

發明專利說明書

200610991

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：P4117738

※申請日期：P4.5.30

※IPC 分類：G02B 6/255

一、發明名稱：(中文/英文)

雷射微加工處理全光纖型元件之製作方法

MAKING METHOD OF LASER-POLISHED FIBER DEVICES

二、申請人：(共 1 人)**姓名或名稱：**(中文/英文)

國立交通大學

NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY

代表人：(中文/英文) 張俊彥 / Chun-Yen Chang**住居所或營業所地址：**(中文/英文)

新竹市大學路 1001 號

No.1001, Ta Hsueh Rd., Hsinchu, Taiwan, R.O.C.

國 籍：(中文/英文)

中華民國 / Taiwan, R.O.C.

三、發明人：(共 2 人)**姓 名：**(中文/英文)

1. 祁姓 / Sien Chi

2. 陳南光 / Nan-Kuang Chen

國 籍：(中文/英文)

1. 中華民國 / Taiwan, R.O.C.

2. 中華民國 / Taiwan, R.O.C.

四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項 第一款或 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

申請日：93.06.04；申請案號數：93116238

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

五、中文發明摘要：

本案係指一種雷射微加工處理全光纖型元件之製作方法，係直接對光纖之部分光殼施以雷射切削去除，使得光纖內的消逝場(evanescent field)能夠裸露出來，切削的深度可藉由量測雷射光干涉條紋間距的方法得知；雷射切削形成的消逝場之作用長度則可透過改變光纖曲率半徑控制。將側削後之光纖彼此靠合，使其光消逝場能夠發生耦合後予以加熱熔合或施以熔燒拉錐(fuse-tapering)，即可用來製作光纖耦合器、光塞取多工器(add/drop multiplexer)、光纖窄波道多工/解多工器及光纖光柵等光纖元件。

六、英文發明摘要：

A making method of laser-polished fiber devices of laser devices is provided. The step is to laser-polish the cladding of a fiber so that the evanescent field is presented. The depth of polishing is adjusted by measuring the widths of the interference stripes of laser. The effect length of the evanescent field is adjusted by changing the curvature radius of the fiber. The polished fibers are overlapped to cause coupling. Then the coupling parts are melted and fuse-tapered to form couplers, add/drop multiplexer and gratings etc.

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第四圖(a)。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

41 光纖

412 光芯

411 光殼

413 切削部份

414 消逝場裸露面

415 曲率半徑

42 第一雷射

43 反射鏡

44、46 凸透鏡

45 第二雷射

47 屏幕

48 第三雷射

49 光偵檢器

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係指一種雷射微加工處理全光纖型元件之製作方法，尤指一種以雷射切削(laser ablation)方法進行微加工處理所製作的全光纖型元件。

【先前技術】

(1)側磨式光纖耦合器最早是由美國史丹佛大學 Prof. Shaw 實驗室所提出的;請參閱第一圖(a)，其係將光纖 11 埋入石英基板 12 並對其光殼研磨至距離光芯約剩數微米的距離後，將此側磨光纖元件對疊形成光纖耦合器 13，如第一圖(b)所示。它的 loss 很低(<0.5 dB)，且具有分光比可調的優點；然而，由於研磨長度不長、必須使用折射率匹配液體、以及製作成本昂貴等缺點，使得此型光纖耦合器對於環境的穩定性不高而不具商用價值。目前，全世界僅剩數家公司生產此型光纖耦合器，但大都使用於保極化光纖之類的可調式光纖耦合器。(Ref. 1 & 3)

(2)利用火焰製作熔燒式光纖耦合器是由 Kawasaki 所率先提出，因為製作方法簡單快速，故如今已成為光纖耦合器的主流製造技術。利用火焰熔燒的製造方法很簡單，也可以用來製作各種不同的光纖元件，例如光纖極化器、極化分波器、波長多工/解多工器、以及濾波器等，但這樣的方法卻存在一個致命的缺點，使其無法製作更高等級的光纖元件。也就是

兩條光纖在熔燒拉伸時造成光纖耦合器的截面呈啞鈴形的不對稱結構，導致不同極化模態的光具有不同的耦合係數，一但熔燒拉伸的距離加長時，不同極化態的相位差就會大幅度地發生差距，造成不同極化光永遠無法同時到達某特定長度，這樣光纖元件的通道隔離度(channel isolation)就會變得很差。然而，通道間隔卻又取決於耦合器作用長度的長短，因此，要利用這樣的做法製作出兼具窄波道間距和高通道隔離度的光纖耦合器是很不容易的。此外，火焰燃燒會產生大量的水氣，水氣藉由光纖拉伸的機會滲入光纖造成 1.38 μm 波長附近產生光學損耗，導致此法不適合生產疏密度分波多工(CWDM)光纖元件(Ref. 2、4、5、8)

(3)因為側磨式與熔燒式各有其優缺點，所以 C.V. Cryan 等人就將側磨光纖元件熔燒起來，使得側磨光纖耦合器的穩定度增加。但他們所發展的光纖研磨技術是利用砂輪機對光纖研磨，熔燒光纖時還必須利用溶膠-凝膠法(sol-gel method)加入一層薄的液態二氧化矽以填補光纖研磨介面；這樣的做法雖然改善了側磨光纖耦合器的穩定度，但可惜的是製作方式不佳，而且他們沒有提出加入光纖細化(tapering)的製作方法，導致分光比跟波長選擇特性無法調整。因此實用性不大。(Ref. 6、7)

(4)我國專利公告第 493090 號案(微型光纖耦合器及其製造方法，發明人曾孝明、陳南光)，則是同時利用上述側磨和熔燒的技術，將兩個側磨過的光纖熔燒

合而為一，並加入一個微調拉伸動作，以調整光纖的兩個特徵模之相位關係，並藉此得到所需之分光比。在這種耦合器的製作過程中，由於這個拉伸光纖動作的目的僅是為了微調光纖耦合區的兩個特徵模的相位差，使得輸出光可以在同一個端子輸出；因此光纖所具有的光芯在被拉伸的過程中並沒有被破壞，也就是說光纖耦合器的內部仍然存在有第一及第二光芯之結構，且光信號的傳導基本上還是利用光芯進行導光。然而，由於光纖側磨元件製作過程耗時過長且需使用大量研磨耗材及極為精準的矽晶片溝槽，故產業上的實用價值不高。

(5) 美國專利第 5101090 號案 (Methods and apparatus for making optical fiber couplers) 提出使用準分子雷射切削 (laser ablation) 光纖部分光殼到靠近光芯的地方才停止並形成一道缺口 (notch)；而停止點的決定是以另一信號雷射光斜向入射此光纖缺口，同時以一光偵檢器於光纖尾端量側進入的信號光能量大小，直到能量超過閾值後即通知切削雷射光停止動作；此結構同時並被使用於製作光纖耦合器。然而，顯而易見的是雷射光切削光纖形成一道缺口後，因為光殼厚度突然變化，將導致光模場大小突然受改變而產生高階模態的耦合現象並導致嚴重的光損耗。再者，雷射切削的深度僅由信號雷射光射入的能量大小決定並無法真正了解殘餘光殼的厚度，且此結構當成光纖耦合器使用時將因信號雷射光的傳播常數

(propagation constant)與光芯傳導光的傳播常數不吻合而導致光纖耦合器的耦合效率不高。此案亦提及準分子雷射用於切削的光殼為高分子聚合物(polymer)材料與一般常見的石英玻璃光纖光殼不同，且準分子雷射不能用於切削紫外光敏光纖(photosensitive fiber)以避免對光芯產生感光的現象。

職是之故，本創作鑑於習知技術之缺失，乃經悉心試驗與研究，並一本鍥而不捨之精神，終創作出本案「雷射微加工處理全光纖型元件之製作方法」。以下為本案之簡要說明。

【發明內容】

本案之主要目的係提供一種雷射微加工處理全光纖型元件之製作方法，係直接對光纖之光殼施以雷射切削(ablation)使得光纖消逝場得以裸露出來，光殼切削的深度可由另一雷射光干涉條紋間距計算得知。雷射切削時，光纖必須維持在彎曲的狀態以使得切削光殼的深度可以緩慢漸變而避免光學損耗的產生；光纖切削的長度可藉由改變光纖曲率半徑控制。此外，若雷射光針對沒有彎曲的光纖進行切削時，則可程式化光束移動路徑，使切削後的光殼形成一弧度漸變的形狀，以避免光學損耗。利用此種消逝場型雷射側削光纖元件，我們可以用來製作消逝場型光纖耦合器、光纖塞取多工器、光纖濾波器、光極化器、光放大器與雷射及光纖光柵等光纖主被動元件。

本案得藉由下列圖式及詳細說明，俾得一更深入之了解：

【實施方式】

本案所提出之雷射微加工處理全光纖型元件的製作方法可以有多種不同的應用，茲分述如下：

(1)請參閱第二圖，其為本案雷射微加工處理全光纖型元件所能夠製作的一種光纖耦合器之結構圖。配合第二圖之光纖耦合器 20 的結構，本案所採用的製作方法如下：

首先，準備光纖 21 及光纖 22，其中光纖 21 係由光芯 211 以及光殼 212 所構成，而光纖 22 係由光芯 221 以及光殼 222 所構成。接著，再利用雷射分別切削光殼 212 和 222 以形成二個消逝場 (Evanescent-Field) 裸露面 (圖中未示出)，使得光纖 21 及 22 的光消逝場得以露出光殼 212 和 222，對其進行回火 (annealing) 之後，再將二個消逝場裸露面固定並疊合在一起，以形成貼合區域 23。

其次，在貼合區域 23 周圍以雷射熔燒貼合區域 23，使得光纖 21 及 22 發生耦合，在耦合的過程中，利用步進馬達以漸進式的拉力拉伸光纖 21 及 22，藉以調整耦合區域 24 的長度以及光相位耦合比例，同時使得光芯 211 和 221 在拉伸的過程中逐漸細化並耦合成一條光芯 241，此時的光芯 241 已經失去了導光 (guiding effect) 的作用；也就是說，是由光殼 212 和 222

位於耦合區域 24 中的部份光殼 242，來取代光芯 211 和 221 以進行導光作用。

調整耦合區域 24 之長度的動作在獲得了所需的分光比之後便停止，最後再利用一封裝層(圖中未示出)對耦合區域 24 進行封裝，以形成光纖耦合器 20；其中封裝層之製作材料可為選自金屬、陶瓷、玻璃、高分子材料、或是具有溫度補償作用之材料。

