

公告本

310379

310379

310379

申請日期	84. 7. 6
案 號	84106989
類 別	1-01-06 2B 6/10

A4
C4

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、發明 名稱	中 文	光纖感測器及其製造方法
	英 文	OPTICAL FIBER SENSORS AND METHOD FOR MAKING THE SAME
二、發明 人	姓 名	(1) 峯本 尚 (2) 吉川 由起子 (3) 伊藤 伸器 (4) 石河 大典 (5) 石塚 訓
	國 籍	日 本
三、申請人	住、居所	(1) 日本國滋賀縣大津市朝日丘1-17-18 (2) 日本國大阪府大阪市城東區鴨野西1-4-10 (3) 日本國大阪府交野市妙見坂6-1-404 (4) 日本國大阪府枚方市山之上1丁目2番5號 (5) 日本國大阪府枚方市須山町77-16
	姓 名 (名稱)	日商・松下電器產業股份有限公司
三、申請人	國 籍	日 本
	住、居所 (事務所)	日本國大阪府門真市大字門真1006番地
三、申請人	代 表 人 姓 名	森下洋一

裝

訂

線

310379

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大 類：
I P C 分類：

A6

B6

本案已向：

日本 國(地區) 申請專利，申請日期： 案號： ☐有 ☐無主張優先權
1994, 12, 12 特願平6-307415
1995, 4, 28 特願平7-106467

有關微生物已寄存於： 寄存日期： 寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

五、發明說明(/)

本發明之背景

本發明之領域：

本發明係有關光纖感測器，這種光纖感測器利用光束當作測量的媒介而且可用於測量磁場（電流）、電場（電壓）、溫度、及類似性質之變化。

習知技藝之說明：

由於光學元件技術、光學測量技術及光學通信技術在最近已日趨進步，用於光學通信系統的光纖感測器及光學綜合裝置已在不同的領域中進入實用階段，或正在探討或研究如何進入實用階段。例如，光纖感測器不但具有良好的絕緣性質，而且具有如對雷磁感應雜訊如來自打雷之高抵抗性。因此，這些感測器已持續不斷地進入實用領域，例如利用磁光效應作成光纖電流感測器，或者利用電光效應作成光纖電壓感測器，兩者均用於電力系統(National Technical Report Vol. 38, No. 2, pp. 255-261 (1992), A. H. Rose 等人；Optics letters, Vol. 18, No. 17, pp. 1471-1473 (1993)；及美國專利第5,202,629號)。而且，磁光材料用於光磁領域或本領域的電流感測器已被積極研發(O. Kamada等人，(Journal of Applied Physics Vol. 75, No. 110, pp. 6801-6803 (1994))，及R. Wolfe等人，(Applied Physics Letters Vol. 60, No. 17, pp. 2048-2050 (1992))。再者，已經有人提出光纖溫度感測器，其中係使用GaAs晶體在吸收光的過程中之溫度變化(K. Kyuma等人(IEEE Journal of Quantum Electronics

(請先閱讀背面之注意事項再訂本頁)

裝

訂

線

五、發明說明()

Vol. QE-18, No. 4 (1982))。

再者，已有人提出光學綜合電路，例如日本公開專利申請案第63-60410號，其中係在一種基底上形成光導波管而且在該導波管中放置多種光學元件。另外，亦有人提出用於光學通信之光學裝置，其中係將光纖埋於凹槽中，而且凹槽與其他凹槽係分別利用旋轉葉片鋸予以鋸成，其中係分別插入光學元件(K. Shiraishi等人，J. Lightware Tech. Vol. 10, No. 12, pp. 1839-1842 (1992)，及日本公開專利申請案第3-63606號)。近年來，已有人提出使用薄膜偏光器之襯套裝配的光纖感測器，目的是使光纖感測器小型化以及無透鏡裝配。

這些已知的光纖感測器、光學部件及光學電路卻有下列的問題，可參考第18圖。第18圖係已知光纖磁場／電流感測器之一般配置示意圖。光纖磁場感測器S包括一個光束入口端的瞄準器C及一個光束出口端的瞄準器D，其等分別由光纖180、箍181及透鏡182構成。每個瞄準器均用座187固定。該感測器S進一步包括一個光學元件M。該元件M具有偏光器183、石榴石晶體184及測定器185以及反射鏡186，以這種順序依序排列。該光束入口端瞄準器C係以光的方式與該偏光器183相連接，而該出口端瞄準器D係以光的方式與該反射鏡186相連接。

已知的光纖感測器在裝配時是在基底（未示出）上例如使用黏著劑將光纖、透鏡、偏光器、磁光材料（或電光材料）、測定器、鏡及類似的光學部件固定，同時適當調

(請先閱讀背面之注意事項再打為本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

整這些光學元件的光軸。這樣裝配一個感測器需要很多時間，附帶的問題是大量生產的效率很差。而且，這些偏光器、測定器及鏡個別均具有大約5 mm見方的大小，對整個感測器的大小在放置上有空間受限的問題。

對於利用溫度與光吸收的關係之光學溫度感測器，並不需要任何偏光器及測定器，所以可做成較小尺寸的感測器。然而，雖然沒有上述的問題，但是另外的問題是其所使用的光學元件會變成過於延長，因此並不便於實用。

對於其中在基底上形成玻璃導波管並且在該導波管的路徑上形成凹槽而且在該導波管中係插入不同類型的光學元件之這種形式的光學部件，雖然可以在半導體電路製作過程中一次完成不同光學電路樣式，因此確保高量生產率。但是，這種光學部件的缺點是在光纖與光導波管之間的連接會發生很大的光損失。另外，要製造這種光導波管的設備係非常昂貴。

對於其中光纖係埋於在基底中所形成的凹槽中並且係使用旋轉片鋸形成不同的凹槽以插入光學元件於其內之這種形式的光學通信裝置，其缺點是這些光學部件很長，在製造時必須限制在直線型或流線型生產線上，與光學溫度感測器的情形相似。因此，如果要製造在光束傳送方向上尺寸較小的光學元件，將是一項難題。這最後所導致的問題是應用這種光纖感測器將會很困難。再者，沒有護套或裸露的光纖直接埋於基底中，如此該光纖可能會在其伸出該基底的部份斷掉，亦即在光纖伸入基底的入口附近或伸

(請先閱讀背面之注意事項再打本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (一)

出基底的出口附近處斷掉。

採用多層、薄膜型偏光器或層狀偏光器的直線裝配式光纖感測器係需要較小尺寸的光學部件，因此表示問題在於包括光軸調整的裝配操作時會比其他習知技術花更長的時間。與光纖溫度感測器及直線裝配式通信裝置一樣，在這種情形中僅能製造直線型或伸延很長的光學裝置。如果將光纖互相連接的情形考慮進來，則結果的光纖感測器最小的長度會伸延40至50 mm長。如果這種直線型光纖感測器係應用為光電流或磁場感測器，則所施加的磁場方向係與所安裝的光纖方向相同。這種直線型的光纖感測器很難應用於如第3圖所示類型的光纖感測器系統。這是因為這種光纖感測器不能置於用以集中磁場的鐵圈核心空間中，因此當其置於電功纜線的周圍時會很難使用。而且，直線延伸很長的光纖感測器會受限於放在符合其尺寸的裝置中。應予注意的是，在第3圖中所示的感測器系統在下面會有更詳細的說明。

本發明概要

因此，本發明的一項目標是提供一種光纖感測器，其可克服在習知技術中所遇的問題，係包括一成形、裸露的光纖部份而且安裝並固定於一基底的凹槽模型中。

本發明的另一目標是提供一種光纖感測器，其在尺寸上較小而且可以很簡單的方式作高產率的製造。

又一目標是提供包括電流感測器、電壓感測器及溫度感測器之多種類型的光纖感測器，其由於在光束入口及出

(請先閱讀背面之注意事項再訂為本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

口部份附近沒有耦合部份，所以在光導波管中幾乎沒有光的損失。

本發明的又另一目標是提供一種製造尺寸較小的光纖感測器之方法，其中光學元件的光軸可預先調好，不同於習知技術的裝配方法。

本發明的另一目標是提供一種一次製造多個光纖感測器的方法，因此可保證大量生產，因而更具經濟效益。

依據本發明的一項實施例，可藉由如下的光纖感測器完成上述的目標，該光纖感測器包含：

一個具有凹槽模型的基底；

一條光纖，其包括成形、裸露的光纖部份，該部份呈迴轉 U 形而且能夠容納於或安置於該基底的凹槽模型中，以及加套的光纖部份，該部份係從該成形的光纖部份的相對兩端延伸的部份，而該成形的光纖部份係固定於該基底的凹槽模型中；及

一個光學調變單元，其係固定設於該光纖部份的光徑上而且置於該基底所形成的至少一個凹槽中。

應予注意的是“裸露光纖”一詞係表示由核心及覆層所組成的光纖，但沒有任何護套及緩衝層，但是可以在該覆層上沈積一種表面處理劑，用以使該覆層與緩衝層之間能緊密接觸。

較佳的是，該成形的光纖部具有兩個彎曲部份，在這兩個彎曲部份之間係安裝該光學調變單元。

如果該光纖感測器係磁場或電流感測器，則該光學調

(請先閱讀背面之注意事項再填為本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

變單元包括一個偏光器、一個磁光元件或調變器及一個測定器，依此順序依序安裝，並使該偏光器、磁光調變器及測定器的光軸對準。當該光纖感測器係用作電場或電壓感測器時，在該偏光器與光學調變器之設有一個 $\lambda/4$ 板。較佳的是，該 $\lambda/4$ 板係與該偏光器或該調變器接觸。再者，當該感測器係用作溫度感測器時，該光學調變單元係由單一晶板構成，該晶板係由其光穿透度顯著隨溫度改變的材質所作成。

不管是否具有 $\lambda/4$ 板，該偏光器、光學調變器及測定器可以一體合併或以間隔分開安置，並適當調整這些元件的光軸。

在本發明的實作中，較佳的是該成形、裸露光纖部份的彎曲部份係以彎曲半徑 R 為 $0.3 \text{ mm} \leq R \leq 15 \text{ mm}$ ，更佳是 $0.3 \text{ mm} \leq R \leq 5 \text{ mm}$ ，予以彎曲，如此在該彎曲部份的光損失不會超過 5 dB。為了減低絕對的光損失，該成型的光纖部份較佳的是用一種金屬或含有金屬微顆粒的聚合物軟膏予以覆蓋。

