



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201217844 A1

(43)公開日：中華民國 101 (2012) 年 05 月 01 日

(21)申請案號：100117870

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 05 月 20 日

(51)Int. Cl. : **G02B6/122 (2006.01)**

(30)優先權：2010/06/30 日本 2010-149255

(71)申請人：萬國商業機器公司(美國) INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES
CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：平洋一 TAIRA, YOICHI (JP)；小原小百合 KOHARA, SAYURI (JP)；海魯克斯
珍 班奈特 HEROUX, JEAN BENOIT (CA)

(74)代理人：蔡玉玲

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：6 項 圖式數：9 共 30 頁

(54)名稱

減少光波導中位於交叉點之損失的設計

DESIGN FOR REDUCING LOSS AT INTERSECTION IN OPTICAL WAVEGUIDES

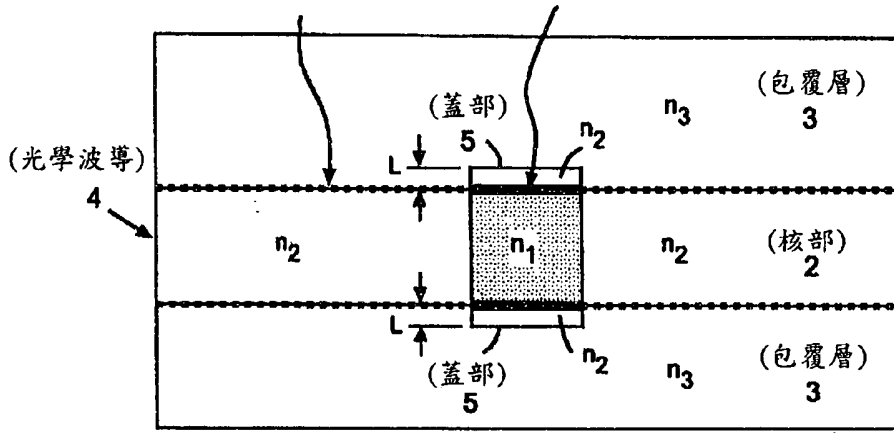
(57)摘要

降低在光學波導中由複數相交核部所形成之核部交叉(core intersection)空間(典型具有立方體形狀)之六個平面的光學損失量。揭露在由複數核部與包圍核部之包覆層(clad)所形成之光學波導中之核部交叉結構，此結構之特徵在於將與核部相同的材料(而不是利用包覆層材料)加到複數個核部相交的各核部交叉空間的兩個平面(上平面與下平面)。揭露在由複數核部與包覆層所形成之光學波導中之核部交叉結構，此結構之特徵在於劃分(分隔)複數核部相交之各核部交叉處之四個平面，亦即在核部交叉空間與連接至該空間之核部間之四個不連續空間，係利用與包覆層相同的材料填充(而不是利用核部材料，使得核部交叉空間無縫地連接到周圍的核部交叉空間)。

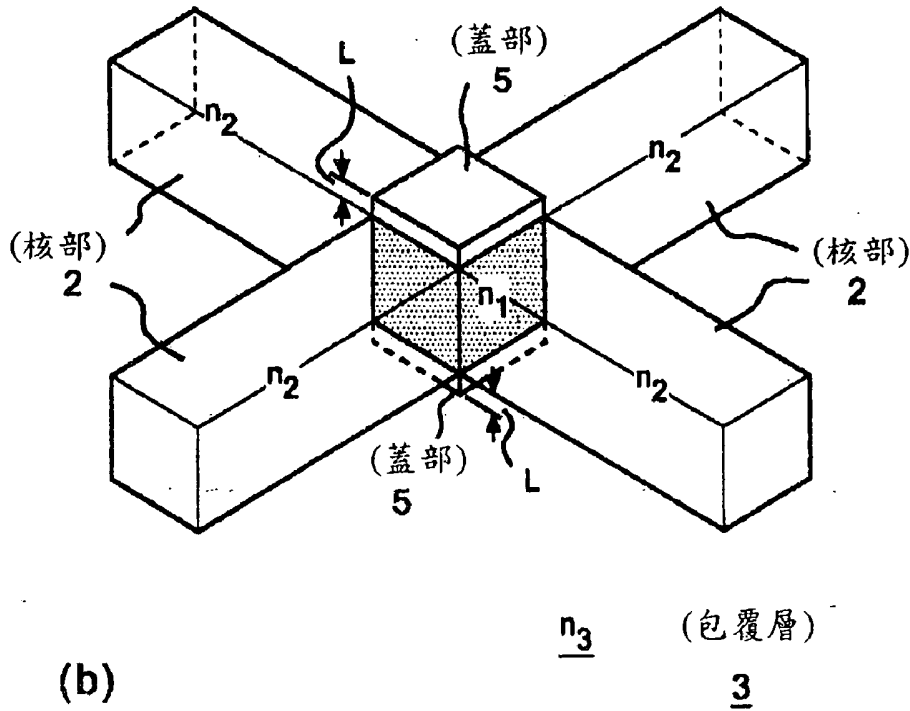
$$\frac{n_3}{n_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

核部不屬於核部交叉空間的「介面」

核部交叉空間的「介面」



(a)



(b)

- 1: 核部交叉處
- 2: 核部
- 3: 包覆層
- 4: 光學波導
- 5: 蓋部
- n_1 : 核部交叉處折射率
- n_2 : 核部折射率
- n_3 : 包覆層折射率



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201217844 A1

(43)公開日：中華民國 101 (2012) 年 05 月 01 日

(21)申請案號：100117870

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 05 月 20 日

(51)Int. Cl. : **G02B6/122 (2006.01)**

(30)優先權：2010/06/30 日本 2010-149255

(71)申請人：萬國商業機器公司(美國) INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES
CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：平洋一 TAIRA, YOICHI (JP)；小原小百合 KOHARA, SAYURI (JP)；海魯克斯
珍 班奈特 HEROUX, JEAN BENOIT (CA)

(74)代理人：蔡玉玲

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：6 項 圖式數：9 共 30 頁

(54)名稱

減少光波導中位於交叉點之損失的設計

DESIGN FOR REDUCING LOSS AT INTERSECTION IN OPTICAL WAVEGUIDES

(57)摘要

降低在光學波導中由複數相交核部所形成之核部交叉(core intersection)空間(典型具有立方體形狀)之六個平面的光學損失量。揭露在由複數核部與包圍核部之包覆層(clad)所形成之光學波導中之核部交叉結構，此結構之特徵在於將與核部相同的材料(而不是利用包覆層材料)加到複數個核部相交的各核部交叉空間的兩個平面(上平面與下平面)。揭露在由複數核部與包覆層所形成之光學波導中之核部交叉結構，此結構之特徵在於劃分(分隔)複數核部相交之各核部交叉處之四個平面，亦即在核部交叉空間與連接至該空間之核部間之四個不連續空間，係利用與包覆層相同的材料填充(而不是利用核部材料，使得核部交叉空間無縫地連接到周圍的核部交叉空間)。

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明關於具有交叉處之光學波導及其製造方法。

【先前技術】

近年來，為了解決訊號延遲、更快的傳輸速率、以及因為較高封裝密度與電子系統效能之其他問題，在封裝密度與類似方面較佳之光學線路已受到注目。

由於對光學線路很重要的光學電路非常昂貴，所以可利用簡單方法低成本製造且以樹脂材料(例如塑膠材料)製成的光學波導被認為是很有前景的技術。

光學波導主要由核部與包覆層所組成，且典型具有包覆層包圍核部的組態。根據核部與包覆層間折射率的差異以及光照到核部與包覆層間之界面的入射角，重複光據以傳播之反射與折射。