當然，本案所述之製作方法亦不限定於二條光纖的情況，除了如第三圖(a)所示的 4X4 的光纖耦合器 30 之外，亦可以使用三條光纖形成 6X6 的光纖耦合器 31，或是利用更多條光纖來進行製作程序。

值得注意的是，藉由上述之雷射切削方法對二條以上數量的光纖進行更為平整地切削，可以形成如第三圖(c)所示般的光纖耦合器 32、33，和前述之光纖耦合器 31 在功能上較為不同的是，光纖耦合器 32 或 33 在彼此貼合的至少一切削面會產生光柵的效應；亦即，這種製作方法可以製作出具有光纖光柵的光纖耦合器或是光塞取多工器。這種平整的雷射切削光纖之剖面圖如第三圖(d)所示。

本案所欲解決的問題是目前熔燒拉伸式光纖耦合器(fused-tapered fiber couplers)存在的嚴重非等向性極化及應用於窄波道合/分波器時通道隔離度(channel isolation)不佳之問題。首先，目前的商用產品中最多只能做到 1480/1550 約 70nm 的波道空間(channel spacing)而已，且此時波道隔離(channel isolation)已經

降到了 12-15 dB 左右；本案 1310/1550 的耦合器之波道隔離則可以高達 30 dB。其次，應用於窄波道合/分波時，習知技術中波道隔離的之所以不佳，問題就是出在耦合器本身的截面是屬於高度不對稱的啞鈴形 (dumb-bell) 結構，導致不同極化光的耦合係數 (coupling coefficient) 不相同所造成，在這種情況下為了應用於窄波道合/分波，則光纖作用長度勢必大幅加長，導致兩極化光產生更嚴重的相位差，因此波道隔離就跟著劣化了。而本案的耦合器結構及製作方法剛好解決了這個缺點。

此外，本案亦解決了傳統側磨式光纖耦合器的穩定性不佳、以及有效作用長度不長的問題。雖然，C.V. Cryan 等人在西元 1992 年就提出了熔合側磨式光纖耦合器的觀念，但可惜的是，他們的光纖研磨方法是利用砂輪機研磨，使得有效作用長度無法很長且熔燒時必須加入一層液態二氧化矽，以彌補兩光纖難以熔合的問題；此外，他們也沒有提到對熔合側磨式光纖耦合器作出拉伸的動作，以使有效作用長度大幅加長，並令導光作用耦合到光殼，以製作窄波道光纖合波器。相反地，本案的光纖耦合器幾乎是圓形對稱的，所以將其熔燒拉伸後，光纖截面仍是圓形對稱，不會發生像傳統的啞鈴形的結構，也是故不會造成耦合係數對極化光不是等向性的問題，因此可以使光纖拉伸很長而波道隔離仍不會劣質化，加上圓形的光纖截面不論經過多長的加熱拉伸，仍然維持圓形的形狀。因

此，利用這樣的做法可以製作出窄波道且低串音的光纖耦合器，非常適用於高密度的光通訊系統使用，而這也是目前相關全光纖型耦合器製造技術所無法達到的。

(2)此外，若是在第三圖(d)之雷射切削光纖之剖面上設置光增益介質、光非線性物質、光色散物質、光雙折射物質、液晶、或是光子晶體等材料之後，再對其進行封裝，還可以用來製作其他各式各樣的光纖型元件。

(3)請參閱第四圖(a)，其為本案雷射微加工處理全光纖型元件之另一種製作方法的示意圖。在第四圖(a)中，所使用的元件包括具有光殼 411 及光芯 412 的光纖 41、第一雷射 42、反射鏡 43、凸透鏡 44、第二雷射 45、凸透鏡 46、屏幕 47、第三雷射 48 以及光偵檢器 49。

在第四圖(a)中，係先利用第一雷射 42 將光殼 411 切削掉 413 的部份，在切削的過程中，藉由反射鏡 43 之移動或轉動的所造成的反射以及凸透鏡 44 的聚焦，便可以使得切削範圍 413 包含整個消逝場裸露面 414。

接著將第二雷射 45 透過凸透鏡 46 射入消逝場裸露面 414，藉由在屏幕 47 所得之干涉條紋之間距便能夠決定第一雷射 42 切削光殼 411 的深度。此外，在切削之前，若是將光纖 41 彎曲成具有一曲率半徑 415 的型態再進行切削，便能夠藉由控制曲率半徑 415 決定

第一雷射 42 切削光殼 411 的長度。

(4)請參閱第四圖(b)，其為本案雷射微加工處理全光纖型元件之再一種製作方法的示意圖。相同的元件係採用同樣的元件符號，但與第四圖(a)惟一的不同處在於，利用第一雷射 42 切削光纖 41 的時候，必須將光纖 41 旋轉，如果便可使得光纖 41 上出現環繞型態的消逝場裸露面 414。第五圖(a)為使用前述方法所製成之光纖切削截面的照片，第五圖(b)為雷射切削之中心區域的照片，而第五圖(c)為雷射切削之邊緣區域的照片。

(5)請參閱第六圖(a)及(b)，其為本案雷射微加工處理全光纖型元件之製作方法之應用面的示意圖。使用前述之切削方法製作二條切削後的光纖 61 及 62，再將切削部份互相貼合、加熱以及熔燒，便可以形成一耦合區域 63。此外，若是微幅拉伸耦合區域 63 亦可以改變光耦合比例，當然，亦能夠不實施拉伸動作而直接加以使用。

(6)請參閱第七圖，其為使用本案之雷射切削方法所製作之 2*2 光纖耦合器及 4*4 光纖耦合器的示意圖。

在製作 2*2 光纖耦合器時，係先使用前述之雷射切削方法製作一光纖元件 71，再將兩個相同結構的光纖元件 71 以切削部份相互貼合後加以熔燒及拉伸，使得原本的光芯 712 失去作用，以構成一 2*2 的光纖耦合器 70。

而在製作 4*4 光纖耦合器時，係先以製作 2*2 光

纖耦合器的方式完成兩個光纖元件 71 的貼合之後，再對其加以雷射切削，再將兩個同樣的結構相互對疊後加以熔燒及拉伸，以構成一 4×4 的光纖耦合器 80。

(7)請參閱第八圖，其為使用本案之雷射切削方法所製作之 $N \times N$ 光纖耦合器的示意圖(圖示為以 7×7 為例進行說明)。

在製作 $N \times N$ 光纖耦合器時，係先以前述之環狀雷射切削的方式製作一光纖元件 71，再將 N 個光纖元件 71 以彼此的切削部份貼合之後，加以熔燒及拉伸，以構成一 $N \times N$ 的光纖耦合器 81。

(8)請參閱第九圖(a)，其為使用本案之雷射切削方法所製作之光纖塞取多工器(add-drop multiplexer)的示意圖。同樣係先以前述之雷射切削的方式製作二光纖元件 71，再將二個光纖元件 71 以彼此的切削部份貼合之後，於耦合區域寫入光纖光柵 82，再加以熔燒及拉伸，以構成一光纖塞取多工器 83。

請參閱第九圖(b)，其為使用本案之雷射切削方法所製作之串聯式光纖塞取多工器的示意圖。其係將二只前述的光纖塞取多工器 83 以輸出/入端相接合所構成。

(9)請參閱第十圖，其為使用本案之雷射切削方法所製作之可調式光纖窄波道多工/解多工器的示意圖。雖然同樣係以前述之雷射切削的方式製作二光纖元件 71 和 72，但其差異在於，藉由前述干涉條紋之間距的控制，使得光纖元件 72 的切削深度較深，如此

在貼合兩光纖元件 71 及 72 時，深度的差異便會形成一空隙，接著再於熔燒之後在該空隙內填入一折射率可隨溫度而變的光學色散物質 90(如高分子聚合物等)，以構成一可調式光纖塞取多工器 84。

(10)請參閱第十一圖(a)，其為使用本案之雷射切削方法所製作之光纖光柵的示意圖。其製作方法是，使用前述之雷射切削方法以第一雷射間隔地切削光纖 73，使其上形成複數個消逝場裸露面 74，以構成光纖光柵 85。此外，若是在以第一雷射進行間隔切削的過程中緩慢變化切削的深度，則可能形成消逝場裸露面 74 被鐘形化(apodize)的光纖光柵 86，如第十一圖(b)所示。

(11)請參閱第十二圖，其為使用本案之雷射切削方法所製作之另一種可調式光纖塞取多工器的示意圖。其製作方法是，將二條第十一圖(a)之光纖光柵 85 相互貼合並加以熔燒之後，在其中的複數個空隙中填入前述折射率可隨溫度而變的光學色散物質，以構成可調式光纖塞取多工器 87。

綜上所述，本案係提供一種雷射微加工處理全光纖型元件之製作方法，係直接對光纖之部分光殼施以雷射切削去除，使得光纖內的消逝場(evanescent field)能夠裸露出來，切削的深度可藉由量測雷射光干涉條紋間距的方法得知；雷射切削形成的消逝場之作用長度則可透過改變光纖曲率半徑控制。將側削後之光纖彼此靠合，使其光消逝場能夠發生耦合後予以加熱熔

合或施以熔燒拉錐(fuse-tapering)，即可用來製作光纖耦合器、光塞取多工器(add/drop multiplexer)、光纖窄波道多工/解多工及光纖光柵等光纖元件。

本案得由熟悉本技藝之人士任施匠思而為諸般修飾，然皆不脫如附申請專利範圍所欲保護者。

【圖式簡單說明】

第一圖(a)~(b)：習知的側磨式光纖耦合器之製作方法圖；

第二圖：本案所述光纖耦合器一較佳實施例之結構圖；

第三圖(a)~(b)：本案所述光纖耦合器另一較佳實施例之結構圖(多條光纖)；

第三圖(c)：本案所述具有光纖光柵效應之光纖耦合器的結構圖；

第三圖(d)：平整的雷射切削光纖之剖面圖；

第四圖(a)~(b)：本案雷射微加工處理全光纖型元件之另一種製作方法的示意圖；

第五圖(a)：光纖切削截面的照片；

第五圖(b)：雷射切削之中心區域的照片；

第五圖(c)：雷射切削之邊緣區域的照片；

第六圖(a)及(b)：本案雷射微加工處理全光纖型元件之製作方法之應用面的示意圖；

第七圖：使用本案之雷射切削方法所製作之 2*2 光纖耦合器及 4*4 光纖耦合器的示意圖；

第八圖:使用本案之雷射切削方法所製作之 $N*N$ 光纖耦合器的示意圖;