再者，每一彎曲部份係安排成具有一、二或三個彎曲點。如果該彎曲部份僅具有一個彎曲點，則其彎曲角度幾乎是 90° ，而在兩點彎曲時，則每一彎曲角度是 45° 。相同情形，當該裸露光纖部份係在三個彎曲點彎曲時，則每一點的彎曲角度是 30° ，如此在該彎曲部份的總角度是 90° 。因此，該基底的凹槽模型必須作成符合容納該安置於其中的裸露光纖的彎曲部份。例如，該凹槽模型係直凹槽時

(請先閱讀背面之注意事項再填為本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

，則其包括二個平行凹槽及至少一個與該二平行凹槽交叉的凹槽，而且在每個交叉點幾乎均是 90° 。為了可以順利容納該成型的光纖部份，這些交叉部份應該最好作成圓順形。

再者，為了防止包括該裸露部份的光纖發生斷裂，最好是該光纖的加套部份係部分插入該基底的凹槽模型的凹槽中，而且特別在該感測器的光束入口及出口部份之至少一者，較佳是兩者，之附近使用一種黏結劑予以固定。

依據本發明之另一個實施例，亦係提供一種製造光纖感測器之方法，其包含：

- (a) 提供一個基底；
- (b) 在該基底中形成一個凹槽模型；
- (c) 分開設置一條具有裸露光纖部份及加套光纖部份之光纖，該加套光纖部份係從該裸露光纖部份的相對兩端延伸出來，而且使該裸露光纖部份大致在一個迴轉的 U 形模中成形，並且能夠容納於或安置於該凹槽模型中；
- (d) 使該成形的裸露光纖部份安置且固定於該凹槽模型中；
- (e) 在該基底中形成至少一個凹槽，而且該凹槽係以平行於該迴轉的 U 形凹槽模型的二平行凹槽之方式延伸，而且經過該固定的裸露光纖部份；及
- (f) 固定安置一個光學調變器單元於該光纖的光徑上，係藉由插入該單元於至少一個凹槽中。

該凹槽形成的方式可以是二個平行凹槽及一個大致以

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明()

90°與該二平行凹槽交叉的凹槽。在這種情形中，該凹槽模型的交叉部份較佳是作成圓順形，可使該具有二個彎曲部份的成形、裸露光纖部份以一既定的曲率半徑使其沿著該曲率半徑容納其中。為了使該交叉部份作成圓順形，係使用磨機及／或具有輪軸的磨石。

該凹槽模型可藉由使用旋轉葉片鋸、噴砂清理、在模中鑄成或蝕刻之方法予以形成。當使用旋轉葉片鋸時，其凹槽形成速度較佳是在0.01至1毫米／秒的範圍。該葉片必須較佳是由尺寸為#200至#4000，亦即平均晶粒度為60至3微米，之晶粒作成。

再者，為了防止該成形、裸露的光纖部份在凹槽模型的光束入口及出口部份附近發生斷裂，較佳是將該加套的光纖以部份插入且固定於該凹槽模型的凹槽中。關於此，在該光束入口端、光束出口端及／或光纖彎曲部份附近係作成使寬度比其他部份大，以使足夠安置該加套的光纖或該成形、裸露的光纖部份於其中。較佳的是，在這些部份的凹槽寬度是該加套的光纖直徑之1.03至5倍。

所使用的光纖必須較佳是一種多成份光纖或一種塑膠光纖，其等均可容易在想要的模型中成形。尤其是，這些光纖可藉由使用具有電阻加熱器的鼓風器很容易以想要的彎曲角度予以彎曲。如果是使用多成份光纖時，在450℃至600℃的高溫範圍即足以作這種彎曲。另一方面，對於塑膠光纖，在80至250℃的溫度範圍即足以作這種彎曲。

該裸露的光纖部份或該加套的光纖較佳是藉由陶瓷黏

(請先閱讀背面之注意事項再打為本頁)

裝

訂

線

五、發明說明()

結劑、焊接劑、較低熔點的玻璃及／或樹脂接著劑予以黏結至基底上。另外，該成形、裸露的光纖部份較佳是用一種金屬或在其中分散有金屬顆粒的聚合物樹脂予以塗佈，以減低光損失。

如果該光學調變單元係由一個偏光器、一個光學調變器及一個具有或不具有 $\lambda/4$ 板的偏光器所構成，而且其等互相間隔開來，則形成三個凹槽以分別安置該偏光器、調變器及偏光器。

再者，如果一次同時製造多個光纖感測器時，則在大尺寸的基底上形成多個凹槽模型，然後依據(c)至(f)的步驟以製作個別的感測器單元，用切割該基底而得到個別的感測器。

圖式之簡要說明

第1圖係顯示依據本發明的一個實施例之光學電流感測器示意圖；

第2a及2b圖係分別顯示依據本發明另一個實施例之光學電流感測器示意圖及在這個實施例中所使用的光學調變單元示意圖；

第3圖係顯示使用光學電流感測器之測量系統的示意圖；

第4a及4b圖係分別顯示一種彎曲裸露光纖部份的步驟之示意圖；

第5a及5b圖係分別顯示成形的光纖示意圖及具有凹槽模型可以容納該成形的光纖之基底的示意圖；

(請先閱讀背面之注意事項再打本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

第 6a 及 6b 圖係分別顯示一種製作依據本發明又另一個實施例的光纖感測器之步驟示意圖；

第 7 圖係顯示依據本發明又另一個實施例的光纖感測器示意圖；

第 8 圖係顯示依據本發明另一個實施例的光纖感測器示意圖，其中凹槽模型在該模型的凹槽交叉部份係作成圓順形；

第 9 圖係顯示依據本發明另一個實施例的光纖感測器示意圖；

第 10 及 11 圖係分別顯示依據本發明又另一個實施例的光纖感測器示意圖，其中在該基底中的凹槽模型係依據噴砂清理或模鑄或蝕刻予以形成；

第 12 及 13 圖係分別顯示依據本發明另一個實施例製造多個光纖感測器之示意圖；

第 14a 及 14b 圖係分別顯示本發明的光學感測器其調變率與磁場之間關係以及其線性誤差與磁場之間關係的作圖；

第 15 圖係顯示當光纖電流感測器係置於第 3 圖的系統中時，在 200 安培固定電流下產生的磁場與鐵芯間隔之間關係的作圖；

第 16 圖係顯示對於不同數值孔徑在成形、裸露的光纖部份的彎曲部份處其光損失與彎曲半徑之間關係的作圖；

第 17 圖係顯示光損失與凹槽寬度之間關係的作圖，該凹槽係依據光纖不同數值孔徑用以插入光學元件，而且使

(請先閱讀背面之注意事項再填為本頁)

裝

訂

線

五、發明說明()

用指數配合油填於該光學元件插入的裸露光纖處之凹槽部份；及

第18圖係一已知的光纖電流感測器。

本發明之較佳實施例

上述的這些附圖是用以說明參考，其中相同的參考數字在通篇本說明書中係表示相同的部份或元件，尤其是對第1及2圖。

第1圖係顯示依據本發明的一個實施例之光纖磁場或電流感測器。該感測器概括表示為S並且包括一個具有凹槽模型12能夠安置及固定部份光纖14的基底10。該感測器S具有光纖14，而該光纖14具有大致成形為迴轉U形的裸露光纖部份16及二個平行部份20，該U形具有二個彎曲部份18，而該二個平行部份係分別從該二個彎曲部份18延伸出來。該裸露光纖部份係固定安置於該凹槽模型11中，如圖所示，並且在該二個彎曲部份18之間的光徑上具有一個調變器單元M。在這個例子中，該調變器單元M包括一個偏光器22、一個由，例如，石榴石單一晶體作成的磁光元件或調變器24及一個測定器26，係如圖所示依這一順序間隔依序安裝於其間。相對於該二個平行部份20呈平行延伸的長形凹槽28係用以插入該偏光器22、光學調變器24及測定器26於其固定的位置。

該光纖14的加套部份具有護套30，係在使用處覆蓋該裸露光纖部份16。

用於這一目的的基底10可由陶瓷、玻璃或如習知技術

(請先閱讀背面之注意事項再填為本頁)

裝

訂

線

五、發明說明()

中已知的類似物作成。雖然該基底係依最後感測器想要的尺寸而定，但是通常的厚度是1至5 mm。

該基底10係與該凹槽模型12一起形成，如第1圖所示，係用以固定該迴轉U形的成形光纖部份16。該凹槽模型12係由兩個沿著該基底10的長度而互相平行延伸的凹槽12'及一個與這兩個平行凹槽12'大致以90°交叉的凹槽12''所構成。該二平行凹槽12'所作成的寬度係恰適於容納該實施例中成形、裸露的光纖部份16於其中。

雖該光纖可由石英作成，但是在本發明的實作中較佳的是使用多成份玻璃光纖或塑膠光纖。該多成份玻璃光纖包括，例如，由含有SiO₂的組合物作成的核心，而且在該SiO₂中加上B₂O₃、Na₂O、K₂O及類似物，以及由含有SiO₂的組合物作成的覆層，而且在該SiO₂中加上B₂O₃、TiO₂、Na₂O及類似物。該塑膠光纖是那些主要由聚甲基丙烯酸甲酯所組成者。

該裸露的光纖部份16係成形為如第1圖中所示的迴轉U形，而且該部份的直徑通常是從125至1000 μm。基於光損失及感測器尺寸的考量，該彎曲部份係作成彎曲半徑是從0.3至15 mm。如果該彎曲的曲率半徑小於0.3 mm，則其光損失會超過5 dB。而且亦很難以更小的半徑重複彎曲該裸露的光纖部份。

該光纖14的外鞘可包括一緩衝層及如在該技藝中已知的護套。

該磁場感測器S在該裸露光纖部份16的光徑中介於該

(請先閱讀背面之注意事項再打為本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

等彎曲部份18之間的部份設有一個光學調變單元M。該單元M包括一個由玻璃作成的偏光器22、一個由，例如，石榴石單一晶體作成的磁光調變器24、及一個由玻璃作成的測定器26。特別的是，使用當作該調變器24的石榴石單一晶體係以，例如，使化學式為 $(\text{BiY}\text{GdLa})_3(\text{FeGa})_3\text{O}_{12}$ 之Bi-取代的石榴石膜在由，例如， $(\text{GdCa})_3(\text{MgZrGa})_3\text{O}_{12}$ 作成的基底上向軸外成長予以形成。