為了容易製造與降低成本，光學波導與其核部形成於平面基板。然而，利用具有平面結構之光學波導的光學線路，有時需要使複數核部相交叉。雖然交叉處不可避免會有光學損失，但是必須最小化交叉處之光學損失。

於具有交叉處之光學波導中，為了降低在交叉處的漏光量，公開未審的專利申請案 2004-205537 號描述設計二維平面結構之方法，其中在三個折射係數 n 的差異滿足 n_1 (核部的交叉

處) $>n_2$ (核部) $>n_3$ (包覆層)，以及描述製造具有二維平面結構之光學波導的方法。

然而，公開未審的專利申請案 2004-205537 號並未描述各核部交叉處為三維結構之設計，以及並未將核部交叉處上方與下方之介面考慮進去。

公開未審的專利申請案 3-287206 號描述具有核部彼此相交之交叉處的 X 形交叉光學波導。於此光學波導中，有效折射率不連續帶(雜質區或溝槽)形成於要連接到交叉處之核部連接到交叉處的各部分。

然而，X 形交叉光學波導不具有不連續帶分隔整個核部的組態，而是具有僅改變提供於核部上方之上包覆層之厚度的組態。再者，X 形交叉光學波導的目的僅容許有效折射率不連續帶作用成阻光區，當光傳播通過時以降低在交叉處的漏光量。

公開未審的專利申請案 2006-139149 號描述具有格形核層形成於其中的光學波導，其亦具有延伸於平行光行進方向並分隔核層中之交叉處的縫隙，以及描述製造此光學波導之方法。於公開未審的專利申請案 2006-139149 號中，提供縫隙以避免光學損失。

然而，公開未審的專利申請案 2006-139149 號並未描述以包覆層材料填充分隔部分，或並未考慮使用相同材料來填充三維分開部分以及來形成分隔部分的上方與下方部分。

【發明內容】

本發明之目的在於降低由複數相交核部所形成之各核部交叉空間(典型具有立方體形狀)之六個平面的光學損失量。換言之，降低光學損失量為降低在技術上影響先前技術之漏光量或補陷光量。

本發明第一實施例揭露一種在由複數核部與包覆層所形成之光學波導中的核部交叉結構，此結構之特徵在於將與核部相同的材料(而不是利用包覆層材料)加到複數個核部相交的各核部交叉空間的兩個平面(上平面與下平面)。

本發明之第二實施例揭露一種在由複數核部與包覆層所形成之光學波導中之核部交叉結構，此結構之特徵在於劃分(分隔)複數核部相交之各核部交叉處之四個平面，亦即在核部交叉空間與其連接之核部間之四個不連續空間，係利用與包覆層相同的材料填充(而不是利用核部材料，使得核部交叉空間無縫地連接到周圍的核部交叉空間)。

在由複數相交的核部所形成之核部交叉空間(典型具有立方體形狀)中，可降低光傳播損失量(漏光量)以及可捕捉光。

【實施方式】

圖 1 為顯示光學波導主要組態之示意圖。圖 1a 為光學波導的平面圖。光學波導 4 由核部 2 與包覆層 3 所形成。

於圖 1 所示之範例中，三條線性核部 2 於垂直方向彼此平行設置，且三條線性核部 2 於水平方向彼此平行設置。垂直設置的核部 2 與水平設置的核部彼此不平行，而是在平面圖上以直角彼此相交。因此，核部 2 形成網格。

只要複數核部 2 設置成包含在平面中彼此不平行之核組合的單層核形式，就產生核部 2 的交叉處 1，此在幾何意義上是必然的。圖 1 所示的範例顯示有 9 個核部交叉處 1。

包覆層 3 設置成使其包圍複數核部 2 並根據與複數核部 2 之關係形成介面。

圖 1b 為沿著圖 1a 之 A-A' 線的剖面圖，而圖 1c 為沿著圖 1a 之 B-B' 線的剖面圖。現在假設三個折射率 n 之間差異滿足 $n_1(\text{核部的交叉處}) > n_2(\text{核部}) > n_3(\text{包覆層})$ 。此折射率設定亦描述於公開未審的專利申請案 2004-205537 號。

圖 2 為顯示輸入/輸出光進出圖 1 之光學波導與漏光間之關係之示意圖。如圖 2a 所示，輸入光線性地傳播通過核部 2，若可能的話，100% 的輸入光理想上導引通過核部 2 做為輸出光。然而，於各交叉處，部分的光漏到水平相交核部，造成光學損失，如圖 2b 所示。

於圖 2a 所示的範例中，輸入光可流到兩個方向：於一案例中，輸入光從左側輸入而從右側輸出；於另一案例中，輸入光從下側輸入而從上側輸出。因此，應了解光學損失不僅發生在

光流向平面圖的一個方向，光傳播損失也發生在光流到平面圖之二維上的不同方向，皆須列入考量。

圖 3 為核部交叉處之結構之透視圖，以及沿著圖 1a 之 C-C' 線之剖面圖。核部交叉處 1 為(總是)具有固定高度(厚度)H 的空間，且當複數核部 2 以直角(圖 1a 中 90 度)彼此相交時，核部交叉處 1 具有立方體形狀。核部交叉處 1 的寬度為 W1 及 W2。當複數核部 2 傾斜地彼此相交且各對核部 2 形成 X 形(不是以圖 1a 中 90 度的交角相交)時，造成的空間為具有高度(厚度)H 之類似鑽石形狀。於後，核部交叉處 1 有時稱為核部交叉空間 1。

核部交叉空間 1 具有六個平面：上平面、下平面、以及四個側平面。現在觀看核部交叉空間 1 與其周圍。核部交叉空間 1 的上平面設置有包覆層 3(包圍核部交叉空間 1)且與包覆層材料以介面相接觸，而核部交叉空間 1 的下平面設置有包覆層 3(包圍核部交叉空間 1)且與包覆層材料以介面相接觸。另一方面，核部交叉空間 1 的四個側平面無縫地連接周圍核部 2(以形成無縫空間)。

上述參考圖 1、2、以及 3 的說明與前案公開未審的專利申請案 2004-205537 號的說明相同。於本發明中，前案的全部或部分整合於此做為基本組態，以下說明為組態的改良。

[第一實施例]

圖 4 顯示根據本發明第一實施例之光學波導中交叉處的組態。圖 4 所示的組態的特徵在於：參考圖 3 所示之核部交叉空

間 1 之兩個平面(上平面與下平面)上的部分是由與核部 2 相同的材料所形成，使得與核部 2 相同的材料形成與包覆層 3 的介面。換言之，圖 4 所示之結構的特徵在於：核部交叉空間 1 之上平面與下平面上的部分不是由包覆層材料所形成，而是用與核部 2 相同的材料形成蓋部 5。

各核部 2 的剖面形狀較佳實質為方形，以容許光等向地傳播。當各核部 2 的剖面形狀為方形時，核部交叉空間 1 具有立方體形狀。

使用上述特徵組態的技術意義在於：調整在核部交叉空間 1 之兩個介面(上介面與下介面)的各個介面之折射率比的能力。換言之，整體反射率比調整成使得在核部交叉空間 1 之介面的折射率比(連續地)等於不屬於核部交叉空間 1 之核部 2 之介面的折射率比。

實際上，由於核部交叉空間 1 的折射率為 n_1 ，且由與核部 2 相同材料製成之各個蓋部的折射率為 n_2 ，所以在上介面與下介面之折射率比為 n_2/n_1 。