第九圖(a): 使用本案之雷射切削方法所製作之光纖塞取多工器的示意圖;

第九圖(b): 使用本案之雷射切削方法所製作之串聯式光纖塞取多工器的示意圖;

第十圖: 使用本案之雷射切削方法所製作之可調式光纖窄波道多工/解多工器的示意圖;

第十一圖(a)~(b): 使用本案之雷射切削方法所製作之光纖光柵的示意圖; 以及

第十二圖: 使用本案之雷射切削方法所製作之另一種可調式光纖塞取多工器的示意圖。

【主要元件符號說明】

11、21、22、41、52、61、62、73 光纖

12 石英基板

13、30、31、32、33、70、80、81 光纖耦合器

211、221、241、412 光芯

212、222、242、411 光殼

23、53 貼合區域

24、63 耦合區域

413 切削部份

414、74 消逝場裸露面

415 曲率半徑

42 第一雷射

- 43 反射鏡
- 44、46 凸透鏡
- 45 第二雷射
- 47 屏幕
- 48 第三雷射
- 49 光偵檢器
- 71、72 光纖元件
- 83、84、87 光纖塞取多工器
- 85 光纖光柵
- 90 光學色散物質

【參考之相關文獻及論文】

(1)R.A. Burgh, G. Kotler, and H.J. Shaw, "Single-mode fibre optic directional coupler, "Electron. Lett., vol. 16, pp. 260-261, 1980.

(2)B.S. Kawasaki, K.O. Hill, and R.G. Lamont, " Biconical-taper single-mode fiber coupler, " Opt. Lett., vol. 6, pp. 327-328, 1981.

(3)Michel Digonnet, and H.J. Shaw, "Wavelength multiplexing in single-mode fiber couplers, "Appl. Opt. vol. 22, pp. 484-491, 1983.

(4)Michael Eisenmann, and Edgar weidel, "Single-mode fused biconical couplers for wavelength division multiplexing with channel spacing between 100 and 300nm, "J. Lightwave Technol., vol. 6, pp. 113-119,

1988.

(5)Katsumi Morishita, and Katsuyoshi Takashina, "Polarization properties of fused fiber couplers and polarizing beamsplitters, " J. Lightwave Technol., vol. 9, pp. 1503-1507, 1991.

(6)C.V. Cryan, and C.D. Hussey, "Fused-polished singlemode fibre couplers, "Electron. Lett., vol. 28, pp.204-205, 1992.

(7)C.V. Cryan, J.M. Lonergan, and C.D. Hussey, "Overcoming the effects of polishing induced stress when fabricating fused polished couplers, "Electron. Lett., vol. 29, pp. 1243-1244, 1993.

(8)T.L. Wu, and H.C. Chang, "Rigorous analysis of form birefringence of fused fibre couplers, "Electron. Lett., vol. 30, pp. 998-999, 1994.

(9)G. Kakarantzas, T.E. Dimmick, T.A. Birks, R. Le Roux, and P. St. Ressel, "Miniature all-fiber devices based on CO2 laser microstructuring of tapered fibers, " Opt. Lett., vol. 26, pp. 1137-1139, 2001.

(10)Nan-Kuang Chen, Sien Chi, and Shiao-Min Tseng, "Fused-polished fiber couplers, " in OptoElectronics and Communications Conference 2003 (OECC'2003), p.299.