該偏光器22、磁光調變器24及測定器26係依這一順序依序安置並使這些元件的光軸對準。為了便於對準這一光軸，較佳的是這些元件均作成矩形，而且其長度至少大於該凹槽12"寬度的兩倍。

在這一實施例中，該偏光器22、磁光調變器24及測定器26係以既定的間隔互相保持分開的關係。這些元件的厚度係在，例如，100至1000 μm 的範圍。

正如上面所說明的，第1圖中的光學調變單元M具有互相間隔開來的元件22、24、26，但是可以一體合併起來。這特別是顯示在第2a及2b圖中。在這個實施例中，只有一個凹槽28作成用於插入該光學調變單元M。該單元M具有以如樹脂接著劑的黏結劑連結在一起的偏光器22、磁光調變器24及測定器26。這種樹脂接著劑的例子包括環氧樹脂、丙烯酸酯樹脂及類似物。因此，這種感測器在尺寸上可作成比在第1圖中的情形還小。

在這個實施例中，如第2a圖所示，該加套的光纖14係安置於該凹槽模型12中靠近光束入口部份32及光束出口部

(請先閱讀背面之注意事項再為本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

份 34。

在第 1 圖的實施例中，該裸露的光纖部份 16 係藉由樹脂接著劑、陶瓷黏結劑、焊接劑、低熔點玻璃或類似物固定於該基底 10 上。對於第 2a 圖的情形，該光纖部份 16 可藉由使用如上面說明的黏結劑予以固定，而該加套的部份可使用樹脂接著劑同時在部份 32、34 適當黏結於該基底 10 上。

在操作上，當在第 1 或 2a 圖中所示類型的感測器係用作磁場感測器時，則磁場係以在第 1 及 2a 圖中雙箭頭所示的方式施加。由與該光纖 14 以光學方式連接的光源（未示出）射出的光束係經過其一端，如在個別的圖中所示，到達該光學調變單元 M。在該單元 M 中，該光束經過光纖 14 到達該偏光器，在此該光束被轉換成線性偏極的光束。該光束的偏極平面係以與所施加磁場大小成正比例的角度旋轉，因此當該線性偏極光束經過該磁光元件 24 及測定器 26 時，結果的線性偏極光束係以具有與該施加磁場大小相對應的強度傳送。

例如，該光纖磁場或電流感測器可應用於第 3 圖所示的系統。在這個圖中，電源纜線 100 的周圍是具有間隔 104 的鐵芯環 102。電流感測器 106 係置於如圖所示的間隔 104 中。該感測器 106 係藉由光纖 110 以光的形式與光源單元 108 連接，而在該感測器 106 中調變的光束係藉由光纖 112 傳送至光偵測單元 114，然後經由一般的方式送到訊號處理器 116。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 ()

電流感測器已經在第 1、2a 及 2b 圖中說明。事實上，電場或電壓感測器亦可以相同的方式製造。對於電場感測器，這種光纖感測器與前述的電流感測器安裝的方式一樣，除了光學調變單元 M 必須具有偏光器 22、電光調變器 24 及測定器 26。另外， $\lambda/4$ 板必須進一步設在該偏光器 22 與該光學調變器 24 之間。較佳的是，該 $\lambda/4$ 板係與該偏光器 22 或該光學調變器 24 接觸。該測定器可由在電流感測器中使用的相同材質作成。該 $\lambda/4$ 板係由，例如，石英作成。該電光元件係由能夠依電位改變而使光偏極狀態改變的材質作成，係包括，例如， LiNbO_3 、 LiTaO_3 或類似物。如果該單元 M 係如第 2a 及 2b 圖所示合併成一體，則依偏光器、 $\lambda/4$ 板、電光元件及測定器這種順序合併一起。

相似的情形，溫度感測器佈置的情形與前述的電流感測器相似，但是該光學調變單元 M 只由一個光學元件構成，並不使用偏光器及測定器。依此，該溫度感測器的結構係如第 2a 圖所示。該光學元件係由，例如，其透光度係隨溫度而變的材質作成。這種材質包括，例如，GaAs、Si、Ge、硫族元素化合物玻璃、Nd：玻璃或類似物。

第 4a 至 4d、5a、5b 及 6a 至 6d 圖係說明該感測器 S 之製造過程。就方便考量，僅說明電流感測器的製造過程。

在第 4a 至 4d 圖中，係說明如何使裸露的光纖部份彎曲以安置於第 1 圖的凹槽模型 12 中。在第 4a 圖中，係顯示一段加套的光纖 14，其包括緩衝層及類似物的護套層 30 係部分從該加套的光纖 14 上除去。因此，該由核心及覆層組成

(請先閱讀背面之注意事項再填本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

的光纖16係如第4b圖中所示的情形曝露出來。應予注意的是，該光纖覆層上可塗上一種表面處理劑，係用以促進與緩衝層緊密接觸。然後該曝露的光纖部份16係安置於如第4c圖中所示具有凹槽38的不銹鋼或陶瓷鑄模36中。該凹槽38具有一個大致呈90°的轉角，而且係以一想要的曲率半徑彎曲。在這一條件中，該裸露的光纖部份16係，例如，藉由具有電阻器的鼓風器40予以加熱，再沿著該凹槽轉角予以彎曲，亦即如第4c圖中所示的情形逐漸彎曲。

對一般的石英光纖而言，通常的實作方式是利用氣體燃燒器的高溫火焰或藉由電弧使該光纖彎曲。關於此，但是如果該火焰或電弧係用於多成份光纖或塑膠光纖，則溫度會變得太高而使該使用的光纖桿溶解或燒掉。因此，使該石英光纖沿著該模型凹槽38彎曲，是一件很困難的事。

為了避免上述的情形，係使用可適當控制熱空氣溫度的鼓風器，其係藉由控制電流通過由，例如，鎳鉻合金線或Kanthal合金線作成的電阻加熱器。實際上，該裸露光纖可藉由鼓風器的熱空氣予以重複彎曲，對於多成份光纖桿是以450至600℃的溫度，對於塑膠光纖是以80至250℃。

如果需要，該鑄模36可具有一個嵌入的加熱器，藉由這種鑄模，該光纖部份的彎曲率可依需要而得到更適當的控制。

藉由上述的步驟，該裸露的光纖部份可大致彎曲成如第4d圖中所示的具有二個彎曲部份18的迴轉U形，每個彎

(請先閱讀背面之注意事項再訂為本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

曲部份大致呈 90° 角，曲率半徑為 R 。

例如，在此所說明的情形是使用數值孔徑為 0.4、核心直徑為 $200\ \mu\text{m}$ 以及裸露光纖部份直徑為 $250\ \mu\text{m}$ 的多成份光纖。在該彎曲部份 18 處的曲率半徑可藉由控制該凹槽 38 的曲率予以任意設定。基於光損失以及設想光纖感測器尺寸的考量，該裸露光纖部份的曲率半徑較佳是設定在 0.3 至 $15\ \text{mm}$ 的範圍。對於製造較小尺寸的感測器而言，該曲率半徑是設定在 0.3 至 $5\ \text{mm}$ 的範圍。如果該裸露光纖部份的曲率半徑是小於 $0.3\ \text{mm}$ 時，則光損失會到達 5 dB 或更高。而且要使該光纖部份以這麼小的角度彎曲是一件困難的事。

第 5b 圖係顯示被作成具有凹槽模型的基底 10，能夠容納該成型的光纖部份 16 於其中。在第 5a 圖中顯示的具有成型部份 16 的光纖係安置於凹槽中，並藉由如樹脂接著劑、陶瓷黏結劑、焊鉛或低熔點玻璃之黏結劑固定於基底上。

這在有關第 6a 至 6d 圖的說明中有更詳的敘述。

在第 6a 圖中係顯示一種由，例如，玻璃、如聚碳酸酯、聚醯亞胺、玻璃纖維補強的聚醯胺、聚苯醚或類似物之工程塑膠、或如 Al_2O_3 、 SiO_2 及在該技藝中常用的類似物之陶瓷所作成的基底。在該基底上所形成的凹槽有互相平行延伸的凹槽 12' 及凹槽 12"。該凹槽 12" 係大致以 90° 與兩個凹槽 12' 垂直相交。這些凹槽 12'、12" 係，例如，藉由旋轉葉片鋸予以形成。因為在這個例子中該光纖未被切斷，所以可以高速溫度，其中該凹槽形成速度不會低於 $1\ \text{mm/s}$ ，而且該葉片的研磨晶粒度是 #200 或更低，亦即 60

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

μm 或更高。然後，該光纖14的成形光纖部份16如第6b圖所示係固定安置在該凹槽模型中。如果在第6b圖中仔細看，可發現該成形的光纖部份並未精確彎曲成 90° ，但是係以前述方式形成具有一定的曲率半徑R。因為在每一彎曲部份18處形成的曲率半徑足夠大，所以該成形的光纖部份可很容易安置並固定於凹槽模型中。關於此，該平行的凹槽12'所形成的寬度是該加套光纖14直徑的1.03至5倍。該成形的光纖部份16係藉由樹脂接著劑、陶瓷黏結劑、焊接劑或低熔點玻璃固定於該基底10的凹槽部份。通常，焊接劑不會直接黏結於玻璃基底上。當使用銲焊及超音波焊接機器時，則可黏結在玻璃基底上。

在固定該成形的光纖部份16之後，如第6c圖所示在二個彎曲部份18之間以既定的間距並大致以平行於該凹槽12'的方式形成三個凹槽28，用以在光徑上安插一個偏光器、一個光學元件及一個測定器。在形成該三個凹槽28期間，介於該彎曲部份18之間的光纖部份亦會由於形成凹槽的動作而被部分除去。該凹槽的形成可利用旋轉葉片鋸完成，該葉片係由粒度為#200至#4000，亦即60至3 μm ，的研磨晶粒作成。在這個例子中，所使用的凹槽形成速度較佳是在0.01至1 mm/s 的範圍。在上述定義的速度範圍內，在形成凹槽時被切割的光纖部份在截面上並不會相當粗糙。因此，由於在該光纖的粗糙表面上發生的光損失可以減低。如果使用由較大粒度晶粒作成的葉片或如果該形成速度增高，則切割表面會變得更粗糙，因此造成較高度光散射

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

的不利影響。雖然可能使用由更小粒度晶粒作成的葉片或使用較低形成速度，但是產率降低。

該凹槽 28 的寬度必須以足夠容納個別元件於其中的方式予以決定。例如，當每個凹槽 28 是以 0.51 mm 的寬度形成時，則個別元件係作成具有稍微較小的厚度，例如 0.50 mm。

