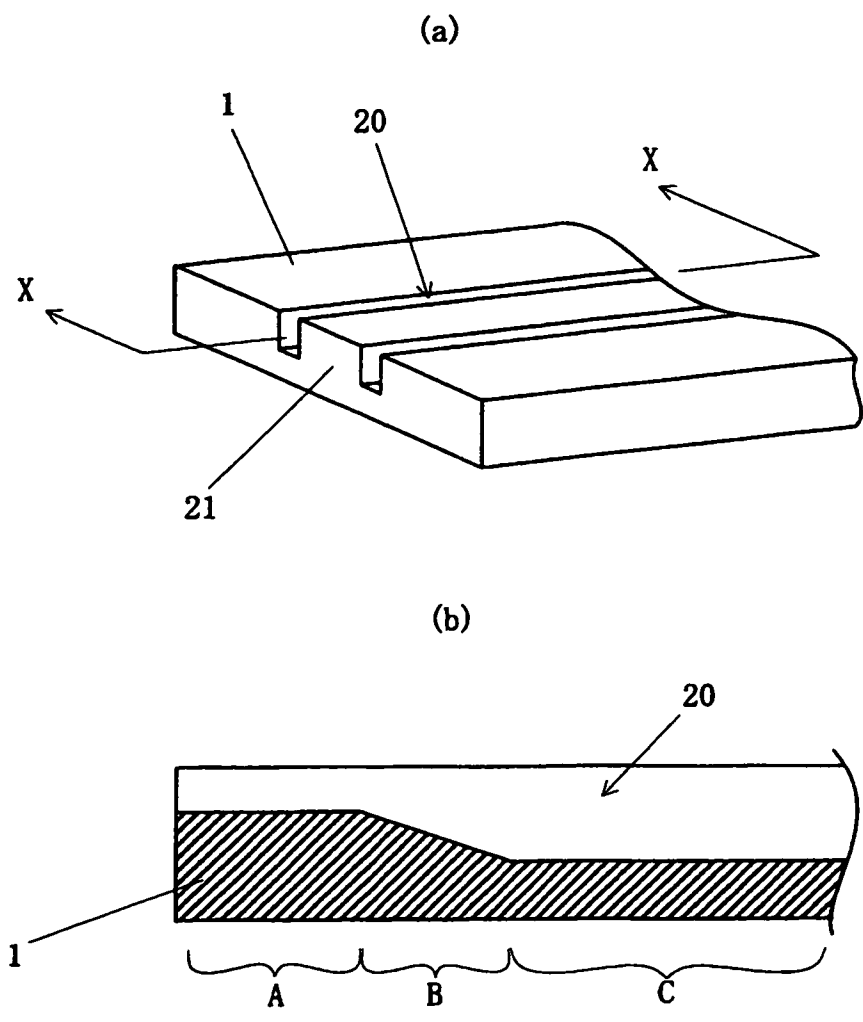
第2圖



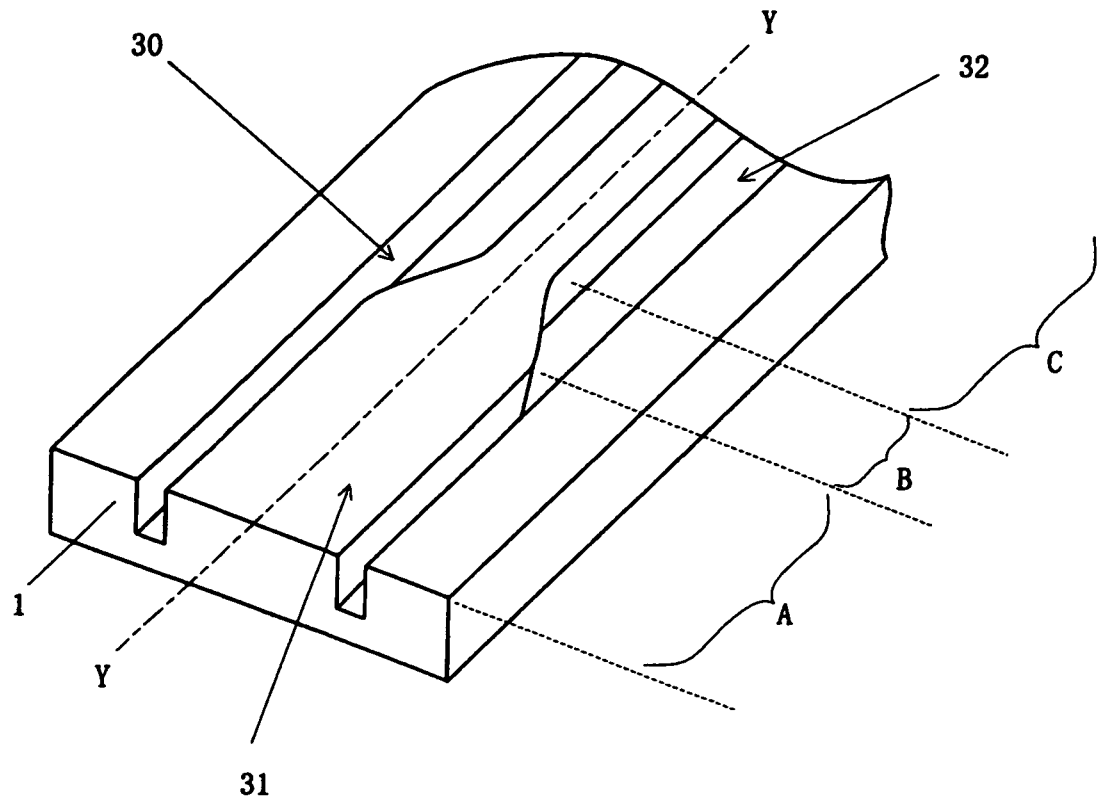
第3圖



第4圖



第5圖



第6圖