十、申請專利範圍：

1.一種功率雷射微加工處理全光纖型元件的製作方法，包括下列步驟：

(a)提供至少一光纖，該光纖包括一光芯及一光殼；

(b)以一第一雷射光束切削該光殼以形成一消逝場(Evanescent-Field)裸露面，並以一第二雷射光束射入該消逝場裸露面；以及

(c)藉由該第二雷射光束經反射所得之干涉條紋間距決定該第一雷射光束切削該光殼之深度。

2.如申請專利範圍第 1 項所述之製作方法，其中步驟(b)更包括步驟如下：

以該第一雷射光束切削該光殼的同時旋轉該光纖，使得該光纖消逝場裸露面圍繞該光纖。

3.如申請專利範圍第 1 項所述之製作方法，其中步驟(b)更包括步驟如下：

以該第一雷射光束切削該光殼的同時彎曲該光纖，並藉由該光纖彎曲時的曲率半徑決定該第一雷射光束切削該光殼之長度。

4.如申請專利範圍第 1 項所述之製作方法，其中步驟(b)更包括步驟如下：

於該第一雷射光束切削該光殼前，藉由至少一反射鏡反射該第一雷射光束。

5.如申請專利範圍第 4 項所述之製作方法，其中步驟(b)更包括步驟如下：

移動或轉動該等反射鏡，使得該第一雷射光束之

切削範圍包含該消逝場裸露面。

6.如申請專利範圍第 1 項所述之製作方法，其中步驟(b)更包括步驟如下：

於該第一雷射光束切削該光殼前，藉由至少一透鏡聚焦該第一雷射光束以切削該光殼。

7.一種光纖耦合器的製作方法，包括下列步驟：

(a)提供兩光纖，該等光纖分別包括一光芯及一光殼；

(b)以一第一雷射光束切削該一光纖的該光殼以形成一消逝場(Evanescent-Field)裸露面，並以一第二雷射光束射入該消逝場裸露面；

(c)藉由該第二雷射光束經反射所得之干涉條紋間距決定該第一雷射光束切削該光殼之深度；

(d)針對另一光纖重覆步驟(b)~(c)；以及

(e)貼合兩光纖的消逝場裸露面，加以熔燒及拉伸以形成該光纖耦合器。

8.如申請專利範圍第 7 項所述之製作方法，其中步驟(b)更包括步驟如下：

以該第一雷射光束切削該光殼的同時旋轉該光纖，使得該光纖消逝場裸露面圍繞該光纖。

9.如申請專利範圍第 7 項所述之製作方法，其中步驟(b)更包括步驟如下：

以該第一雷射光束切削該光殼的同時彎曲該光纖，並藉由該光纖彎曲時的曲率半徑決定該第一雷射光束切削該光殼之長度。

10.如申請專利範圍第7項所述之製作方法，其中步驟(b)更包括步驟如下：

於該第一雷射光束切削該光殼前，藉由至少一反射鏡反射該第一雷射光束。

11.如申請專利範圍第10項所述之製作方法，其中步驟(b)更包括步驟如下：

移動或轉動該等反射鏡，使得該第一雷射光束之切削範圍包含該消逝場裸露面。

12.如申請專利範圍第7項所述之製作方法，其中步驟(b)更包括步驟如下：

於該第一雷射光束切削該光殼前，藉由至少一透鏡聚焦該第一雷射光束以切削該光殼。

13.一種光纖耦合器的製作方法，包括下列步驟：

(a)提供至少一光纖，該光纖包括一光芯及一光殼；

(b)以該第一雷射光束切削該光殼的同時旋轉該光纖，以形成圍繞該光纖的一消逝場裸露面。；

(c)藉由該第二雷射光束經反射所得之干涉條紋間距決定該第一雷射光束切削該光殼之深度；

(d)針對每一光纖重覆步驟(b)~(c)；以及

(e)貼合所有光纖的消逝場裸露面，加以熔燒及拉伸以形成該光纖耦合器。

14.一種光纖塞取多工器(add-drop multiplexer)的製作方法，包括下列步驟：

(a)提供兩光纖，該等光纖分別包括一光芯及一光殼；

(b)以一第一雷射光束切削該一光纖的該光殼以形成一消逝場(Evanescent-Field)裸露面，並以一第二雷射光束射入該消逝場裸露面；

(c)藉由該第二雷射光束經反射所得之干涉條紋間距決定該第一雷射光束切削該光殼之深度；

(d)針對另一光纖重覆步驟(b)~(c)；

(e)貼合兩光纖的消逝場裸露面並加以熔燒；

(f)寫入光纖光柵至該等光芯；

(g)拉伸該等光纖以調整光學性質，構成該光纖塞取多工器。

15.一種多波道光纖塞取多工器的製作方法，係藉由串聯複數個申請專利範圍第 15 項之光纖塞取多工器所構成。

16.一種可調式光纖窄波道多工/解多工器的製作方法，包括下列步驟：

(a)提供兩光纖，該等光纖分別包括一光芯及一光殼；

(b)以一第一雷射光束切削該一光纖的該光殼以形成一消逝場(Evanescent-Field)裸露面，並以一第二雷射光束射入該消逝場裸露面；

(c)藉由該第二雷射光束經反射所得之干涉條紋間距決定該第一雷射光束切削該光殼之深度；

(d)針對另一光纖重覆步驟(b)~(c)，並使其光殼切削之部份深度較深；

(e)貼合兩光纖的消逝場裸露面並加以熔燒，其中

該等光纖之深度不同的部份形成一空隙；

(f)填入一光學色散物質至該空隙，以構成該可調式光纖塞取多工器。

17.如申請專利範圍第 16 項之製作方法，其中該光學色散物質為高分子聚合物。

18.如申請專利範圍第 16 項之製作方法，其中該光學色散物質之折射率係隨溫度而變。

19.一種光纖光柵的製作方法，包括下列步驟：

(a)提供至少一光纖，該光纖包括一光芯及一光殼；

(b)以一第一雷射光束間隔切削該光殼以形成複數個消逝場(Evanescent-Field)裸露面，並以一第二雷射光束射入該消逝場裸露面；以及

(c)藉由該第二雷射光束經反射所得之干涉條紋間距決定該第一雷射光束切削該光殼之深度，以構成該光纖光柵。

20.如申請專利範圍第 19 項之製作方法，其中步驟(b)係藉由步驟(c)以緩慢變化該第一雷射光束切削該光殼之深度，以鐘形化(apodize)該光纖光柵。

21.一種可調式光纖塞取多工器的製作方法，包括下列步驟：

(a)提供兩條具有申請專利範圍第 19 項之光纖光柵的光纖；

(b)貼合兩光纖光柵，並加以熔燒，其中該等光纖光柵之間的複數個消逝場裸露面形成複數個空隙；以及

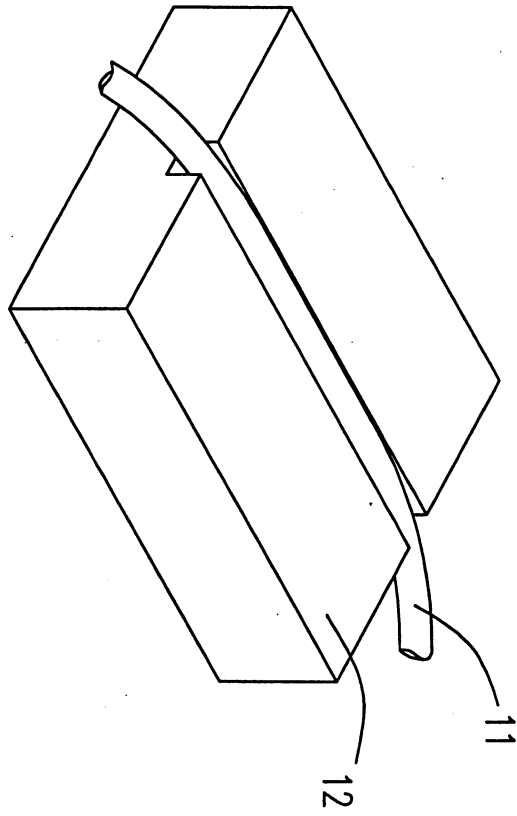
(c)填入一光學色散物質至該複數個空隙，以構成該可調式光纖塞取多工器。

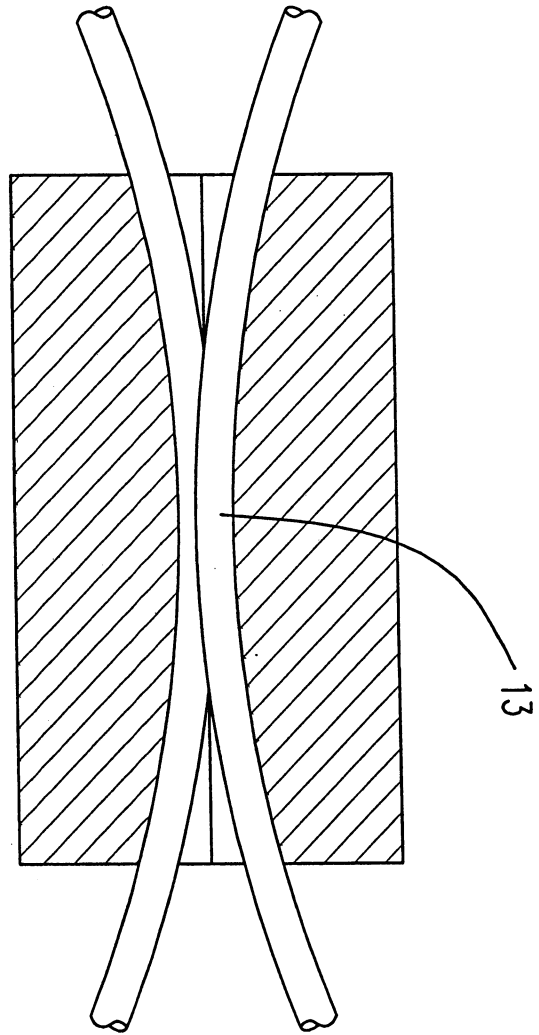
22.如申請專利範圍第 21 項之製作方法，其中該光學色散物質為高分子聚合物。

23.如申請專利範圍第 21 項之製作方法，其中該光學色散物質之折射率係隨溫度而變。

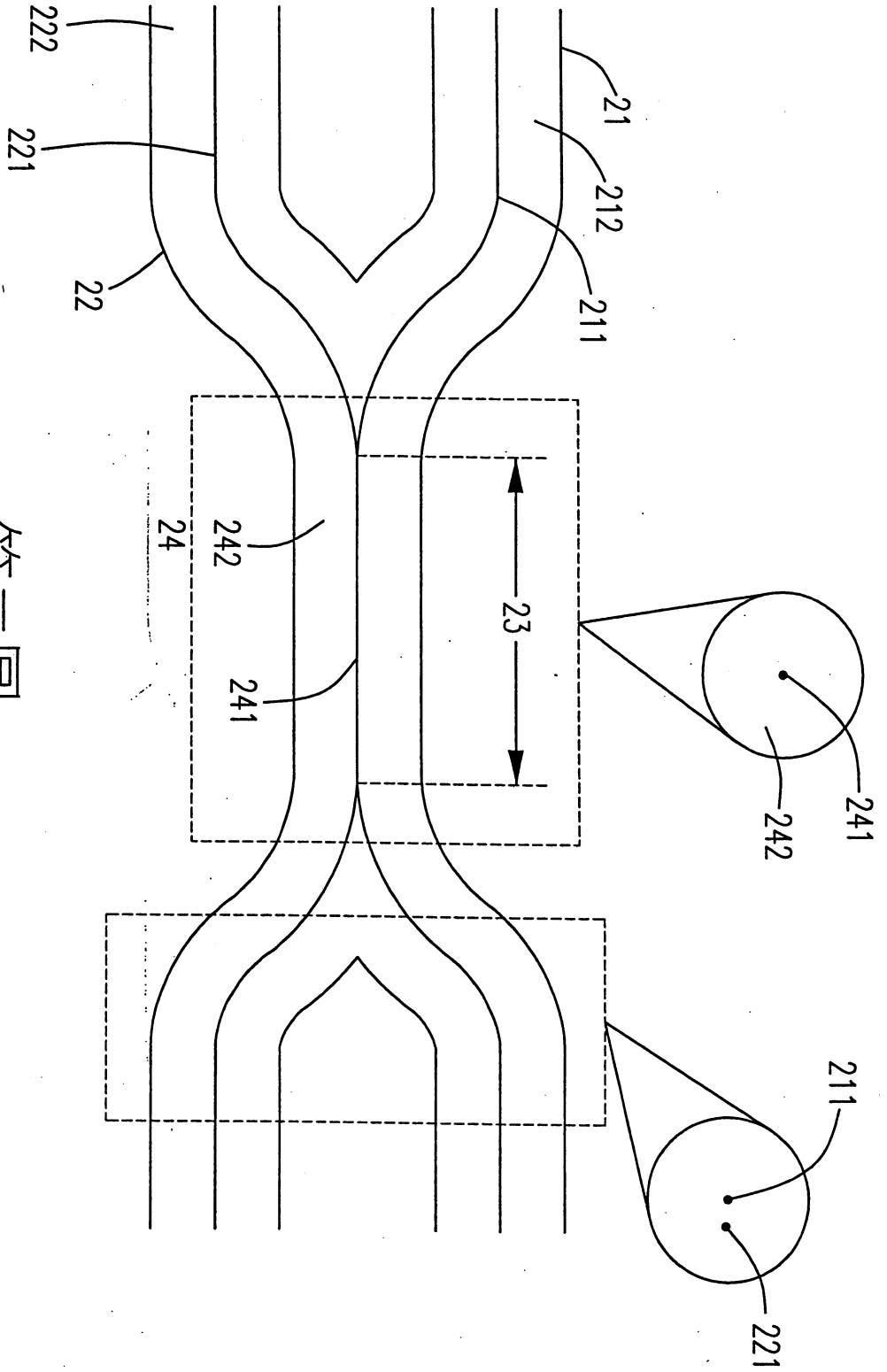
十一、圖示：

第一圖(a)

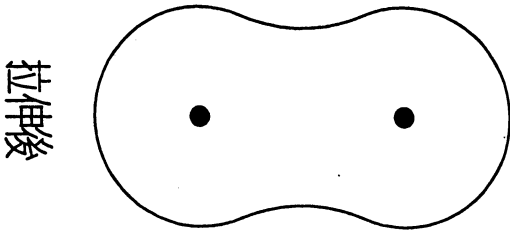
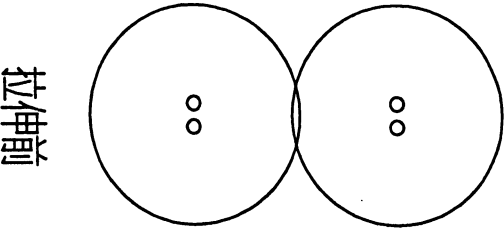




第一圖(b)

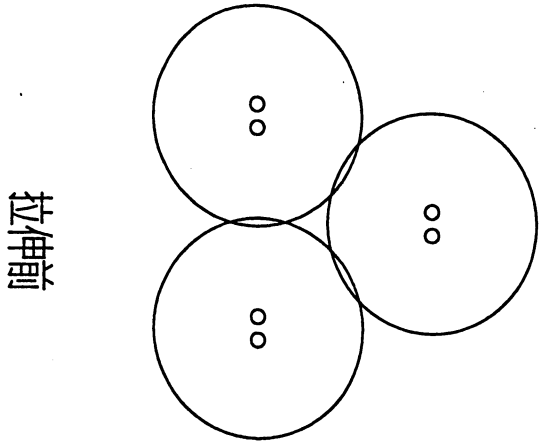


第二圖

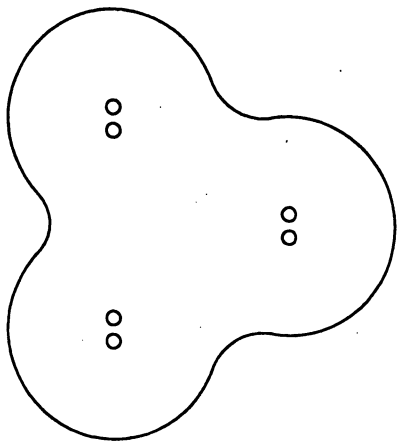


第三圖(a)

30



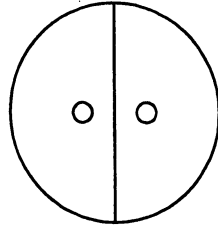
拉伸前



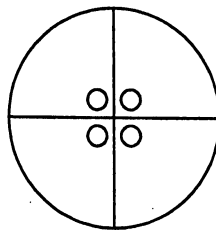
拉伸後

第三圖(b)