然後，如第 6d 圖所示，偏光器晶片 22 及由玻璃偏極板作成的測定器晶片 26 及由，例如，石榴石單一晶體作成的光學元件係安插在光徑上的凹槽 28 中。該光學元件或調變器係由，例如，在 $(\text{GdCa})_3(\text{MgZrGa})_3\text{O}_{12}$ 基底上向軸外成長的 Bi-取代的 $(\text{BiYGdLa})_3(\text{FeGa})_3\text{O}_{12}$ 作成。這些偏光器、元件及測定器係藉由如熱固性環氧樹脂、熱固性丙烯酸酯樹脂或類似物之樹脂接著劑予以固定。應予注意的是，這些偏光器及測定器的偏極平面在電流感測器中係以相互傾斜 45° 的方式安置。

依據本發明，當該裸露的光纖部份在其彎曲部份的曲率半徑是在 0.3 至 3 mm 的範圍時，則可以作成在所施加的磁場方向上寬度為 10 mm 的基底 10。相似的情形，當該半徑是在 3 至 5 mm 的範圍時，則沿著磁場方向作成的基底寬度是 15 mm。因此，小尺寸的感測器被製造出來。

在上述的過程中，因為係使用旋轉葉片鋸，可以使所形成的凹槽在寬度上抑制在不超過大約 10 mm 的水平。這表示只是插入這些包括偏光器、光學元件及測定器的光學元件即可很容易對準這些元件的光軸，並不需要採用特別

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明()

調整該光軸而且浪費時間的技術。而且，這些光學元件的有效光束直徑只要比該光纖的直徑稍微大一些即已足夠。就這一觀念而言，這些光學元件可有效在尺寸上作得更小。因此，依據在前面所述的本發明製作過程，由於不需要調整這些光學元件的光軸，所以其步驟會更簡單，而且這些光學元件在尺寸上可作得更小。另外，在光導波管與光纖之間沒有任何接合，該接合部份的光損失在本發明的實作中並不會發生，這在習知技術中是一項問題。

第7圖係說明本發明的另一個實施例。在第7圖中，該感測器S的佈置大致與第1圖者相似，除了該裸露光纖部份16的彎曲部份18係具有二個相等的轉角點18a及18b，每一轉角均一樣以 45° 彎曲。這種情形一樣得到與第1圖感測器相同的效果。在此，與第1圖的情形相似，該基底的形成係具有平行的凹槽12及與該凹槽12垂直交叉的凹槽12a。再者，凹槽12b如第7圖中所示係與該個別的凹槽12及凹槽12a大致以 45° 彎曲。在這種安排中，雖然結果的感測器在尺寸上變大，但是有效曲率半徑會比第1圖者為大，所以在該光纖彎曲部份的光損失可減低。例如，當該有效曲率半徑是在5至10 mm的範圍時，則該基底沿著磁場方向的寬度係以25 mm為適當。相似的情形，當該有效半徑是在10至15 mm的範圍時，該基底的寬度大約是35 mm。

在第7圖的實施例中，該彎曲部份具有二個彎曲點，每個彎曲點大致以 $90/2 = 45^\circ$ 彎曲，因此總彎曲角度為 90° 。亦可能形成一種成型的光纖部份，其中每一該光纖部份

(請先閱讀背面之注意事項再打為本頁)

裝

訂

線

五、發明說明()

的彎曲部份具有三個相等的轉角點，每一轉角點以 $90/3 = 30^\circ$ 彎曲，因此總彎曲角度為 90° 。實際上，該基底可以形成具有三個相等轉角點的凹槽。在這種情形中，該光徑可對每一該三個相等轉角點以 $90/3 = 30^\circ$ 彎曲，如此在一個彎曲部份總共彎曲 90° 。如果該基底所形成的凹槽在一個彎曲部份具有四個或更多相等轉角點，每一轉角點具有 $90^\circ/n$ 的彎曲角度，其中 $n \geq 4$ ，則這變成需要在形成凹槽操作中多次旋轉該基底。這需花很多時間，因此並不適合實際的應用。

第8圖係顯示本發明另一個實施例，其中在該順著基底10長度的二個平行凹槽12與該垂直於凹槽12的凹槽12'之間的相交處係作成圓順形，如42及42a所示，可讓成型的光纖部份16獲得安置，縱使該彎曲部份18分別具有相當大的曲率半徑，例如，3至15 mm。這可獲致更小的光損失。

對於製造這種圓順形的凹槽模型，這些相交處係藉由具有柄及磨器的磨石予以形成圓順形。這種磨石係由粒度為#200，亦即平均粒度為 $60 \mu\text{m}$ ，的研磨晶粒作成。由於已磨成圓順形，所以這些凹槽並不需要全部作成適合安置該成型光纖部份的寬度。但是，該光損失可壓低至很低的水平。

第9圖係顯示本發明又另一個實施例，其中該感測器的基本佈置係與第1圖者相似，除了該加套的光纖14係部分安置並固定於在該感測器S的光束入口及出口部份附近

(請先閱讀背面之注意事項再打為本頁)

裝

訂

線

五、發明說明()

平行凹槽相對端的凹槽中。更詳細而言，該成形、裸露的光纖部份係與護套30一起固定於部份32、34。藉此，該部份16如第1圖中所示很容易在應用時由於在凹槽12'的入口及出口處的外力而斷裂，卻可由該護套30而獲得補強。在這種情形中，該凹槽12'的寬度係決定在該加套光纖14直徑的1.03至5倍。

在這種佈置中，該加套的光纖係固定這些凹槽中，因此可防止該光纖14在入口部份32、32'及出口部份34、34'附近處發生斷裂。因此，該感測器S在整體上機械強度獲得增強。

將該光纖14固著於基底10的方式是使用如環氧樹脂的熱固型樹脂接著劑黏結該加套的光纖14，這種方式表現很高的接著強度。

在這些上述的實施例中，凹槽模型係使用旋轉葉片鋸予以形成。如果是第10及11圖中的凹槽模型12則使用噴砂清理或在鑄模中鑄成或蝕刻予以形成。

在第10及11圖中顯示的實施例中，該凹槽模型12如在這些圖中的情形係作成迴轉U形的形狀。作為安插光學元件22、24及26的三個凹槽係設在該二個凹槽12'之間，順著凹槽12'延伸，並互相隔開。基本上，這種設有凹槽的基底與第1圖者相似。

這種凹槽模型係依據噴砂清、蝕刻或模鑄的方法予以形成。

當使用噴砂清理時，基底10係黏上一個由，例如，用

(請先閱讀背面之注意事項再訂為本頁)

裝

訂

線

五、發明說明()

以抵抗噴砂清理的乙烯樹脂膜帶所作成的護罩。在這個護罩上有一個迴轉 U 形曝露於噴砂清理。在這種情形中，該基底係藉由一般方式作噴砂清理處理，其中該基底是放置在噴砂清理器中並藉由該護罩以一設想的模型作成凹槽深度達，例如，100至1000 μm 。

用於該噴砂清理的基底是由，例如，軟玻璃作成，這種軟玻璃如 Pyrex 玻璃、鉛玻璃、藍面玻璃及類似物，均適於藉由噴砂清理方法形成凹槽。在這種方法中，係使用一種可以形成具有任何想要的曲率半徑的曲度或彎曲部份之護罩模型。更詳細而言，這種凹槽模型可形成像該成形裸露光纖部份 16 的曲率半徑。

相似的情形，第 12 或 12 圖的凹槽模型 12 可藉由蝕刻形成。在這種情形中，係將一種防蝕劑塗覆在基底上，預先乾燥，接著在一設想的模型中曝露於光中，再予以乾燥及顯像。然後將這一帶有模型的基底在如氫氟酸系的蝕刻劑之適當蝕刻劑中作蝕刻處理，因此形成一個 100 至數百 μm 深度的凹槽模型。雖然這種蝕刻技術並不必要滿足尺寸精確度，但是這種具凹槽基底的製造速度是噴砂清理或旋轉葉片鋸技術的 2 至 10 倍。

另外，該凹槽模型可使用鑄模形成。在這種情形中，係使用前面提及的陶瓷基底或工程塑膠樹脂，先在其中加入填充劑用以降低熱膨脹係數並增強機械強度，然後放置在能夠提供如第 10 圖中所示的凹槽模型之鑄模中。如果是陶瓷基底，該模鑄的基底像一般情形一樣火燒或燒結。

(請先閱讀背面之注意事項再裝訂)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

第11圖係顯示本發明另一個實施例，其中部分該加套的光纖14之加套部份32、34係與第9圖的實施例一樣插入凹槽模型12中。關於此，該凹槽模型12在對應於32、32的部份係作成較寬以分別安置這些加套部份30。這種形式的模型製作方法可由噴砂清理、蝕刻或模鑄之任何一種方法完成。

在第10及11圖中所示的實施例中，三個凹槽28係以前述的方法完成，製作感測器S的方式與前述的實施例相似。實際上，如果是一體的光學調變單元安置其中，則可只形成一個凹槽28。

✓ 在第10及11圖的實施例中，在提供該基底時起初的尺寸並不重要。更詳細而言，在該基底中形成想要的模型之後，可作適當割除而得到適合光纖感測器使用的具凹槽基底。

在前面所述及的所有實施例中，該成形裸露的光纖部份16係具有二個彎曲部份18，或多或少會由於該光纖部份16的曝露而造成光損失。為了減低這種光損失，較佳的是該裸露的光纖部份16係使用金屬或含有微粒金屬的聚合物組合物予以塗覆。這種金屬塗覆係由銀鏡反應、非電解式鍍金、電解鍍金或類似方法完成。這種金屬的例子包括Au、Ag、Pt、Ni、Cu、Al或類似物。該裸露的光纖部份可在成形過程之前或之後使用金屬沈積2至200 μm 的原度。銀鏡反應在操作上相當簡單，因為光纖的預先清洗很簡單。非電解式鍍金在鍍金操作上很簡單，但是前處理相當複雜

(請先閱讀背面之注意事項再訂為本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

。再者，如果只用非電解式鍍金可能不足以達到這種目的的厚度。因此可能需要電解鍍金，亦即需要更多的步驟。真空沈積技術可用於在該裸露光纖上形成金屬膜。一般而言，真空沈積方法以塗覆在平板上較有效。對於具有彎曲或具曲度部份的光纖而言，這種光纖必須在真空中旋轉或必須從真空室中移出，之後該光纖係置於不同的位置，接著再作真空沈積。如此，雖然光損失可藉由電鍍或真空沈積而如想要的情形一般減低，但是這種步驟卻很複雜。