另一方面，由於在不屬於核部交叉空間 1 之位置的核部 2 與包覆層 3 接觸之處之介面的折射率比為 n_3/n_2 ，此設計蓋念在於折射率比跨越上述複數介面不會改變(保持固定)，可由以下公式(1)表示：

$$n_2/n_1 = n_3/n_2 \quad (\text{公式(1)})。$$

各蓋部的高度(厚度) L 可足夠高而不會改變跨界面的折射率比(而是使得折射率比保持固定)，實際上，降低了從光學波導漏出之輸入光漏光量。高度亦可根據輸入光波長及其模式，且可於設計程序中適當調整。

如上所述，核部交叉空間 1、核部 2、以及包覆層 3 可利用具有不同折射率的材料來設計。再者，已知可於之後的階段，係利用之後所述與材料有關之效應來改變折射率，例如藉由用光照射材料。此類效應可用於本發明。

因此，光學波導可由樹脂材料製成，且形成於光固化程序或任何適當程序。上述包含蓋部之組態可於微影圖案化製程製造。

舉例而言，當用光照射時，已知樹脂材料的折射率增加，具體而言，當曝光量越大時，折射率的增加量越大。另一方面，當用光照射時，亦有已知樹脂材料的折射率減少，具體而言，當曝光量越大時，折射率的減少量越大。於微影圖案化製程中，此類材料可輕易地用於形成蓋部的製程。

[第二實施例]

圖 5 顯示根據本發明第二實施例之光學波導中交叉處的組態。此組態之特徵在於：在各對核部 2 與對應核部交叉空間 1 之間的四個不連續空間 6(其為劃分(分隔)將圖 3 之核部交叉空間 1 之四個側平面，亦即核部 2 通常應連接到核部交叉空間 1 之位置)，填充有與包覆層 3 相同的材料。換言之，圖 5 所示結

構之特徵在於：核部交叉空間 1 的四個側平面不以核部材料填充使核部交叉空間 1 無縫地連接到相鄰核部 2，而是填充有與包覆層 3 相同的材料。

換言之，此結構是考量到不僅利用相同材料填充不連續空間(其為三維劃分的部分)，還形成不連續空間的上方與下方部分之設計。亦即，劃分的核部以包覆層材料填充，因而藉此橋接。

於一些案例中，於幾何意義上，各不連續空間描述成例如間隙或溝槽(核部的間隙或溝槽，核部通常應無縫地連接但實際上不是)。不連續空間可於微影圖案化製程中形成，或可藉由暫時形成無縫核，且利用雷射或機械程序切割無縫核產生不連續空間，以及利用包覆層材料填充不連續空間而形成。由於使用與不連續空間上方及下方部分之包覆層材料相同的包覆層材料，可輕易地實施填充程序。

圖 6 顯示用於計算本發明第二實施例之光學波導中交叉處之損失量的模型，亦顯示利用此模型與光束傳播方法計算的傳播損失。圖 6a 顯示用於四個側平面各提供有間隙之案例的模型。

用於計算的條件如下：核部 2 之折射率 n_2 為 1.593(其為選自 1.4 至 1.6 的值)、包覆層 3 之折射率 n_3 為 1.542(其為選自 1.4 至 1.6 的值)、折射率相對差異 Δ 為 5%(顯示於以下圖 9a 之水平軸(公式(2))、核部交叉空間 1 具有立方體形狀、核部 2 具有方形剖面形狀且 $H=W_1=W_2=35\ \mu\text{m}$ 、以及輸入光波長 λ 為 850nm。

圖 6b 顯示利用此模型計算的傳播損失。於圖 6b 中，水平軸表示間隙間距，而垂直軸表示損失。當間隙間距 δ 為 $2\mu\text{m}$ (δ_{min}) 或具有附近的值時，此模型尤其重要。換言之，在溝槽間距 δ 為 1 至 $6\mu\text{m}$ 之數值範圍，此模型很重要，而在溝槽間距 δ 為 1 至 $4\mu\text{m}$ 之數值範圍，此模型更為重要。圖 6b 顯示當溝槽間距為 δ_{min} 時，最小化光傳播損失。

圖 7 顯示對應圖 6 之模型的折射率分布。於圖 7 中，水平軸表示在垂直光傳播方向之方向上的位置，而垂直軸表示在光傳播方向上的位置。交叉處位在垂直軸中央。於圖 7 中之數值單位為入射光波長(850nm)。

圖 8 顯示利用光束傳播方法(BPM)計算的光電場強度分布。於圖 8 中，水平軸與垂直軸對應與圖 7 相應的量測，且水平軸的刻度比例比圖 7 中的放大兩倍。圖 8 顯示以扇形延伸的變化表示在交叉處的漏光，雖然漏光量很小。

圖 9 顯示針對第二實施例之光學波導中的任意折射率相對差異 Δ 以及包覆層之任意折射率 n_3 ，如何決定最小化光傳播損失的間隙間距 δ_{min} 。圖 9a 顯示當波長 850nm 的光入射到本發明圖 6 所示之第二實施例的光學波導時，最小化傳播損失之間隙間距 δ_{min} 對上包覆層與核部間之折射率相對差異 Δ 。圖 9a 顯示包覆層之折射率 n_3 為 1.5 且光波長為 850nm 之案例。圖 9a 中的線為表示在線性近似後 δ_{min} 與 Δ 間之關係的圖式。針對其他的 n_3 值，可利用線性近似類似地處理 δ_{min} 與 Δ 間之關係。圖 9b 顯示在線性近似後圖中截距 A 與斜率 B(係表示圖 9a 中 δ_{min}

與 Δ 間之關係)對上包覆層之折射率 n_3 。於圖 9b 中的線為表示在線性近似後上述關係的圖式。圖 9c 為表格，其含有代表線性近似後 A 與 n_3 間之關係的圖式中的截距 A_0 與斜率 D 對上波長。圖 9c 亦顯示線性近似後 B 與 n_3 間之關係的圖式中的截距 B_0 與斜率 E 對上波長。由表中可知，可針對任意折射率相對差異 Δ 與包覆層之任意折射率 n_3 ，計算最小化光傳播損失之間隙間距 δ_{\min} 。

上述的理論計算在以下條件下施行。

<溝槽間距範圍>

溝槽間距的範圍在以下條件下計算：

包覆層折射率 n_3 ：1.4 至 1.8

入射光波長 λ ：850 至 1350nm

核部與包覆層間之折射率相對差異 Δ ：1 至 5%

於波導中核部之寬度與高度 W_1 、 W_2 、以及 H ：30 至 50 μm (於此計算中 $W_1=W_2=H$)

<如何決定溝槽間距>

針對包覆層之任意折射率 n_3 、光的任意波長 λ 、以及包覆層與核部間之特定折射率相對差異，最小化光學波導中光傳播損失的溝槽間距 δ_{\min} ，可利用以下方法決定。圖 9a 所示之圖式表示當包覆層折射率 n_3 為 1.5 時，最小化光學波導中光傳播損失的溝槽間距 δ_{\min} 對上利用光束傳播方法計算 δ_{\min} 時之折射率相對差異 Δ 。所得資料經過線性近似後如下：

$$\delta_{\min} = B\Delta + A \quad (\text{公式(3)})。$$

於公式(3)中，B 表示斜率，而 A 表示 Y 截距。可針對包覆層折射率 n_3 之其他值，類似地執行線性近似，以決定斜率及 Y 截距。

圖 9b 所示之圖式表示斜率 A 與 Y 截距 B 對上包覆層折射率 n_3 。經過線性近似之圖式由以下公式表示：

$$A = Dn_3 + A_0 \quad (\text{公式(4)})$$

$$B = En_3 + B_0 \quad (\text{公式(5)})。$$

於公式(4)及(5)中，D 及 E 表示個別圖式之斜率參數，而 A_0 及 B_0 表示個別圖式之 Y 截距參數。

因此，可根據以下決定最小化光傳播損失之溝槽間距 δ_{\min} ：

1. 利用公式(4)及(5)，針對所需的 n_3 值，計算 A 及 B 的值。
2. 利用公式(3)與上述 1 所得之 A 及 B 的值，決定 δ_{\min} 。