31

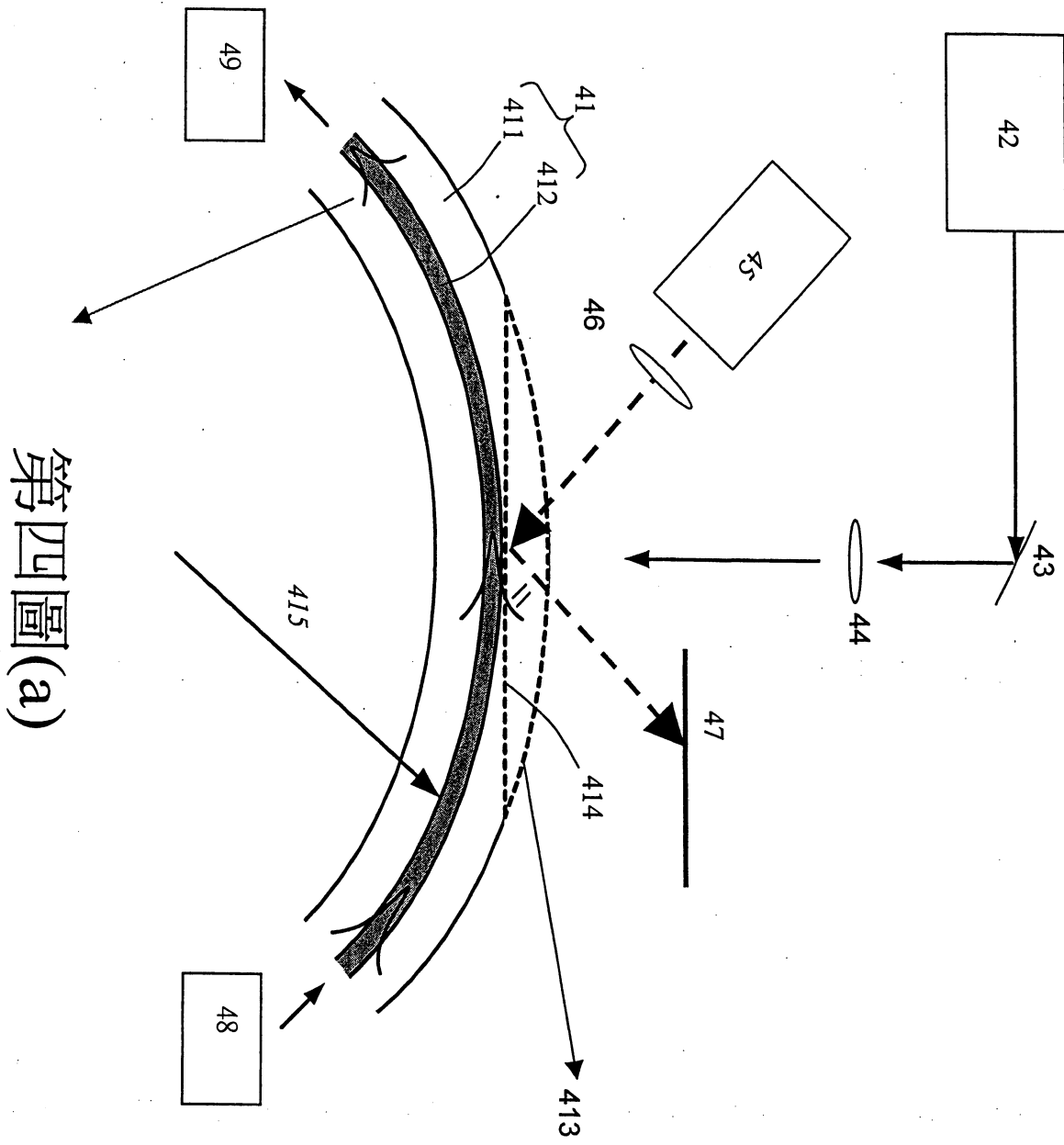


32

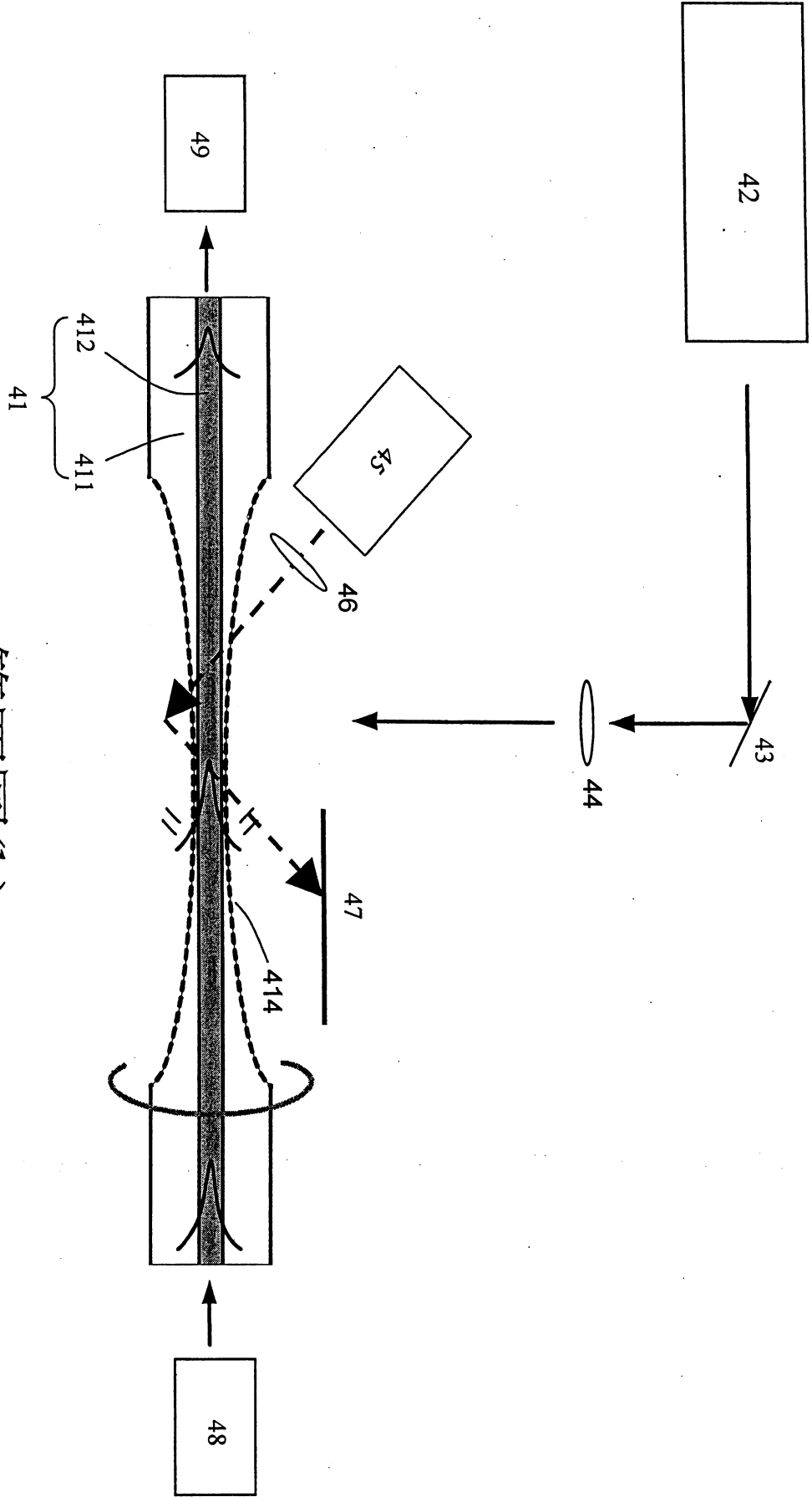


33

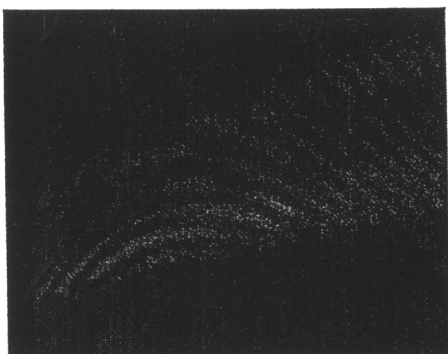
第三圖(c)



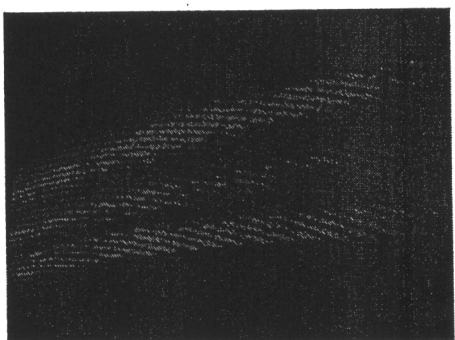
第四圖(a)



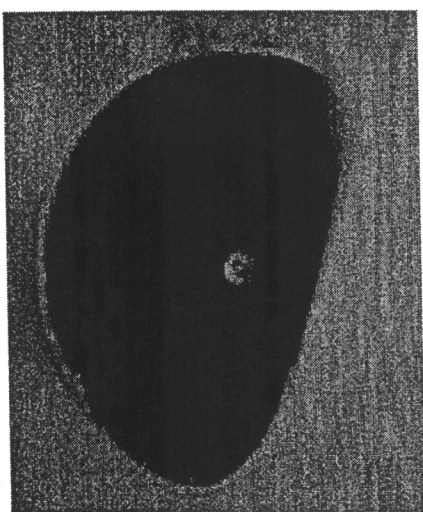
第四圖(b)