對於含有至少一種選自 Ag、Au、Pt、Ni、Cu、Al 及類似物的金屬微粒之聚合物膏狀物而言，係塗佈在該裸露的光纖部份上，再經乾燥而得到塗佈的光纖部份。因此這種步驟非常簡單。使用於該膏狀物的聚合物例子包括環氧樹脂、丙烯酸樹脂及類似物。這種金屬顆粒的尺寸在 5 至 200 μm ，加入該聚合物膏狀物中之份量為 10 至 99 wt%。

藉由這種塗佈或金屬沈積，逃離至覆層的光束可獲得適當的傳送，並不會釋放到空氣中或接著層。當然，所選擇的金屬塗佈或沈積會增加在該裸露光纖部份表面的反射性，而且在空氣中相當安定，因此從該反射性不會隨時間而減弱的觀點而言係非常適合。

第 12 及 13 圖係說明製造多個光纖感測器的情形。

第 12 圖係顯示一個具有很大大面積足以製作多個感測器的基底 10a。這個大尺寸的基底 10a 係藉由旋轉葉片鋸形成凹槽 12'、12"。在這個圖中，這些凹槽 12'、12" 的形成係相對應於用以作成光纖感測器的 10 個凹槽模型。當與一個

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

形成具有凹槽模型的基底之情形比較時，大尺寸的基底在這個實施例中係放置在一個備以旋轉葉片鋸的台階上依想要的方式作自動處理，因此可以顯著增進產率。

在這種狀態下，多個成型的光纖元件14係分別安置及固定在如第13圖中所示的個別凹槽模型中。然後，大致重複第6c至d圖的步驟，除了在這個實施例中每個感測器單元中形成一個用以安插光學調變單元M的凹槽28a。該光學調變單元M係安置並固定於其位置中，因而在該大尺寸的基底中得到多個感測器。在這一個實施例中，所說明的單元M是一體合併的單元。該大尺寸的基底然後沿著虛線切割而得到個別的光纖感測器。在第13圖的例子中，係一次製造10個感測器。製造該10個感測器的時間與10個感測器個別製造所須的時間比較可減少至1/3至1/5。

實際上，可形成三個凹槽28a以分開安置光學元件於個別的凹槽28a中。

所製造的感測器數目可依情況而定。更小或更多數目的感測器可依相似的方式製造。在第12及13圖的實施例中，雖然該感測器單元是在兩條製造線上形成，但也可使用一條或四條製造線。如果是使用方形基底，則可利用順著該方形基底的四邊形成凹槽模型。

在第12及13圖的實施例中，係使用如前面說明的旋轉葉片鋸。無需說，亦可以相似方式使用蝕刻、噴砂清理或模鑄而得到相似的結果。

如前面所清楚說明的，該光纖感測器具有彎曲的結構

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

，因此該感測器可順著其長度減小尺寸。這對當這種光纖感測器係用作電流感測器時較為有利，磁場在該感測器頭部集中處的鐵芯間隔可以作得更小，如此對該感測器的高感度非常有效。另外，更小的鐵芯間隔可確保減低外來磁場的影響。

該成形裸露光纖的曲率半徑係依光纖感測器的尺寸及光損失的公差而定。當該曲率半徑 R (mm) 是在 $0.3 \leq R \leq 15$ mm 的範圍以及該光損失的絕對值不大於 5 dB，則該光纖感測器整體的光損失可降低到不大於 30 dB 的水平。雖然依訊號處理電路的種類而定，但亦可能使用本發明的光纖感測器當作光纖感測器系統以適當處理感測器訊號。更佳的是，該半徑 R 是在 $0.3 \leq R \leq 5$ mm 的範圍，則該感測器係作成更小的尺寸。在此應予注意的是，如果 $R < 0.3$ mm，則在彎曲部份的光損失可能增高，或者該彎曲部份可能不可重複成形。

由於本發明的光纖感測器在光導波管與在光束入口及出口部份附近的光纖之間沒接合部份，所以在這種接合部份處沒有光損失發生。

雖然在本發明的實作中可能使用石英光纖，但較佳的是使用多成份光纖或塑膠光纖，較為便利的是這種光纖可在相當低的溫度下彎曲。這些多成份及塑膠光纖係製作成使其核心與覆層之間的折射率差變大。這結果將導致這種光纖的數值孔徑係大於石英光纖者。

為了安插光學調變單元 M 於凹槽 28 中，較佳的是當該

(請先閱讀背面之注意事項再打為本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

凹槽 28 的寬度係以 L_g (mm) 表示，而光纖的數值孔徑以 NA 表示時，則 $NA \times L_g \leq 0.55$ 。藉此，該絕對光損失可減低至不高於 5 dB 的水平。 $NA \times L_g$ 之值可藉由減小凹槽寬度 L_g 而減小到儘可能的小。因此，更佳的是 $0 < NA \times L_g \leq 0.55$ 。所使用光纖的參數並不受限於包括該數值孔徑滿足於 NA 與 L_g 之間的關係。

如前述，使具有或不具有一種金屬或多種金屬或聚合物-金屬組合物塗佈層之裸露光纖部份或加套光纖固定係可能使用陶瓷黏結劑、樹脂接著劑、焊接劑、低熔點玻璃及類似物任何一種予以完成。較佳是使用樹脂接著劑，因為其可在相當低溫或室溫下固定。主要由無機陶瓷組成的陶瓷黏結劑可在室溫下硬化，對玻璃表現良好的接著力。另外，陶瓷黏結劑比樹脂接著劑具有更小的熱膨脹係數，有利於與用於作成光纖的玻璃相似的係數水平。

對於焊接劑及低熔點的玻璃，係需要比樹脂接著劑更高的溫度，但是對固著作用而言卻比較可靠。

因此，較佳的是具有或不具有一種金屬或多種金屬或聚合物-金屬組合物塗佈層之裸露光纖部份係藉由陶瓷黏結劑、低熔點玻璃或具有高黏結力的焊接劑任何一種予以固定，而加套的光纖係用對有機物質具良好接著力的樹脂接著劑予以黏結。

再者，用於光學調變器或元件的材質已於前面述及，包括用於電流感器的石榴石晶體，用於電場感測器的 $LiNbO_3$ 、 $LiTaO_3$ 或類似物，用於溫度感測器的 $GaAs$ 、 Si 、 Ge 、硫

(請先閱讀背面之注意事項再為本頁)

裝

訂

線

五、發明說明()

族元素化合物玻璃、Nd：玻璃或類似物。除此之外，亦可以相似方式使用液晶以具有電光效應。若使用液晶，可作成厚度為數 μm 至數百 μm 的光學調變器。當液晶槽置於光徑中時，光損失不會那麼大，因此比較有利。亦可使用具有電光效應的介電晶體。在這種情形中，該晶體的厚度會很大，因此增加光損失。但是這種介電晶體比液晶化合物可靠。

在光學調變單元中使用的偏光器、光學單元、 $\lambda/4$ 板及測定器必須較佳是作成具有方形主要表面，光束可由此穿過，使結果通過這些元件的穿透光束的偏極方向可由視覺判斷。因此，當這些文件安置且固定於基底時，該偏極方向可很快的決定，不致失敗。這種光學元件必須較佳是具有該凹槽28寬度至少二倍的長度。

該光纖感測器及其製造方法具有下面的優點。

該光纖大致是迴轉U形，其在彎曲部份大致是 90° ，在這些部份處有或沒有作成圓順形，而且光束係直接到達光學調變單元，所以完全不需要在習知技術中使用的透鏡，透鏡架及反射鏡。

光學元件係安置於基底中形成的一個或多個凹槽中，可確保很容易調整這些元件的光軸。這些在尺寸上比習知技術的副本還小的光學元件係用以安置在該凹槽或多個凹槽中，因此證明是更經濟。

該凹槽模型及用以安插光學元件的凹槽可相當容易利用旋轉葉片鋸、噴砂清理、蝕刻或模鑄予以形成。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明()

光纖感測器的產率可藉由在大尺寸的基底中形成多個凹槽模型，使成型的光纖固定在個別的模型中，形成一個或多個凹槽用以在該光纖的光徑上安插光學元件，固定這些光學元件於其位置中及切割該基底成個別的感測器而急劇增高。

該光纖是以彎曲的方式安裝，所以結果的感測器長度可以作得更小。當這種感測器是用於纖芯的間隔中當作電流感測器時，比習知技術中的情形更小的間隔足以用於這一目的，可確保較高的感度及較少的外來磁場影響。

該裸露光纖部份的彎曲部份係用金屬或含有一種或多種金屬微粒的聚合物組合物予以覆蓋。由於這種覆蓋，可以減低光損失，結果的感測器具有更佳的SN比。

該加套的光纖係一起與護套部分固定於基底的凹槽模型中，係位於該基底的光束入口及出口部份至少一個的附近之至少一個光纖部份。藉此，該光纖在機械力施加在光纖上的光束入口或出口部份時比較不容易斷裂。

包括多成份光纖及塑膠光纖的光纖可藉由設有電阻加熱器的鼓風器依想要的形式作重複彎曲，這在習知技術中是困難的。

本發明係藉由範例的方式作更詳細的說明，但不應解釋為依此限制本發明。

範例 1

取一條光纖，如第4b圖所示除去護套及緩衝層，得到由核心及覆層構成的裸露光纖部份，用於確保緩衝層對覆

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

層具良好黏結力的表面處理劑可不必除去。

當所使用的光纖是多成份的光纖時，該裸露的光纖部份係藉由具有電阻加熱器的鼓風器以450至600℃的溫度順著一個不銹鋼或陶瓷鑄模的凹槽依想要的曲率半徑予以彎曲及打圓，對於如聚甲基丙烯酸甲酯的塑膠光纖則用80至250℃的溫度。依這一方式，該裸露的光纖部份在二個部份作彎曲而得到如第4d圖中所示的成形光纖。

當所使用的光纖是多成份的玻璃光纖時，其數值孔徑為0.4、核心直徑為200 μm 及光纖直徑為250 μm ，則該裸露的光纖部份可在二個部份彎曲，每個部份的曲率半徑R在0.3至15 mm的範圍。再者，這種在0.3至5 mm範圍的曲率半徑可重複達成。小於0.3 mm的半徑則很難重複製造。