當交叉空間之尺寸為 $H(\text{高度})=W_1(\text{寬度})=W_2(\text{寬度})=35 \mu\text{m}$ ，且折射率相對差異 $\Delta=5\%$ 時，溝槽間距 δ 決定為 $2 \mu\text{m}$ 。

當交叉空間之尺寸為 $H(\text{高度})=W_1(\text{寬度})=W_2(\text{寬度})=30$ 至 $50 \mu\text{m}$ ，且折射率相對差異 $\Delta=2$ 至 5% 時，溝槽間距 δ 決定為 1 至 $6 \mu\text{m}$ 。

本發明已參考步階式折射率光纖說明，在核部與包覆層間

之「介面」，其折射率以步階方式改變。本發明亦適用於梯度式折射率光纖(GI 光纖)，其中核部之折射率不是均勻地而是梯度式的。於 GI 光纖中，折射率在中心具有最大值，逐漸朝核部周圍遞減，而在與包覆層相接的介面等於包覆層的折射率。GI 光纖之折射率在核部與包覆層間的介面不是步階式的改變。

亦即，「介面」是「根據」核部與包覆層間之「關係所形成」，且不需要清楚定義成固定空間或固定物理位置。根據波長 λ 以及根據光照到「介面」的入射角，重複光據以傳播之反射與折射。「介面」一詞的意義應在本發明技術概念下廣泛的解釋。

因此，應注意折射率的設定不需要根據核部交叉區具有折射率 n_1 、核部具有 n_2 、以及包覆層具有 n_3 之正好均勻材料，但是熟此技藝者在某些案例中可達成本發明之技術概念。

【圖式簡單說明】

圖 1 為顯示光學波導之主要組態之示意圖；

圖 2 為顯示輸入/輸出光進出圖 1 之光學波導與漏光間之關係之示意圖；

圖 3 為核部交叉處之結構之透視圖；

圖 4 顯示根據本發明第一實施例之光學波導中交叉處的組態；

圖 5 顯示根據本發明第二實施例之光學波導中交叉處的組態；

圖 6 顯示用於計算本發明第二實施例之光學波導中交叉處之傳播損失量的模型，亦顯示利用此模型與光束傳播方法計算

的光傳播損失；

圖 7 顯示對應圖 6 之模型的折射率分布；

圖 8 顯示利用光束傳播方法(BPM)計算的光電場強度分布；以及

圖 9 顯示針對第二實施例之光學波導中的折射率相對差異 Δ ，如何決定最小化光傳播損失的間隙間距 δ_{\min} 。

【主要元件符號說明】

| | |
|----|----------|
| 1 | 核部交叉處 |
| 2 | 核部 |
| 3 | 包覆層 |
| 4 | 光學波導 |
| 5 | 蓋部 |
| 6 | 間隙 |
| n1 | 核部交叉處折射率 |
| n2 | 核部折射率 |
| n3 | 包覆層折射率 |

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：100117870

※ 申請日：100 年 05 月 20 日 ※IPC 分類：G02B 6/122 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

減少光波導中位於交叉點之損失的設計

DESIGN FOR REDUCING LOSS AT INTERSECTION IN OPTICAL
WAVEGUIDES

二、中文發明摘要：

降低在光學波導中由複數相交核部所形成之核部交叉(core intersection)空間(典型具有立方體形狀)之六個平面的光學損失量。揭露在由複數核部與包圍核部之包覆層(clad)所形成之光學波導中之核部交叉結構，此結構之特徵在於將與核部相同的材料(而不是利用包覆層材料)加到複數個核部相交的各核部交叉空間的兩個平面(上平面與下平面)。揭露在由複數核部與包覆層所形成之光學波導中之核部交叉結構，此結構之特徵在於劃分(分隔)複數核部相交之各核部交叉處之四個平面，亦即在核部交叉空間與連接至該空間之核部間之四個不連續空間，係利用與包覆層相同的材料填充(而不是利用核部材料，使得核部交叉空間無縫地連接到周圍的核部交叉空間)。

三、英文發明摘要：

The amount of optical loss is reduced at six planes of a core intersection space (typically having a cubic shape) formed by a plurality of intersecting cores in an optical waveguide. The

structure of a core intersection in an optical waveguide formed of a plurality of cores and a clad that surrounds the cores is disclosed, the structure characterized in that the same material as that of the core is added to two planes, upper and lower planes, of each core intersection spaces where the plurality of cores intersect (instead of using a clad material). The structure of a core intersection in an optical waveguide formed of a plurality of cores and a clad is disclosed, the structure characterized in that four planes that divide (isolate) each of core intersection spaces where the plurality of cores intersect, that is, four discontinuity spaces between the core intersection space and the cores connected thereto, are filled with the same material as that of the clad (instead of using a core material so that the core intersection space is seamlessly connected to surrounding core intersection spaces).

七、申請專利範圍：

1. 一種光學波導，包含：

複數線性核部，以一單層核形式設置於一平面，包含在該平面彼此不平行的核部組合且由具有折射率 n_2 之材料所製成；

一包覆層，包圍該複數核部，設置成根據與該複數核部之關係而形成介面，且由具有折射率 n_3 之材料所製成；以及

核部交叉空間，由該複數核部彼此相交而形成，且由具有折射率 n_1 之材料所製成；

其中該些折射率間的差異設定成 $n_1(\text{核部交叉處}) > n_2(\text{核部}) > n_3(\text{包覆層})$ ，

一蓋部，係由具有折射率 n_2 之材料所形成，且設置於該核部交叉空間之上平面與下平面上，以及

在根據該核部與該包覆層之關係形成之一介面的一折射率比 n_2/n_3 等於在根據該核部交叉空間與該蓋部之關係形成之一介面的一折射率比 n_1/n_2 。

2. 一種光學波導，包含：

複數線性核部，以一單層核形式設置於一平面，包含在該平面彼此不平行的核部組合且由具有折射率 n_2 之材料所製成；

一包覆層，包圍該複數核部，設置成根據與該複數核部之關係而形成介面，且由具有折射率 n_3 之材料所製成；以及

核部交叉空間，由該複數核部彼此相交而形成，且由具有折射率 n_1 之材料所製成；

其中該些折射率間的差異設定成 $n_2(\text{核部}) > n_3(\text{包覆層})$ ，

各該核部交叉空間在該核部交叉空間之四個側平面與四個相交的核部分開，

四間隙各具有一間距 δ ，係形成於四個分開的核部與核部交叉空間之間，以及

具有該間距 δ 之該四個分開的間隙各係以具有折射率 n_3 之材料填充。

3. 如申請專利範圍第 2 項所述之光學波導，其中在該核部交叉空間之尺寸 H (高度) $=W_1$ (寬度) $=W_2$ (寬度) $=35\ \mu\text{m}$ ，且一折射率相對差異 $\Delta=5\%$ 之條件下，該間隙間距 δ 為 $2\ \mu\text{m}$ 。

4. 如申請專利範圍第 2 項所述之光學波導，其中在該核部交叉空間之尺寸 H (高度) $=W_1$ (寬度) $=W_2$ (寬度) $=30$ 至 $50\ \mu\text{m}$ ，且一折射率相對差異 $\Delta=2$ 至 5% 之條件下，該間隙間距 δ 為 1 至 $6\ \mu\text{m}$ 。

5. 如申請專利範圍第 3 項所述之光學波導，其中該核部之折射率 n_2 為 1.593 ，且該包覆層之折射率 n_3 為 1.542 。

6. 如申請專利範圍第 3 項所述之光學波導，其中該核部之折射率 n_2 之範圍為 1.4 至 1.6 ，且該包覆層之折射率 n_3 之範圍為 1.4 至 1.6 。