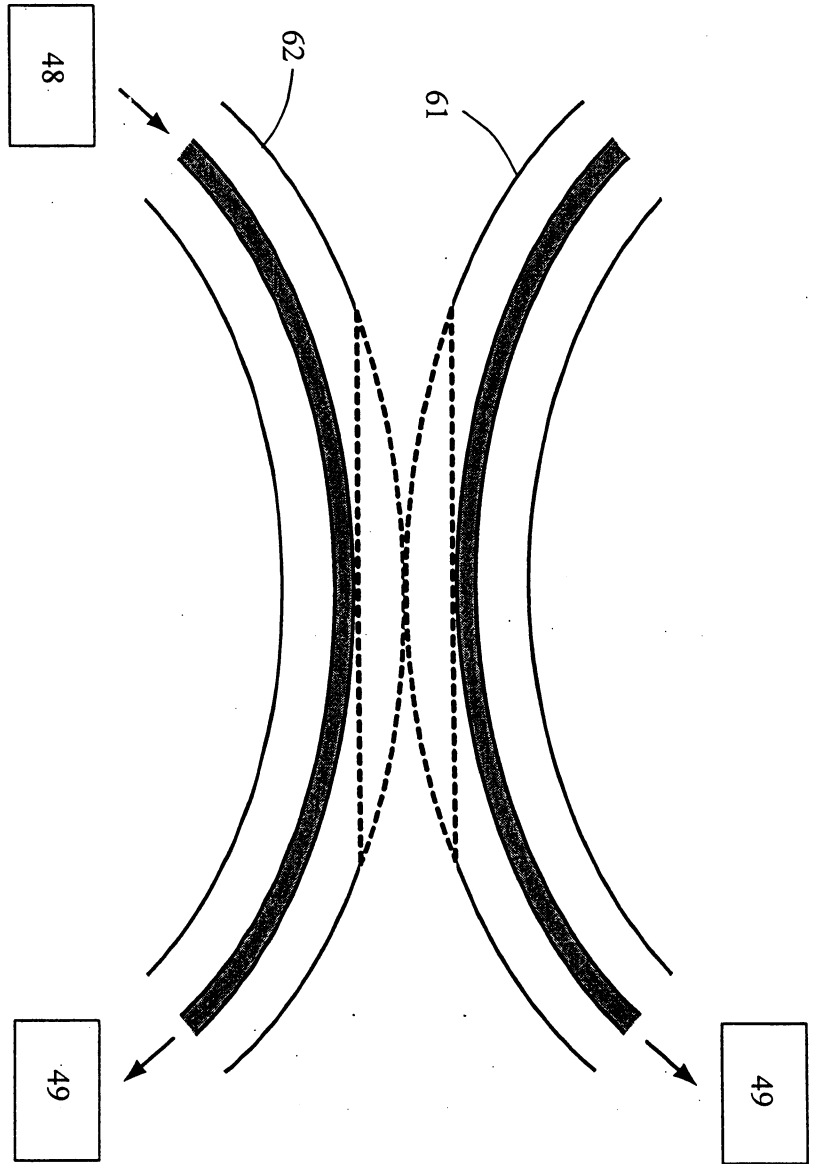
第五圖(b)



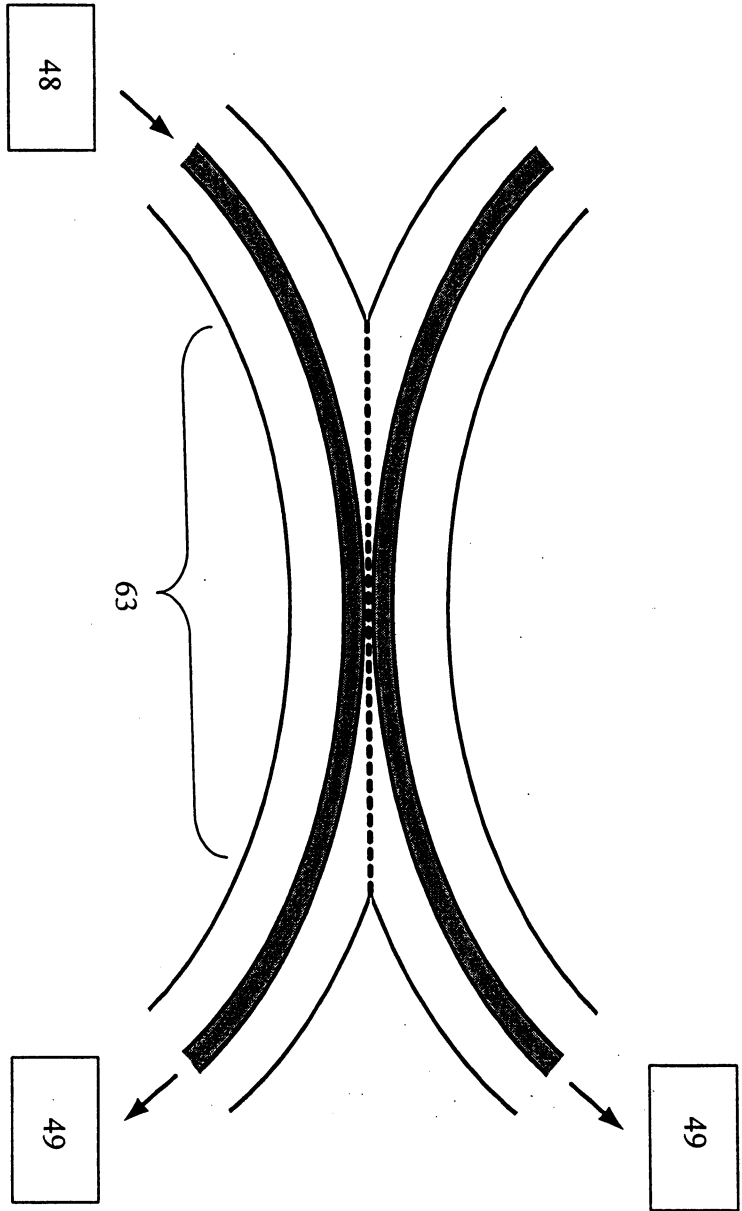
第五圖(c)



第五圖(a)

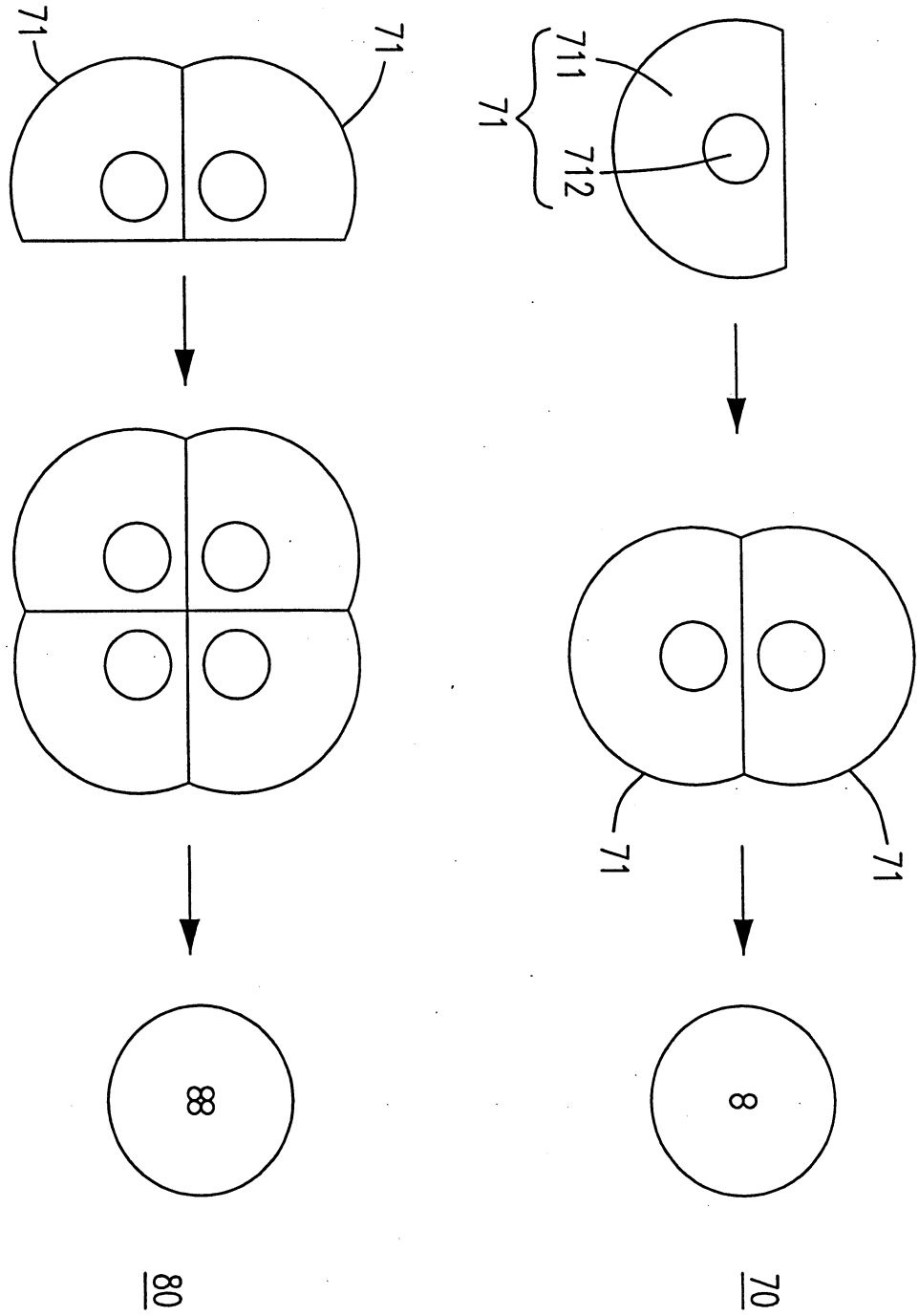


第六圖(a)

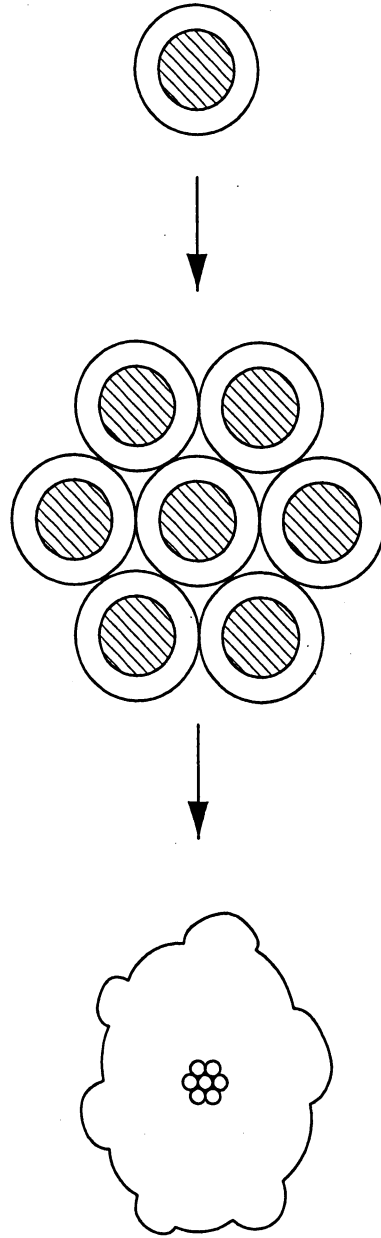


第六圖(b)