另外，取一玻璃基底，利用旋轉葉片鋸依據第5b圖中所示的模型作成凹槽。該凹槽模型是以葉片鋸速度不低於1 mm/s予以形成，該葉片鋸係由粒度為60 μm (#200)的晶粒作成。

為了容納該具有相當大曲率半徑的成形光纖於該凹槽模型中，這些順著該基底長度的凹槽係以兩倍該光纖直徑予以形成。

該成形的裸露光纖係藉由含有 Al_2O_3 及 SiO_2 的陶瓷黏結劑固定於該凹槽模型中。

然後，在平行於該凹槽模型的縱向凹槽方向形成三個凹槽，以使偏光器、光學調變器及測定器依這一順序安插於該固定光纖的光徑上。這些凹槽的形成係使用由粒度為

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

15 μm 的晶粒作成的旋轉葉片鋸所完成。作為安插用的凹槽寬度 L_g 為 0.51 mm 。這些元件係藉由環氧樹脂接著劑固定於個別的凹槽中。該測定器及偏光器係分別由厚度為 0.5 mm 的玻璃偏極板作成。該光學調變器係由 Bi 取代的石榴石膜作成，其係由在 $(\text{GdCa})_3(\text{MgZrGa})_3\text{O}_{12}$ 基底上向軸外成長的 $(\text{BiYGdLa})_3(\text{FeGa})_3\text{O}_{12}$ 所構成。該調變器的厚度為 0.5 mm 。

在固定時，該偏光器與測定器的穿透光偏極平面係相互傾斜 45° 。結果即是如第 1 圖中所顯示的光纖電流感測器類型。

當該曲率半徑是在 0.3 至 3 mm 的範圍時，則所製造出來的光纖感測器其基底的寬度順著所施加的磁場方向是 10 mm 。再者，當該半徑是在 3 至 5 mm 的範圍時，該基底的寬度可能是 15 mm 。

結果製造出來的電流感測器係使用如第 3 圖所示的系統測量調變率以及線性誤差與藉由施加電流所產生的磁場變化的關係。

該調變率係顯示於第 14a 圖，該線性誤差係顯示於第 14b 圖。在此使用的“線性誤差”之術語係定義如下。

$$\text{線性誤差} = \frac{(\text{感測器輸出訊號} - \text{輸入訊號})}{\text{輸入訊號}} \times 100$$

由第 14a 圖可清楚看出該調變率的變化係與磁場成正

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

比例。

該線性誤差的特性是，在10至250 Oe的磁場範圍時是在 $\pm 2\%$ ，在30至250 Oe的範圍是 $\pm 1\%$ ，係如第14b圖所示。這個範例的光纖電流感測器在 -20 至 80°C 的溫度範圍內具有 $\pm 2\%$ 的溫度依變特性。在曲率半徑 R 為 0.3 mm 時，光損失為 -28 dB ，在 $R = 5 \text{ mm}$ 時為 -23 dB 。

更詳細而言，當使用光損失測試器作測定時，由該偏光器、石榴石晶體及測定器產生的總共光損失是 -10 dB ，而用於該偏光器、石榴石晶體及測定器的三個凹槽其每一凹槽的寬度 L_g 是 0.51 mm ，所造成的光損失總共約 -9 dB 。當 $R = 0.3 \text{ mm}$ 時，在該裸露光纖部份的二個彎曲部份處所造成的光損失總共是 -3 dB 。平衡損失是由於在該彎曲部份施用接著劑而由該光纖經覆層所逸離的損失。

在 $R = 5 \text{ mm}$ 的例子中，在該二個彎曲部份的光損失是 -1 dB 。當接著劑施加至該彎曲部份時，由該光纖逸離穿透覆層的光束所造成的損失是 -3 dB 。其他光損失與在 $R = 0.3 \text{ mm}$ 的情形相似。

在這個範例中所使用的訊號處理電路中，該磁場或電流縱使在光損失大到 -30 dB 時亦可測量出來。

在這個範例中所製得的磁場感測器係藉由第3圖的系統並使用這個範例的磁場感測器以測定所產生的磁場與鐵芯間隔的關係。在這一測量中，係改變該間隔的距離，然後測量在該鐵芯間隔中所產生的磁場。結果顯示於第15圖。應予注意的是習知技術的光纖感測器其鐵芯間隔必須設

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

定在大約 20 μm 。而對於本發明的感測器而言，由於使用較小尺寸的感測器，所以可以作成更小的間隔。由第 15 圖可清楚看出，當該間隔減低到 10 μm 時，其電流偵測感度係變成習知技術的二倍高。而且，當該間隔減低到 5 μm 時，該感度變成習知技術的四倍高或更高。

在第 1 圖中所示的感測器類型係作成使光纖具有不同曲率半徑 R (μm) 的彎曲部份及不同數值孔徑。這些感測器已被測量在該彎曲部份的光損失。

結果顯示於第 16 圖中，可看出當該數值孔徑至少為 0.4 或更高而該半徑 R 在 0.3 至 15 μm 的範圍時，該光損失（損失的絕對值）可減低至不高於 5 dB 的水平。由該圖亦可清楚看出，較小的數值孔徑需較大的曲率半徑。雖然會隨訊號處理電路的性能而變，但是由於該光纖感測器的總光損失不會高於 30 dB，因此由該感測器輸出的訊號在處理時不會有困難。

該包括偏光器、光學調變器或元件及測定器的光學調變單元所造成的總光損失不大於 10 dB。用於在該感測器的光徑上安插這些光學元件的凹槽會造成每個凹槽有 5 dB 的光損，三個凹槽的最大損失是 15 dB。該總共最大光損失會到達 25 dB 至 35 dB。適當選擇用於安插該光學元件的凹槽之數目及寬度以及該彎曲部份的曲率半徑可確保光損失保持在不高於 30 dB 的水平。

再者，使用不同數值孔徑的光纖重覆該範例 1 的一般步驟，其中固定於該基底凹槽中的每一光纖係藉由旋轉葉

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 ()

片鋸予以切掉。在這種情況下，在個別的凹槽中充填上折射率為1.5的折射指數配合油以評估由該光纖間隙所引起的光損失。為了改變數值孔徑，係使用包括石英光纖、多成份玻璃光纖及塑膠光纖等不同種類的光纖。該光損失與該光纖間隙的距離(μm)之間關係的結果係顯示於第17圖。

為何讓指數配合油充填至凹槽中的原因是，由該光纖的末端表面射出的光束係以與元件插入該凹槽的情形相同的角度逸離。應予注意的是，當安插的元件係由折射率大於1.5的材質作成時，該光束的逸離角度會比較小，因此傾向於使光損失變小。例如，石榴石基底的折射率是1.9，而Bi-取代的石榴石膜的折射率是2.2至2.5。因此，當該光纖的數值孔徑NA與該安插於凹槽的元件其厚度 L_g (mm)是 $NA \times L_g \leq 0.55$ 時，則該光損失可抑制在不高於約5 dB的水平。這一數值足以用作光纖感測器。如果該光學元件的厚度接近零時，則該 $NA \times L_g$ 的值會很接近零。因此，如果 $0 < NA \times L_g \leq 0.55$ ，則每一單元安插於凹槽的光損失可減低至5 dB或更低。只要滿足上述的要件，則可使用任何種類的光纖。

在這個範例中，所使用的磁光材質是由Bi-取代的石榴石晶體。亦可以相似的方式使用其他的磁光材質如CdMnTe、Tb-玻璃及類似物。

範例 2

在這個範例中，係作成第7圖所示類型的感測器。重複範例1的一般步驟，除了該光纖的每一彎曲部份具有二

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

個相等轉角點，每一轉角點彎曲 45° ，該基底形成凹槽的方式與第1圖相似，但是凹槽12b係如第7圖所示分別與縱向凹槽12以 45° 相交。

再者，利用一種主要由 Al_2O_3 及 SiO_2 作成的室溫硬化的陶瓷黏結劑，接著在大約 $100^\circ C$ 下作熱處理，如此可達到更大的黏結力，而使該成形的裸露光纖部份固定於凹槽模型中。該偏光器、光學元件及測定器係使用折射率約1.5的光硬化樹脂接著劑在硬化後安置且固定於該基底上。

藉由這種佈置，該有效曲率半徑可作成比範例1的情形更大，雖然最後的感測器在尺寸上會較大，但可減低絕對光損失。

當這種感測器的有效曲率半徑是在5至15 mm的範圍，則光損失在-24至-22 dB的範圍，調變率是0.18%/0e。其線性特性與範例1相似。

如第1圖所示具這種結構的感測器當有效曲率半徑是在5至10 mm的範圍時係作成基底在順著磁場方向上具有25 mm的寬度，當有效半徑在10至15 mm的範圍時係35 mm。

在這一範例中，在一個彎曲點的彎曲角度是 $90/2 = 45^\circ$ 。當每個彎曲點的彎曲角度是 $90/3 = 30^\circ$ 而且一個彎曲部份必須具有三個彎曲點時，該光纖感測器亦以相似的方式製造。

範例3

在這一範例中係製造如第8圖所示結構的感測器。在這一範例中，係將第1圖的感測器處理成在該基底的每一

(請先閱讀背面之注意事項再為本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

凹槽交叉處藉由磨石作成圓順形，該磨石係具有柄及磨器且係由平均粒度為 $60 \mu\text{m}$ 或更高的晶粒作成。一個交叉處係在30至60秒內作成圓順形。藉由這種作成圓順形的步驟，即不需作成像第8圖所示那樣寬的凹槽。而且，該具兩個彎曲部份每個曲率半徑 R 為3至15 mm 的成形裸露光纖部份可安置並固定於該凹槽中。其光損失可減低至-25至-21 dB。

範例 4

在這一範例中係製作第9圖的感測器，其中該凹槽12在寬度上係作成加套光纖直徑的兩倍。更詳細而言，係重覆範例1的一般步驟，除了該凹槽12係作成如上述的寬度，而該光纖的加套部份30係藉由熱固性環氧樹脂接著劑固定於該基底上，如第9圖所示。藉由這種佈置，可防止該光纖部份在光束入口及出口部份32、34附近發生斷裂。

該感測器的光損失是-27 dB至-24 dB，相對於外加磁場的光束輸出的調變率是0.17% 0e。其線性誤差特性與範例1相似。

範例 5

在這一範例中係製作第2a圖所示類型的感測器。重覆範例1的一般步驟，除了只形成一個用以安插光學元件單元的凹槽，該光學調變單元係作成一體合併的單元，而該加套的部份32、34如第2a圖所示係安置並固定於凹槽模型12中。