八、圖式：

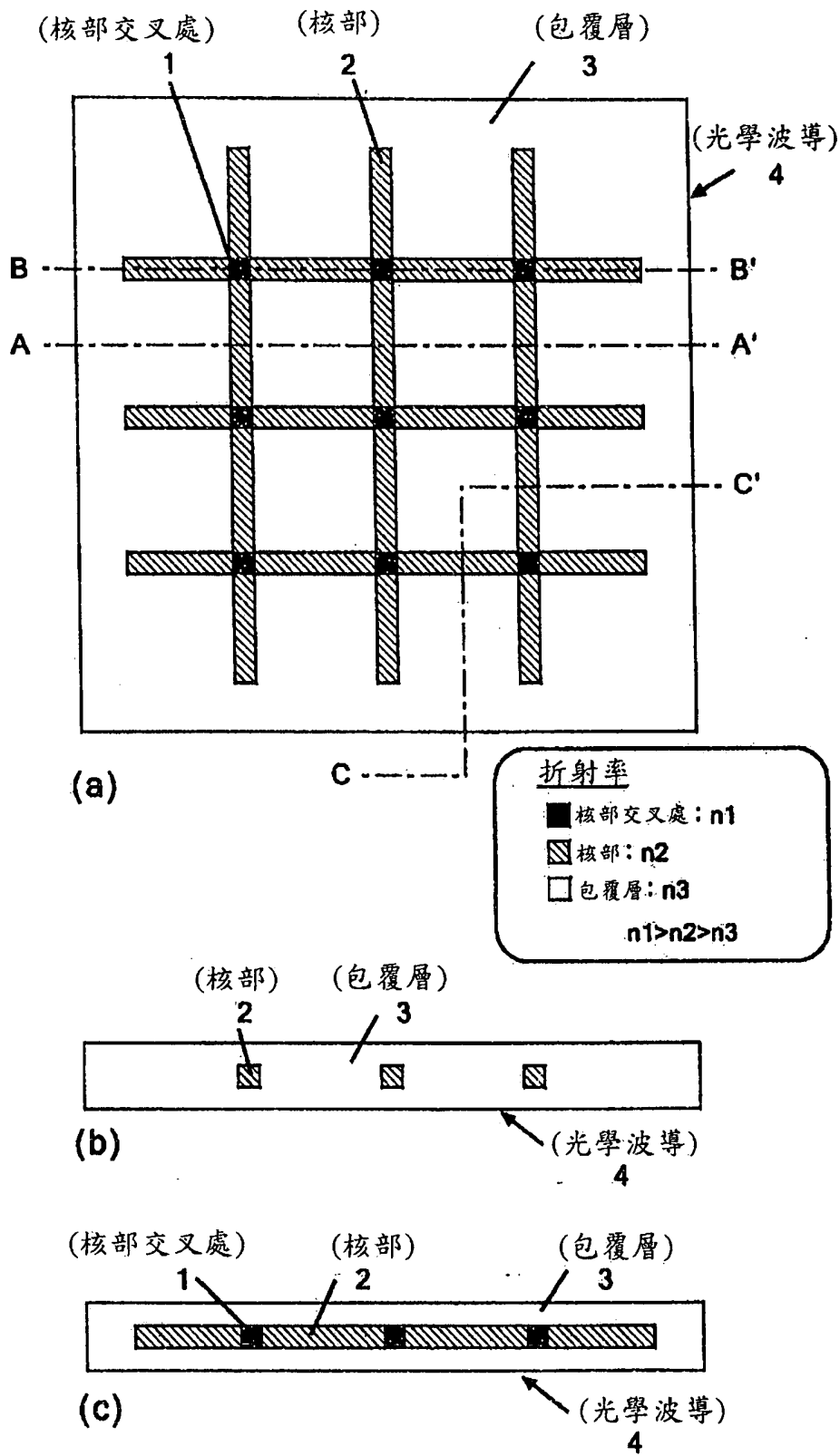


圖 1

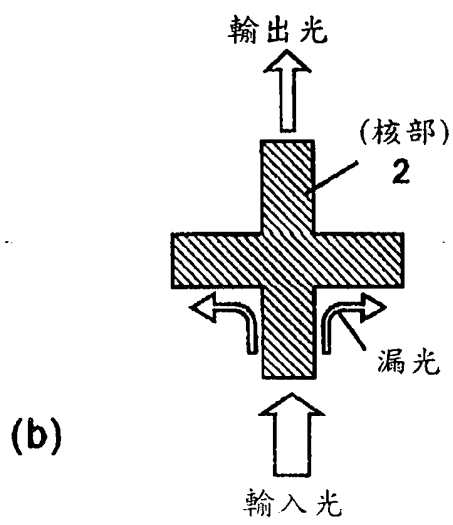
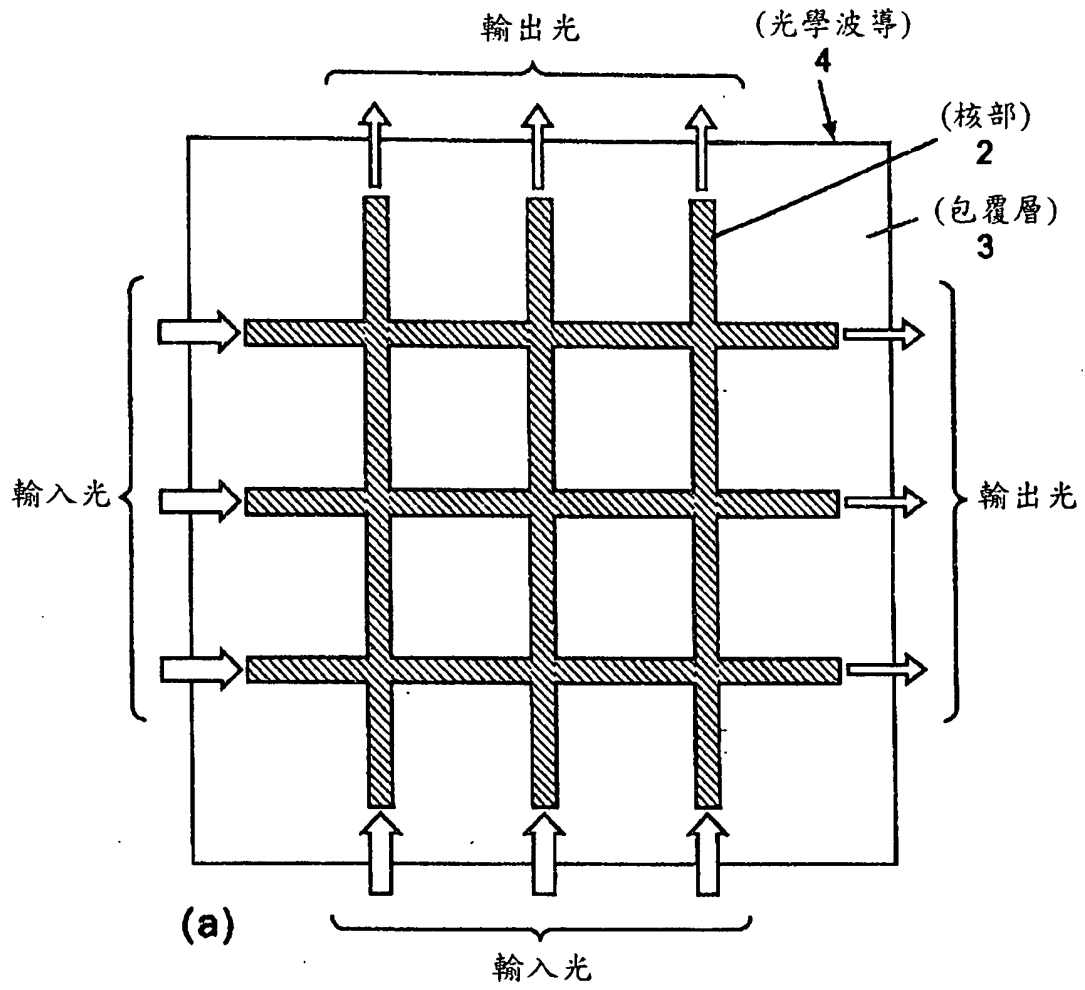