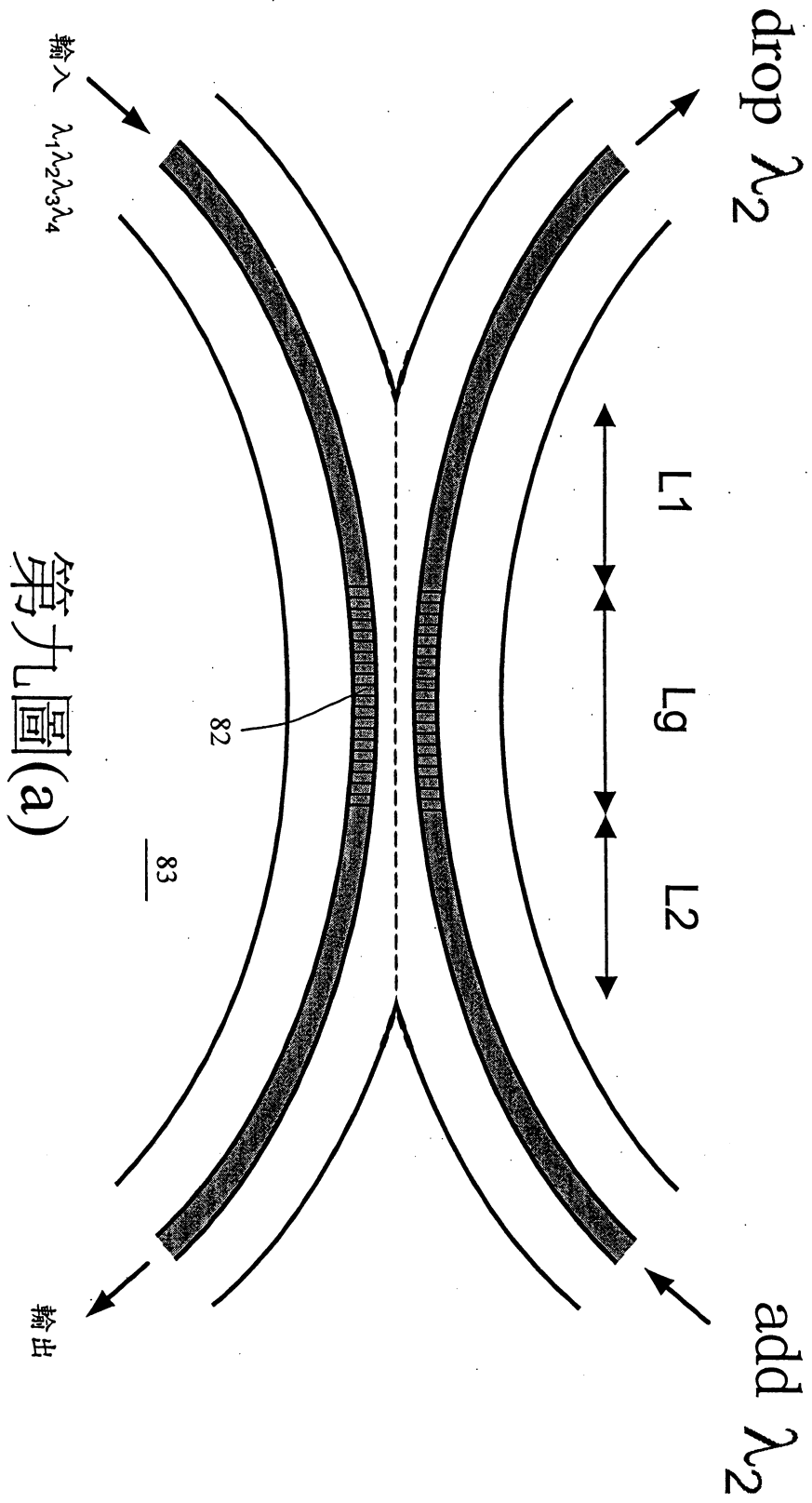
第七圖

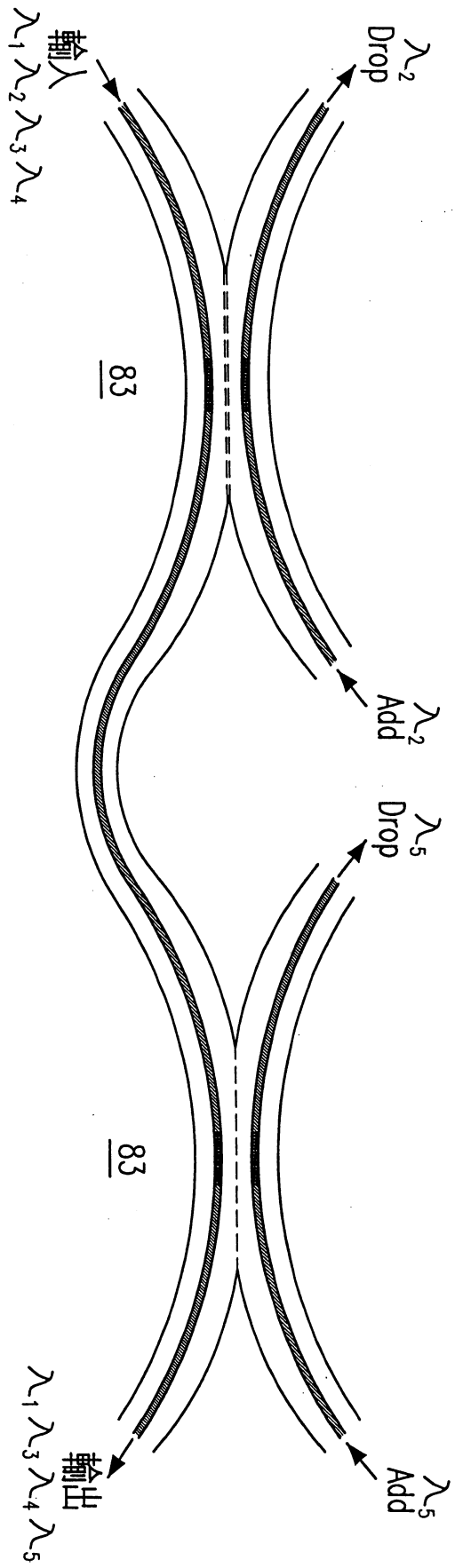


第八圖

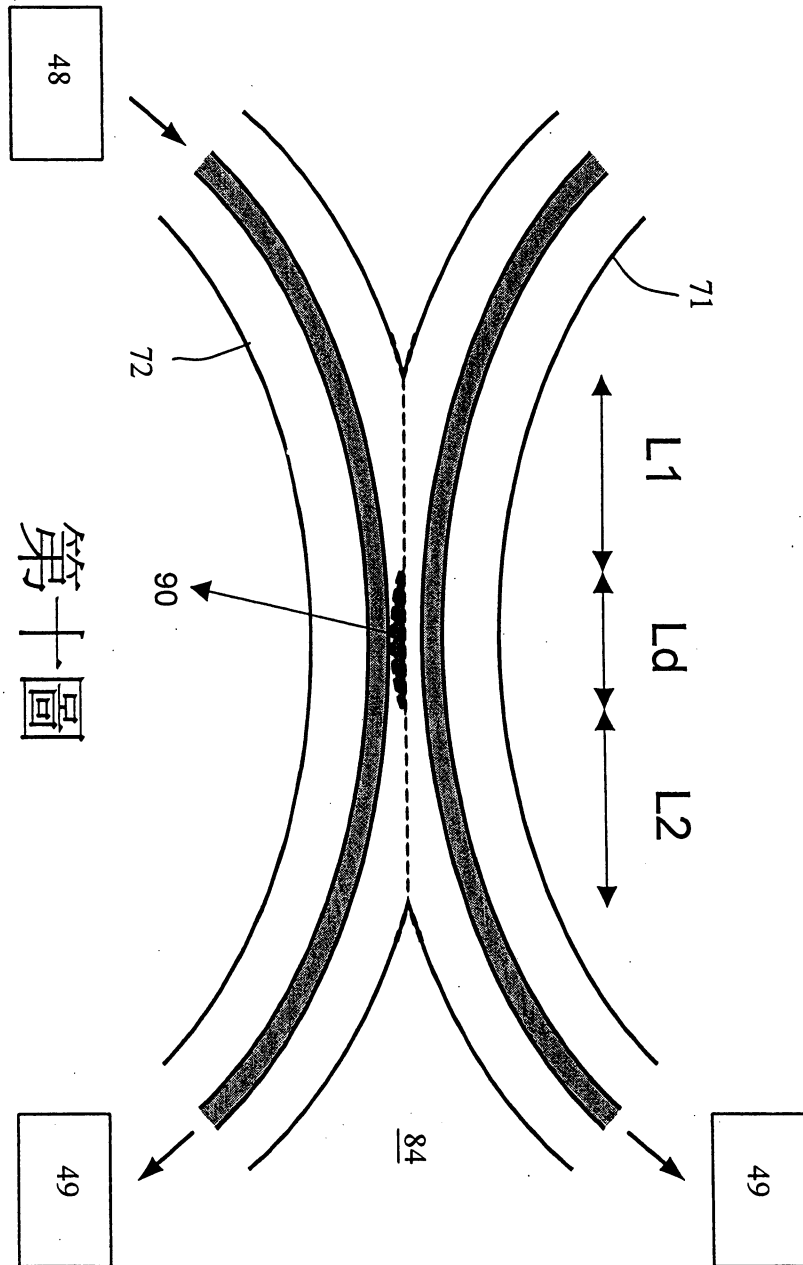


81

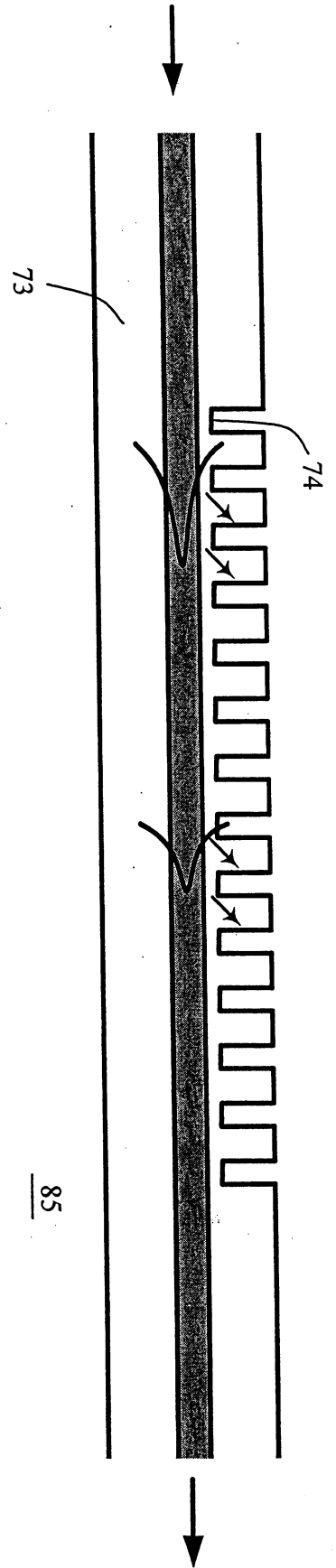




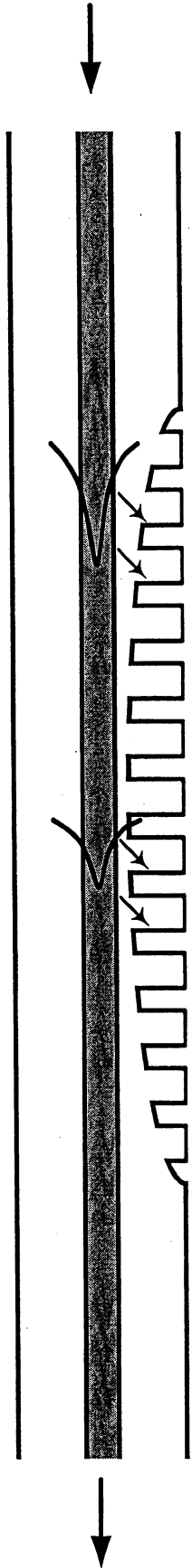
第九圖(b)



第十圖

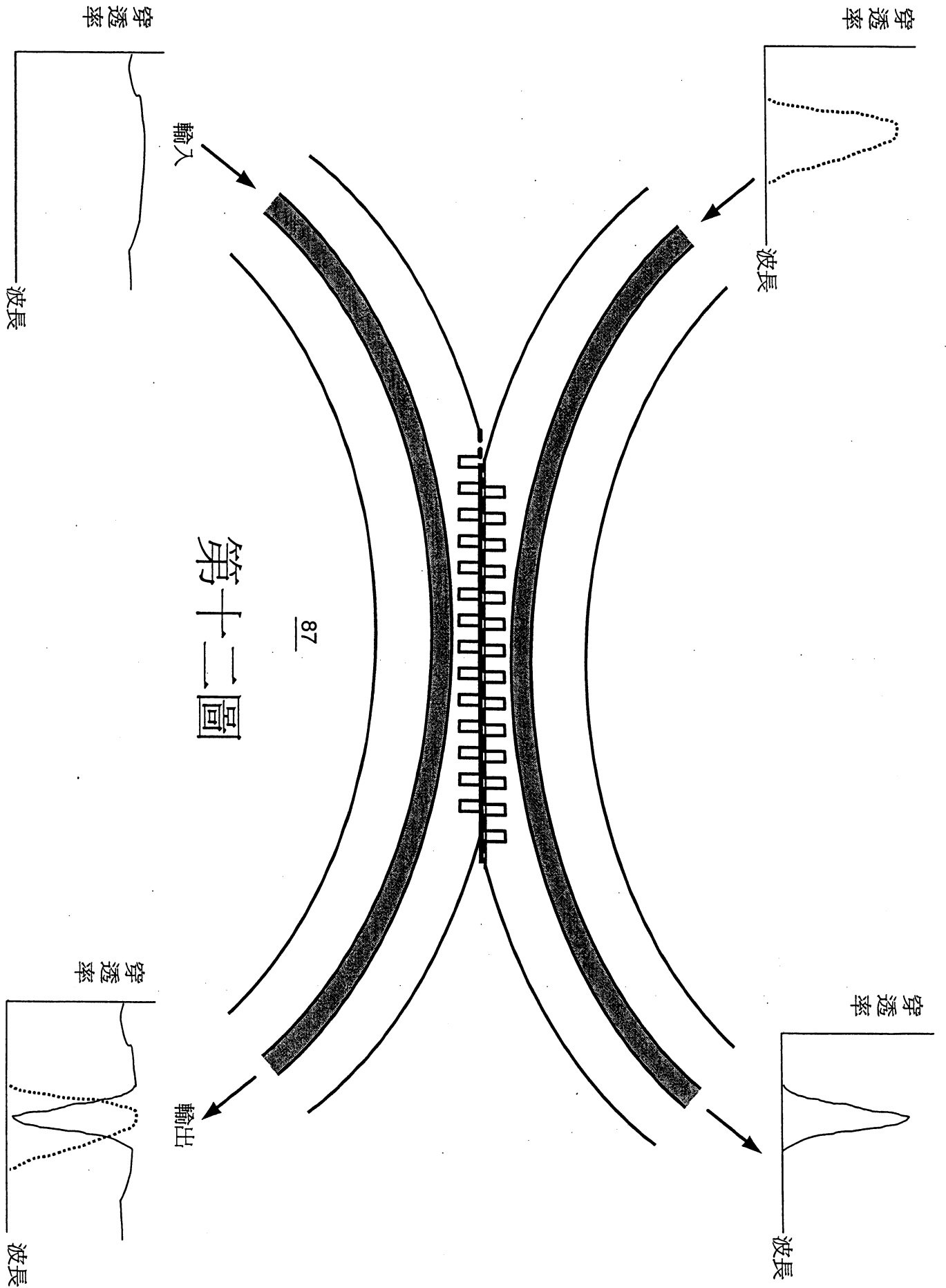


第十一圖(a)



第十一圖(b)

86



位於耦合區域 24 中的部份光殼 242，來取代光芯 211 和 221 以進行導光作用。

調整耦合區域 24 之長度的動作在獲得了所需的分光比之後便停止，最後再利用一封裝層(圖中未示出)對耦合區域 24 進行封裝，以形成光纖耦合器 20；其中封裝層之製作材料可為選自金屬、陶瓷、玻璃、高分子材料、或是具有溫度補償作用之材料。

當然，本案所述之製作方法亦不限定於二條光纖的情況，除了如第三圖(a)所示的 4X4 的光纖耦合器 30 之外，亦可以使用三條光纖形成 6X6 的光纖耦合器 31，或是利用更多條光纖來進行製作程序。

值得注意的是，藉由上述之雷射切削方法對二條以上數量的光纖進行更為平整地切削，可以形成如第三圖(c)所示般的光纖耦合器 32、33，和前述之光纖耦合器 31 在功能上較為不同的是，光纖耦合器 32 或 33 在彼此貼合的至少一切削面會產生光柵的效應；亦即，這種製作方法可以製作出具有光纖光柵的光纖耦合器或是光塞取多工器。

本案所欲解決的問題是目前熔燒拉伸式光纖耦合器(fused-tapered fiber couplers)存在的嚴重非等向性極化及應用於窄波道合/分波器時通道隔離度(channel isolation)不佳之問題。首先，目前的商用產品中最多只能做到 1480/1550 約 70nm 的波道空間(channel spacing)而已，且此時波道隔離(channel isolation)已經

此，利用這樣的做法可以製作出窄波道且低串音的光纖耦合器，非常適用於高密度的光通訊系統使用，而這也是目前相關全光纖型耦合器製造技術所無法達到的。