該一體合併的單元係由0.2 mm 厚玻璃偏極器及0.2 mm

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

厚玻璃測定器以及在該兩者之間在基底上形成的磁光元件，亦即Bi-取代的石榴石膜，所構成。該石榴石膜及石榴石基底均予以擦亮，總厚度是0.1 mm（膜厚度0.06 mm，基底厚度0.04 mm）。該偏光器、元件及測定器係黏結一起，而且使該偏光器及測定器相對於其偏極平面以約45°傾斜。

當該凹槽12'係以該加套光纖直徑的1.03至1.5倍予以形成，而該彎曲部份18的曲率半徑是在0.3至1.5 mm的範圍時，則該基底在順著所施加的磁場方向上的寬度可作成5 mm那麼小。更詳細而言，該所製造的感測器基底的尺寸是長25 mm×寬5 mm及寬1 mm。該感測器的光損失是在-23至-21 dB的範圍，相對於外加磁場的光束輸出調變率是0.17%/0e。其線性誤差特性與範例1相似。

當這一類型的感測器係應用於第3圖的電流感測系統時，該鐵芯間隔104可作成小到足以放置5 mm寬的感測器於位置中。這一範例的感測器相對於流經該第3圖中電源纜線100的電流在感度上係比已知副本高約4倍。

應予注意的是，當該石榴石膜完全從該基底上取出時，亦可以使用並得到相似的結果。

範例6

在這一範例中係說明第10及11圖所示類型的光纖電流感測器。

取一玻璃基底，如Pyrex玻璃、鉛玻璃或藍板玻璃，在其上放置一種乙烯樹脂護罩帶。所形成的護罩帶係具有

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 ()

相對於在該玻璃基底上所形成的凹槽模型之模型。在這一狀況下，該基底係置於噴砂清理器中以作成深度為100至1000 μm 的凹槽模型。在這一情形中，可很容易作成想要的曲率半徑，不像使用旋轉葉片鋸的情形。

如果需要作成如第12圖所示具較寬凹槽部份的凹槽模型，則該護罩模型係作成如相對應於第12圖的凹槽模型的形式。

然後，分開成型的光纖係如前面範例一樣安置並固定於該凹槽模型中，接著使用旋轉葉片鋸形成三個凹槽，然後使用接著劑使光學元件固定於其位置中。

這一類型的感測器與範例1具有相似的相對於磁場的調變率。

如果是使用大尺寸的基底，在其上係黏上多個帶有模型的護罩帶，則可一次在切割該基底成個別感測器單元之後製造出多個光纖感測器。

範例7

可使用蝕刻技術製造第10及11圖所示類型的感測器。

首先取一BK 7玻璃基底，依據旋轉塗佈方法施以一阻光膜並予以乾燥。該阻抗膜係曝露於相對應於一凹槽模型的影像形式的模型。結果的BK 7玻璃基底係使用氫氟酸作蝕刻處理5至15分鐘而形成深度為100至數百 μm 的凹槽模型。然後重覆範例1的一般步驟而得到一光纖感測器。

這種蝕刻技術對尺寸的精確度而言並不比噴砂清理或旋轉葉片鋸技術為佳。但是可以很高的產率在一基底上很

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

容易形成很大數量的模型。更詳細而言，藉由蝕刻製造具凹槽的基底其速度高於藉由噴砂清理或旋轉葉片鋸技術所達到的速度2至10倍。

範例 8

第1圖所示類型的光纖感測器係使用由聚甲基丙烯酸甲酸作成的塑膠光纖予以製造，其數值孔徑為0.5，核心直徑為230 μm ，光纖直徑為250 μm 。該光纖如第1圖所示在彎曲時係使用來自具電阻加熱器的鼓風器且溫度在80至250℃的熱空氣。該彎曲的半徑是2 mm 。如此成型的光纖係使用一室溫硬化的樹脂固定於該基底上。結果的感測器具有-26 dB的光損失，而線性誤差特性係與範例1的感測器相似。

範例 9

這一範例係說明一個結構與第1圖所示者相似的電場感測器，而且該偏光器及測定器的偏極平面係以互相平行方式安置。

重覆範例1的一般步驟，除了使用厚度約27 μm 的 $\lambda/4$ 石英板與2 mm 厚的 LiNbO_3 晶膜黏結一起，取代石榴石晶體調變器，用以當作電光元件，由於2 mm 寬的凹槽並不易藉由旋轉葉片鋸一次予以形成，所以這種寬度的凹槽係重覆兩次形成步驟予以形成，所使用的葉片其厚度為1 mm ，係由粒度為#400 (30 μm)的晶粒作成，形成凹槽的速度是0.1 mm/s 。由於該葉片鋸的振動，該凹槽寬度實際上是2.05 mm 。來自沈積在該 LiNbO_3 晶體膜上的電極的鉛線係分別固定

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

於在該感測器基底上的電極。

結果的光纖感測器其光損失是 -28 dB。當在該感測器的電極之間施加 100 V 的電壓時，測得的調變率是 1.1%。

範例 10

以與範例 9 相同的方式製造如第 11 圖所示類型的光纖感測器，係用以當作電場感測器，其中該偏光器及測定器的偏極平面係互相平行，一 $\lambda/4$ 石英板與一 0.4 μm 厚的液晶單元黏結一起成為一光學調變器。來自該液晶單元的鉛線係藉由焊接分別固定於沈積在由玻璃作成的感測器基底上的金電極。

該感測器的光損失是 -24 dB。在該感測器的電極之間當施加 5 V 的電壓時，所測量到的調變率是 57%。因此，該感度比使用無機塊狀的 LiNbO_3 晶體的範例 9 的感測器高約 100 倍。

為何該光損失不會像範例 9 的情形那樣小的原因被認為是由於該液晶單元產生很大的光損失。

範例 11 至 18

係製造第 2a 圖所示類型的光纖電流感測器。重覆範例 5 的一般步驟，除了所使用的光纖是核心直徑為 200 μm 、纖維直徑為 250 μm 及數值孔徑為 0.4 的多成份玻璃光纖，而光纖係成形為具有如第 2a 圖所示在二個彎曲部份的彎曲半徑約 0.5 至 1 mm 。該彎曲部份係使用多種金屬及含有 60 至 95 wt% 尺寸為 5 至 20 μm 的金屬顆粒的金屬-聚合物膏狀物依據在表 1 中所示多種塗佈及沈積步驟予以塗佈或沈積

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

。結果的感測器給予做光損失測量。結果示於表 1 中。

表 1

範例	金屬種類	塗佈或沈積的方式	光損失 (dB)	工作特性
5	無		-24至 -21	
11	Ag	膏狀物塗佈	-16	很簡單
12	Au	膏狀物塗佈	-16	很簡單
13	Ag	銀鏡反應	-15	相當簡單
14	Ni	非電解式鍍金	-16	相當複雜
15	Ni	非電解式鍍金 + 電解鍍金	-15	複雜
16	Cu	電解鍍金	-16	複雜
17	Pt	真空沈積	-15	很複雜
18	Al	真空沈積	-15	很複雜

由上面的表可清楚看出，銀膏狀物或金膏狀物的塗佈對光損失的減低有很大的效用，而且在操作上很簡單。使用銀鏡反應的步驟相對於該光纖的預清理係很簡單，因此在操作上相當簡單，同時對光損失的減低有很大的效用。非電解式鍍金在鍍金操作上很簡單，但是其前處理卻相當複雜。在某些情況中，只藉由非電解式鍍金並不能形成足夠厚度的膜。在這種情形下，變成需要電解鍍金，因此在操作上會很複雜。真空沈積很容易應用在平面上，但是對

(請先閱讀背面之注意事項再打)

裝

訂

線

五、發明說明 ()

於成型的光纖則需要在真空中旋轉，或有時必須從真空室中取出，再進行進一步的真空沈積。因此真空沈積並不容易。但是，可由真空沈積以及電解鍍金達到良好的光損失減低。

(請先閱讀背面之注意事項再打)

裝

訂

線

四、中文發明摘要 (發明之名稱： 光纖感測器及其製造方法)

一種光纖感測器，其包含一個具有凹槽模型的基底，一條光纖，該光纖包括成形、裸露的光纖部份，該部份呈迴轉 U 形而且能夠容納於或安置於該基底的凹槽模型中，及加套的光纖部份，該部份從該成形的光纖桿部份的相對兩端處延伸出來，及一個光學調變單元，該單元係固定設於該裸露光纖部份的光徑上而且置於至少一個在該基底中形成的凹槽中。亦述及一種製作這種感測器的方法。這些感測器包括磁場／電流、電場／電壓及溫度感測器。

英文發明摘要 (發明之名稱： OPTICAL FIBER SENSORS AND METHOD FOR MAKING THE SAME)

An optical fiber sensor which comprises a substrate having a groove pattern, an optical fiber which includes a shaped, bare optical fiber portion of an inverted U form and capable of being received or accommodated in the groove pattern of the substrate, and jacketed optical fiber portions extending from the shaped optical fiber rod portion at opposite ends thereof, and an optical modulation unit which is fixedly provided in a light path of the bare optical fiber portion and placed in at least one groove formed in the substrate. A method for fabricating the sensor is also described. The sensors include magnetic field/current, electric field/voltage and temperature sensors.