圖 2

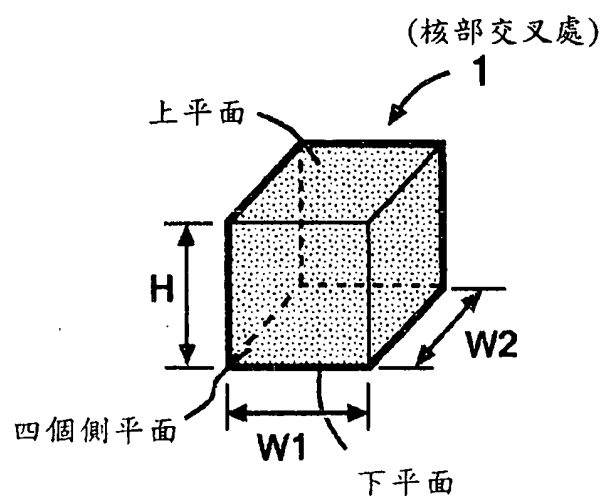
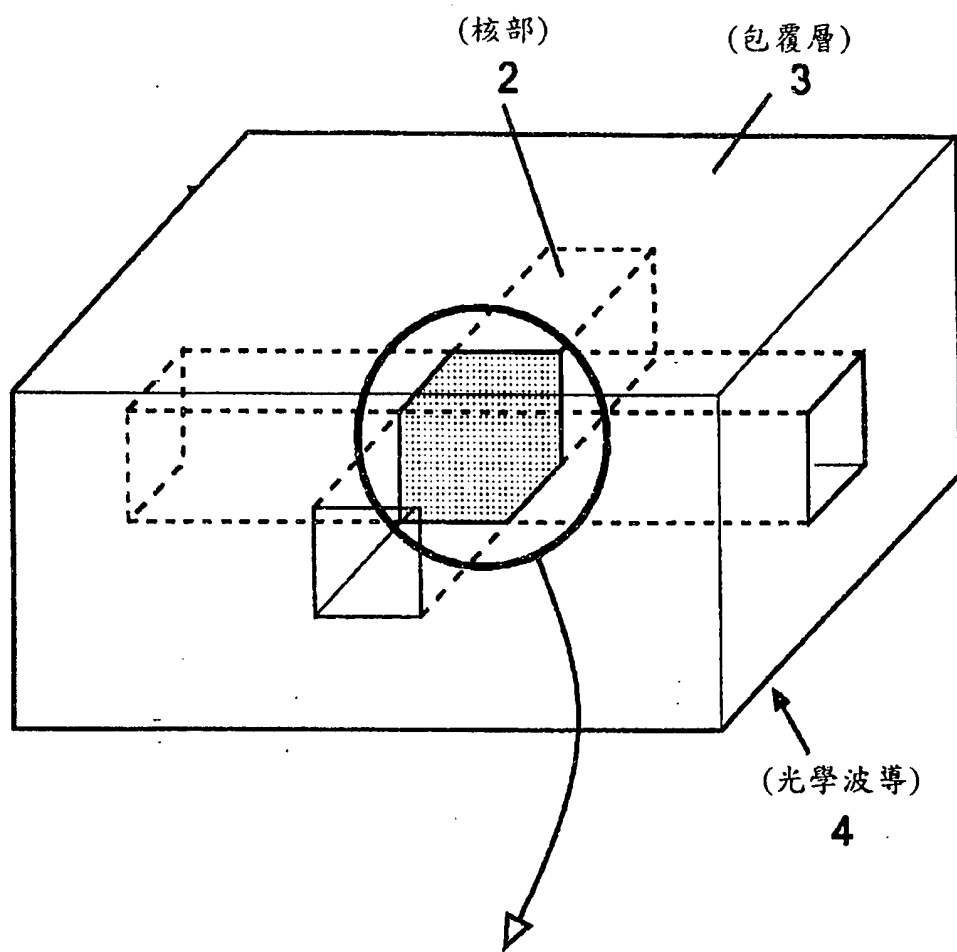
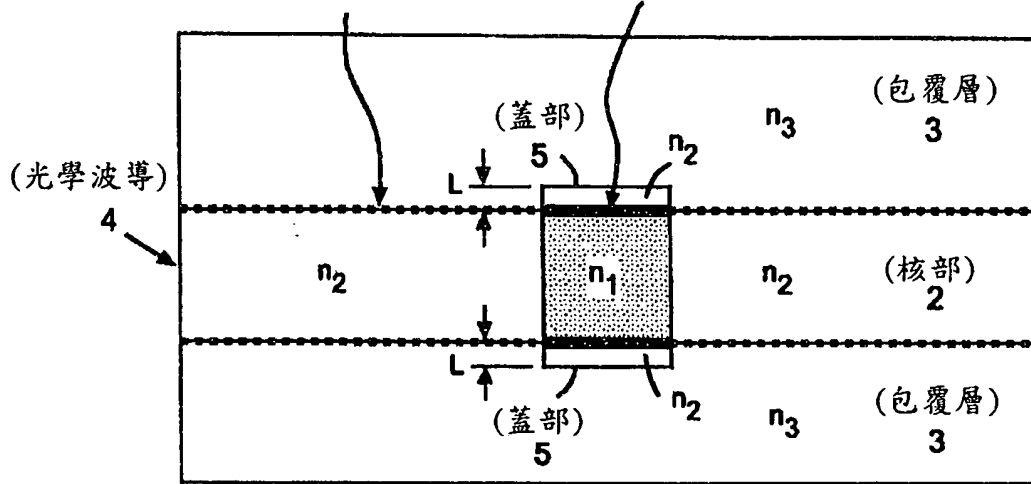


圖 3

$$\frac{n_3}{n_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

核部不屬於核部交叉空間
的「介面」

核部交叉空間的「介面」



(a)