(2)此外，若是在雷射切削光纖之剖面上設置光增益介質、光非線性物質、光色散物質、光雙折射物質、液晶、或是光子晶體等材料之後，再對其進行封裝，還可以用來製作其他各式各樣的光纖型元件。

(3)請參閱第四圖(a)，其為本案雷射微加工處理全光纖型元件之另一種製作方法的示意圖。在第四圖(a)中，所使用的元件包括具有光殼 411 及光芯 412 的光纖 41、第一雷射 42、反射鏡 43、凸透鏡 44、第二雷射 45、凸透鏡 46、屏幕 47、第三雷射 48 以及光偵檢器 49。

在第四圖(a)中，係先利用第一雷射 42 將光殼 411 切削掉 413 的部份，在切削的過程中，藉由反射鏡 43 之移動或轉動的所造成的反射以及凸透鏡 44 的聚焦，便可以使得切削範圍 413 包含整個消逝場裸露面 414。

接著將第二雷射 45 透過凸透鏡 46 射入消逝場裸露面 414，藉由在屏幕 47 所得之干涉條紋之間距便能夠決定第一雷射 42 切削光殼 411 的深度。此外，在切削之前，若是將光纖 41 彎曲成具有一曲率半徑 415 的型態再進行切削，便能夠藉由控制曲率半徑 415 決定

合或施以熔燒拉錐(fuse-tapering)，即可用來製作光纖耦合器、光塞取多工器(add/drop multiplexer)、光纖窄波道多工/解多工及光纖光柵等光纖元件。

本案得由熟悉本技藝之人士任施匠思而為諸般修飾，然皆不脫如附申請專利範圍所欲保護者。

【圖式簡單說明】

第一圖(a)~(b)：習知的側磨式光纖耦合器之製作方法圖；

第二圖：本案所述光纖耦合器一較佳實施例之結構圖；

第三圖(a)~(b)：本案所述光纖耦合器另一較佳實施例之結構圖(多條光纖)；

第三圖(c)：本案所述具有光纖光柵效應之光纖耦合器的結構圖；

第四圖(a)~(b)：本案雷射微加工處理全光纖型元件之另一種製作方法的示意圖；

第五圖(a)：光纖切削截面的照片；

第五圖(b)：雷射切削之中心區域的照片；

第五圖(c)：雷射切削之邊緣區域的照片；

第六圖(a)及(b)：本案雷射微加工處理全光纖型元件之製作方法之應用面的示意圖；

第七圖：使用本案之雷射切削方法所製作之 2*2 光纖耦合器及 4*4 光纖耦合器的示意圖；