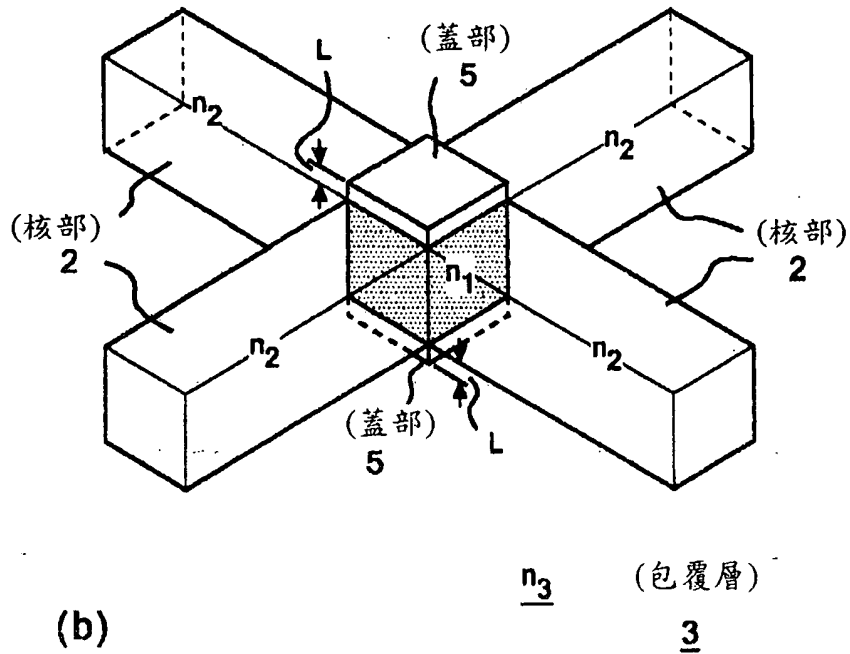
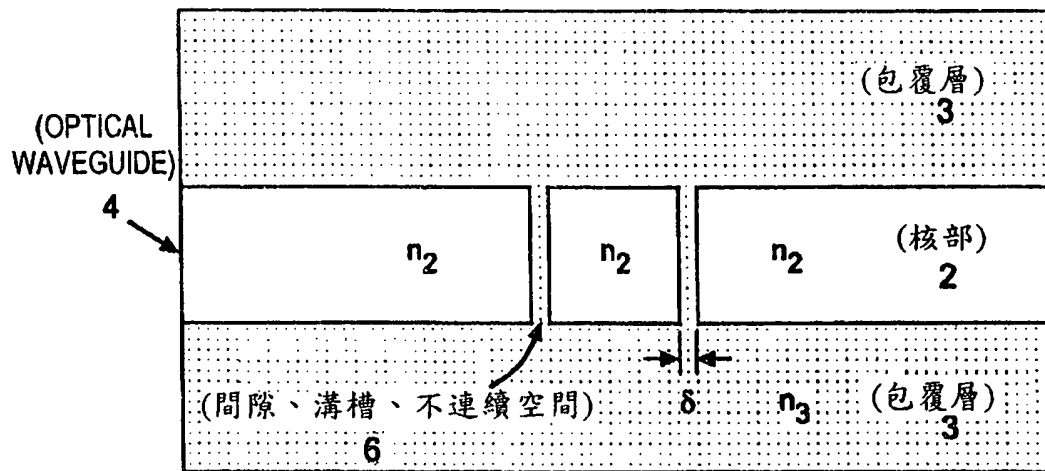
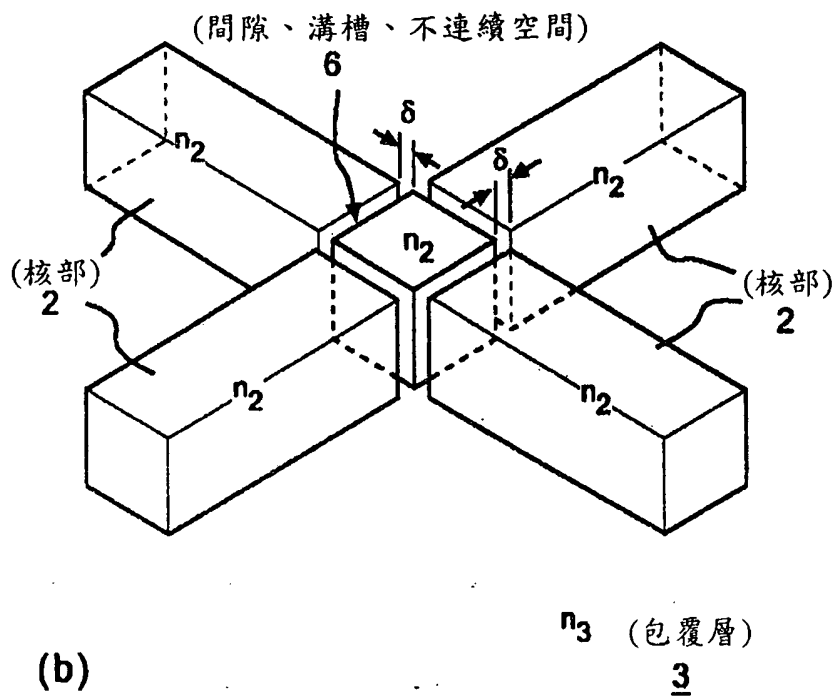


圖 4

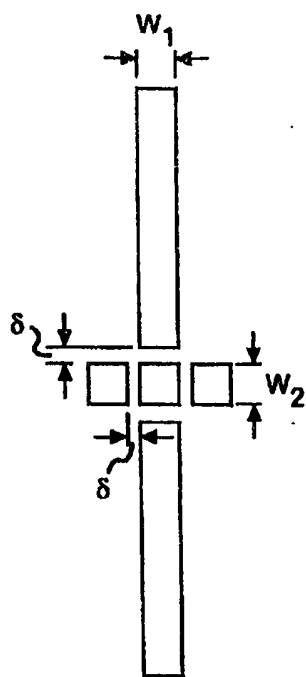


(a)

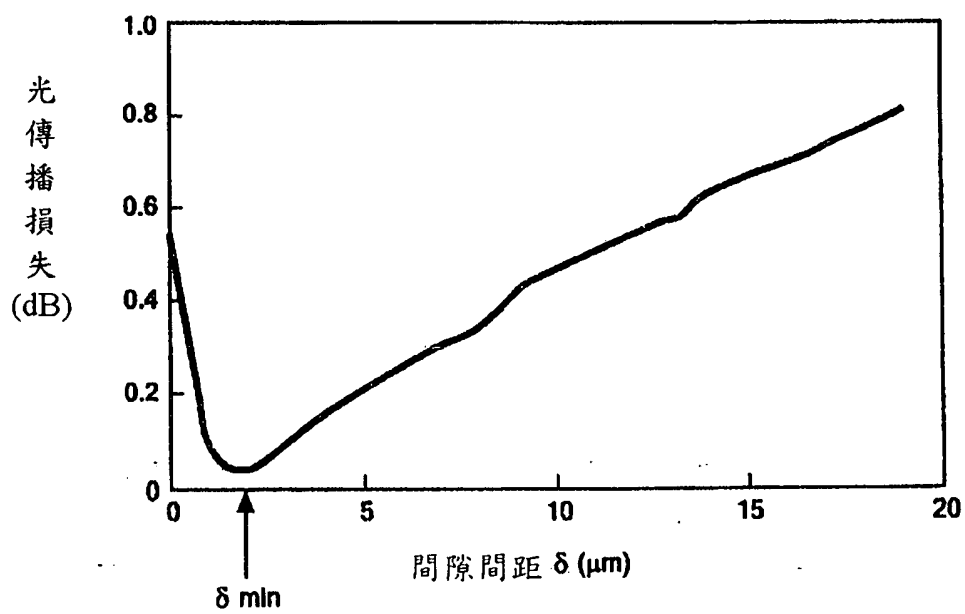


(b)

圖5



(a)



(b)

圖 6

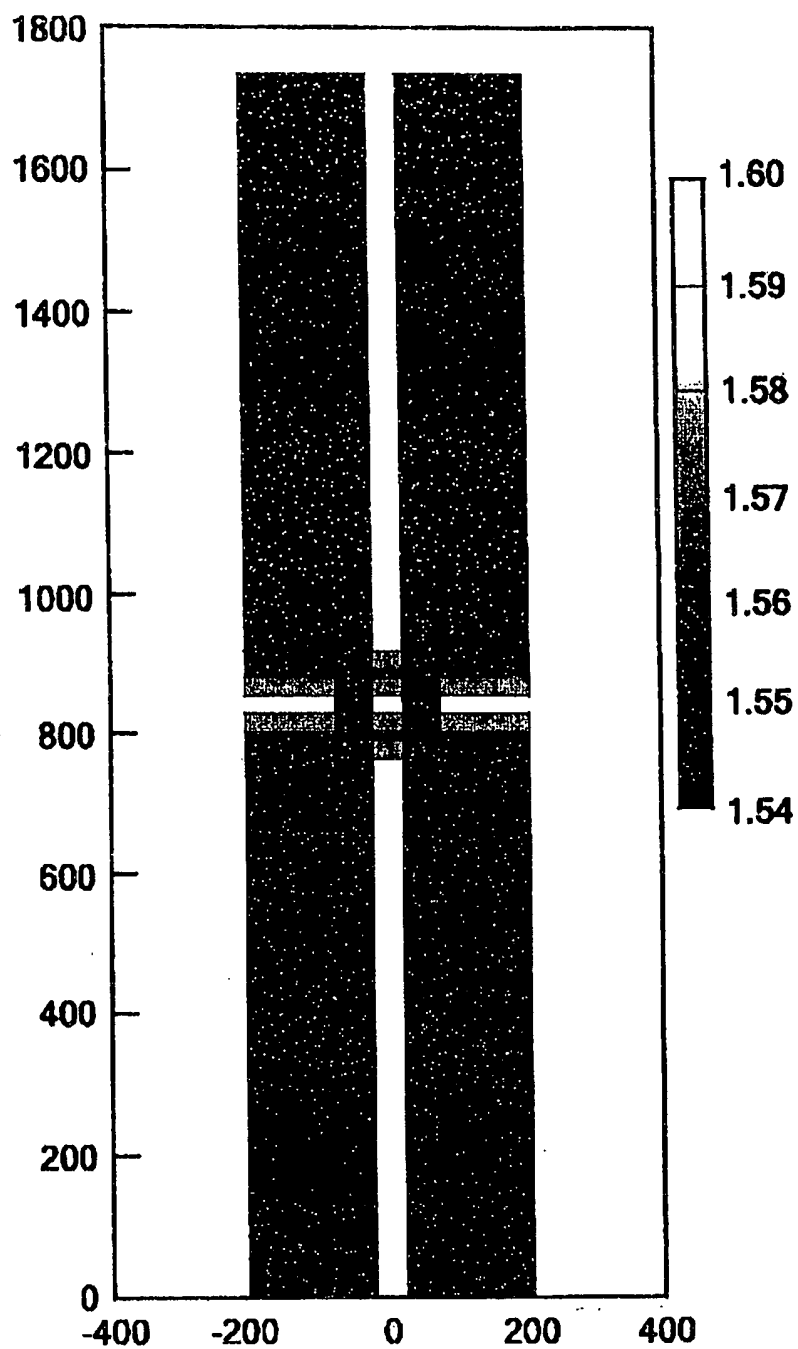


圖 7

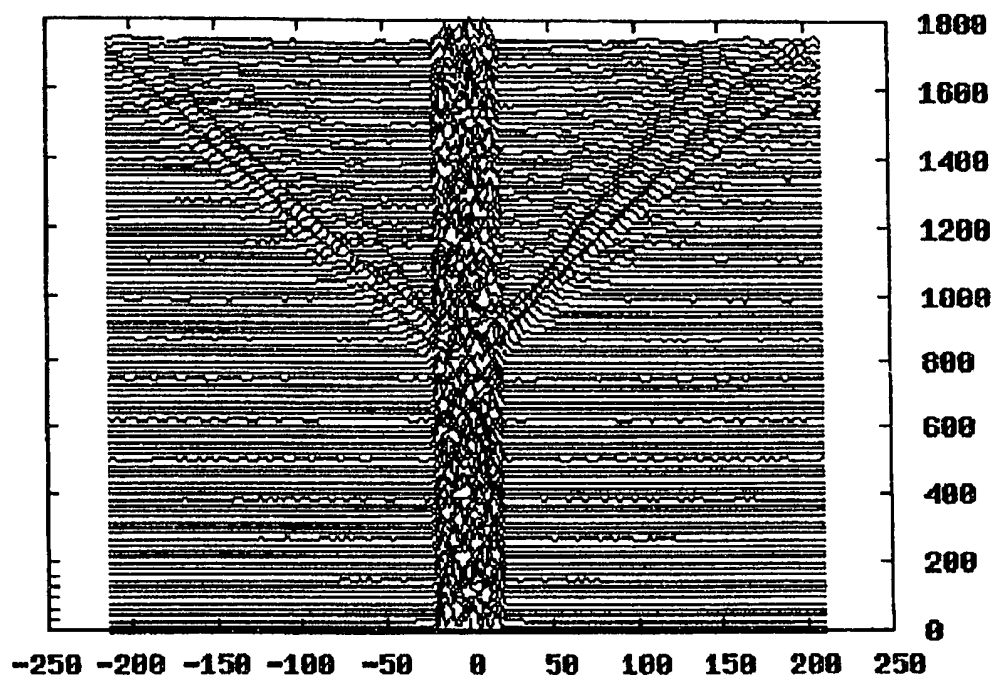
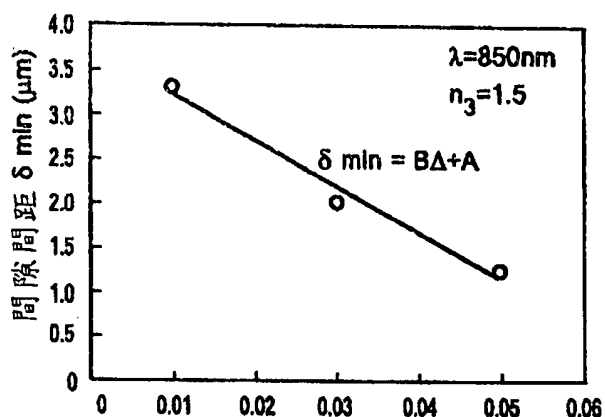


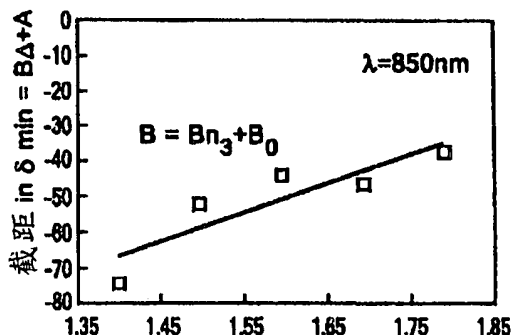
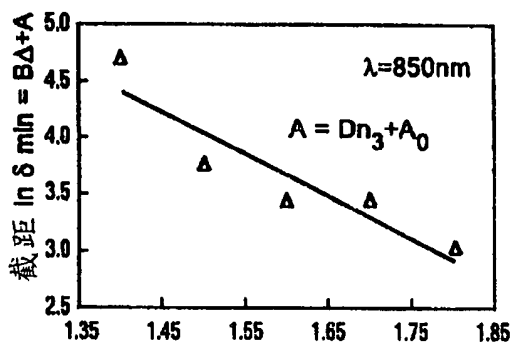
圖 8



(a)

折射率相對差異 Δ .

$$\Delta = \frac{n_2^2 - n_3^2}{2n_3^2}$$



包覆層材料之折射率 n_3

包覆層材料之折射率 n_3

(b)

公式4及5中之參數對上波長 λ

| | 850nm | 980nm | 1350nm |
|----|-------|-------|--------|
| A0 | 9.7 | 10.2 | 20 |
| D | -3.8 | -3.8 | -10 |
| B0 | -180 | -131 | -340 |
| E | 80 | 48 | 170 |

(c)

圖9

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 4。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

| | |
|----|----------|
| 1 | 核部交叉處 |
| 2 | 核部 |
| 3 | 包覆層 |
| 4 | 光學波導 |
| 5 | 蓋部 |
| n1 | 核部交叉處折射率 |
| n2 | 核部折射率 |
| n3 | 包覆層折射率 |

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無。