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

1. 一種光纖感測器，其包含：

一個具有凹槽模型的基底；

一條光纖，其包括成形、裸露的光纖部份，該部份呈迴轉 U 形而且能夠容納於或安置於該基底的凹槽模型中，以及加套的光纖部份，該部份係從該成形的光纖部份的相對兩端延伸的部份，而該成形的光纖部份係固定於該基底的凹槽模型中；及

一個光學調變單元，其係固定設於該光纖部份的光徑上而且置於該基底所形成的至少一個凹槽中。

2. 如申請專利範圍第 1 項的光纖感測器，其中該光學調變單元包含一個偏光器、一個光學調變器及一個測定器，係置放在該基底中形成的三個凹槽中，其間互相隔開，並依這一順序依序佈置而使該偏光器、該光學調變器及該測定器的光軸對準，在此該感測器是磁場或電流感測器。

3. 如申請專利範圍第 2 項的光纖感測器，其中該光學調變器係主要由具磁光效應的石榴石晶體所構成。

4. 如申請專利範圍第 2 項的光纖感測器，其中該偏光器、該光學調變器及該測定器係一體合併一起。

5. 如申請專利範圍第 1 項的光纖感測器，其中該光學調變單元包含一個偏光器、一個光學調變器及一個測定器，係置放在該基底中形成的三個凹槽中，其間互相隔開，並依這一順序依序佈置而使該偏光器、該光學調變器及該測定器的光軸對準，以及在該偏光器與該

(請先閱讀背面之注意事項再打寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

光學調變器之間設有一個 $\lambda/4$ 板，在此該感測器是電場或電壓感測器。

6. 如申請專利範圍第 5 項的光纖感測器，其中該光學調變器係主要由具電光效應的介電晶體或液晶所構成。
7. 如申請專利範圍第 5 項的光纖感測器，其中該偏光器、該 $\lambda/4$ 板、該光學調變器及該測定器係一體合併一起。
8. 如申請專利範圍第 1 項的光纖感測器，其中該光學調變單元係由對溫度敏感的材質作成，其中該感測器是溫度感測器。
9. 如申請專利範圍第 1 項的光纖感測器，其中該彎曲部份的曲率半徑 R 是 $0.3 \leq R \leq 15 \text{ mm}$ ，在每個彎曲部份的絕對光損失不大於 5 dB。

10. 如申請專利範圍第 1 項的光纖感測器，其中該凹槽模型係由二個平行的凹槽及一個與該二個平行凹槽大致以 90° 的角度相交的直形凹槽所構成。
11. 如申請專利範圍第 10 項的光纖感測器，其中該相交處係作成圓順形，如此可讓該成形、裸露的光纖部份可靠地容納於該凹槽模型中。
12. 如申請專利範圍第 1 項的光纖感測器，其中該二個彎曲部份個別具有二個彎曲點，每個彎曲點大致以 45° 彎曲，因此總彎曲角度是 90° 。
13. 如申請專利範圍第 1 項的光纖感測器，其中該二個彎曲部份個別具有三個彎曲點，每個彎曲點大致以 30°

(請先閱讀背面之注意事項再為本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

彎曲，因此總彎曲角度是 90° 。

14. 如申請專利範圍第1項的光纖感測器，其中至少一個該加套的光纖部份係部分固定於該凹槽模型中靠近該基底的凹槽模型中光束入口或出口部份處。
15. 如申請專利範圍第14項的光纖感測器，其中二個加套的光纖部份均係部分固定於該凹槽模型中。
16. 如申請專利範圍第1項的光纖感測器，其中該凹槽模型具有至少一個寬度比其他凹槽為大的凹槽部份，該部份係靠近該基底的光束入口或出口處，或靠近相對應於該成形、裸露的光纖部份的彎曲部份之凹槽部份處。
17. 如申請專利範圍第16項的光纖感測器，其中該凹槽模型具有多個寬度比其他凹槽為大的凹槽部份，這些部份均靠近該基底的光束入口及出口處，以及靠近相對應於該成形、裸露的光纖部份的彎曲部份之凹槽部份處。
18. 如申請專利範圍第16項的光纖感測器，其中該較寬的凹槽部份具有的寬度是該加套光纖部份直徑的1.03至5倍大。
19. 如申請專利範圍第1項的光纖感測器，其中該光纖係一選自由多成份玻璃光纖及塑膠光纖所組成的族群之成員。
20. 如申請專利範圍第1項的光纖感測器，其中當該光纖的數值孔徑是NA而該凹槽模型的凹槽寬度是 L_g （以mm

（請先閱讀背面之注意事項再為本頁）

裝

訂

線

六、申請專利範圍

為單位) 時, 則 $0 < NA \times Lg \leq 0.55$ 。

21. 如申請專利範圍第 1 項的光纖感測器, 其中該成型的光纖係使用選自由陶瓷黏結劑、焊接劑、低熔點玻璃及樹脂接著劑所組成的族群之至少一員予以固定。
22. 如申請專利範圍第 1 項的光纖感測器, 其中該成型、裸露的光纖部份在其上具有一金屬塗佈層或一金屬顆粒在聚合物基質中的分散體之塗佈層。
23. 如申請專利範圍第 22 項的光纖感測器, 其中該金屬塗佈層係由選自由 Ni、Cu、Ag、Au、Pt 及 Al 所組成的族群之至少一員所組成, 而該金屬顆粒係由選自由 Ni、Cu、Ag、Au、Pt 及 Al 所組成的族群之至少一員所組成。
24. 如申請專利範圍第 1 項的光纖感測器, 其中該光學調變單元係包含一個偏光器、一個光學調變器、一個測定器及一個視情況而加入的 $\lambda/4$ 板, 這些元件係個別均是長方形, 所具有的长度為該安插用的凹槽的寬度的 2 倍或更大。
25. 一種製造光纖感測器的方法, 其包含:
 - (a) 提供一個基底;
 - (b) 在該基底中形成一個凹槽模型;
 - (c) 分開設置一條具有裸露光纖部份及加套光纖部份之光纖, 該加套光纖部份係從該裸露光纖部份的相對兩端延伸出來, 而且使該裸露光纖部份大致在一個迴轉的 U 形模中成形, 並且能夠容納於或安置於該

(請先閱讀背面之注意事項再為本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

凹槽模型中；

(d) 使該成形的裸露光纖部份安置且固定於該凹槽模型中；

(e) 在該基底中形成至少一個凹槽，而且該凹槽係以平行於該迴轉的U形凹槽模型的二平行凹槽之方式延伸，而且經過該固定的裸露光纖部份；及

(f) 固定安置一個光學調變器單元於該光纖的光徑上，係藉由插入該單元於至少一個凹槽中。

26. 如申請專利範圍第25項的方法，其中該包括縱向平行凹槽及至少一個與該二縱向平行凹槽相交的凹槽之凹槽模型係藉由旋轉葉片鋸以0.01至1毫米／秒的形成速度予以形成。

27. 如申請專利範圍第26項的方法，其中該旋轉葉片鋸係由粒度為60至3微米的研磨晶粒作成。

28. 如申請專利範圍第26項的方法，其中該二個彎曲部份係作成圓順形。

29. 如申請專利範圍第26項的方法，其中該二個縱向平行的凹槽係形成具有該加套的光纖直徑1.03至5倍寬的寬度。

30. 如申請專利範圍第25項的方法，其中該凹槽模型係藉由噴砂清理法予以形成。

31. 如申請專利範圍第25項的方法，其中該凹槽模型係藉由蝕刻法予以形成。

32. 如申請專利範圍第25項的方法，其中該凹槽模型係藉

(請先閱讀背面之注意事項再打寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

由模鑄法予以形成。

33. 如申請專利範圍第25項的方法，其中該光纖係多成份玻璃光纖或塑膠光纖，而且係藉由其中具有電阻加熱器的鼓風器予以成形。
34. 如申請專利範圍第33項的方法，其中該光纖是多成份玻璃光纖，而且是以450至600℃的溫度予以彎曲。
35. 如申請專利範圍第33項的方法，其中該光纖是塑膠光纖，而且是以80至280℃的溫度予以彎曲。
36. 如申請專利範圍第25項的方法，其進一步包含施加一種金屬顆粒在聚合物基質中的膏狀物至該裸露的光纖部份上，及乾燥該施加的膏狀物使其在該裸露的光纖部份上形成一塗佈層。
37. 如申請專利範圍第25項的方法，其進一步包含藉由銀鏡反應、鍍金或真空沈積在該裸露的光纖部份上形成一塗佈層。
38. 如申請專利範圍第25項的方法，其進一步包含在該基底上形成多個凹槽模型，對每一個凹槽模型重複申請專利範圍第25項的(c)至(f)步驟，切割該基底成個別的感測器單元，因此多個感測器係一次製造出來。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

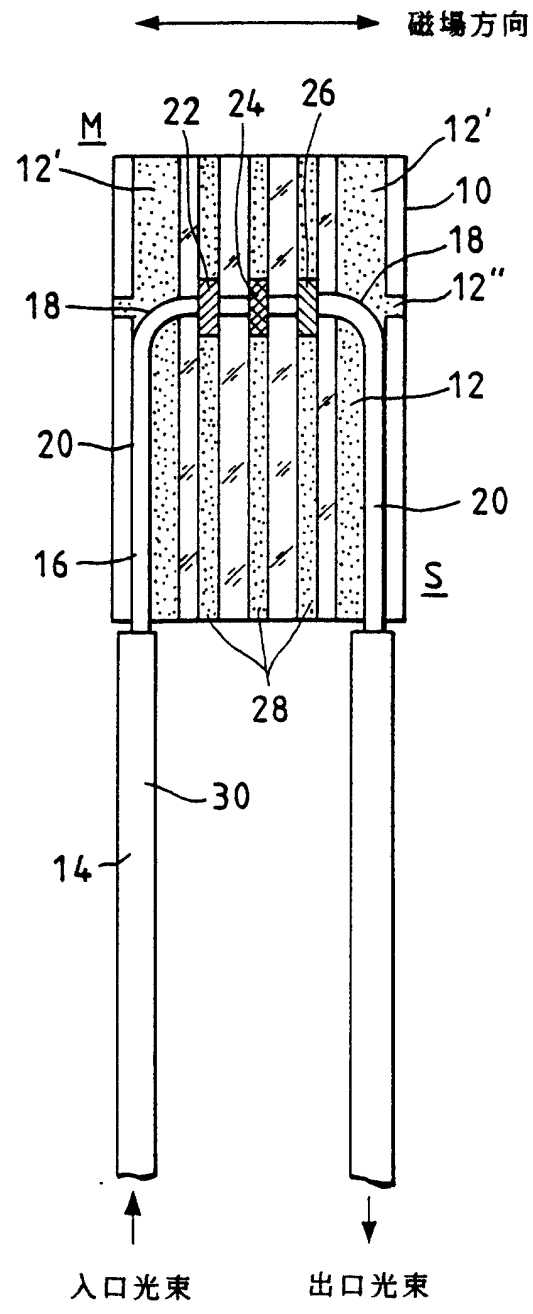
訂

線

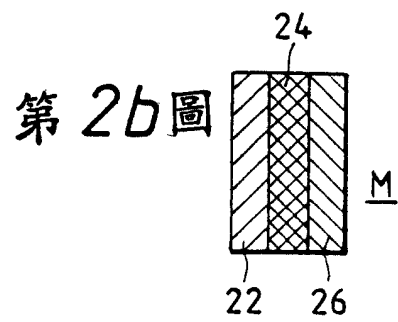
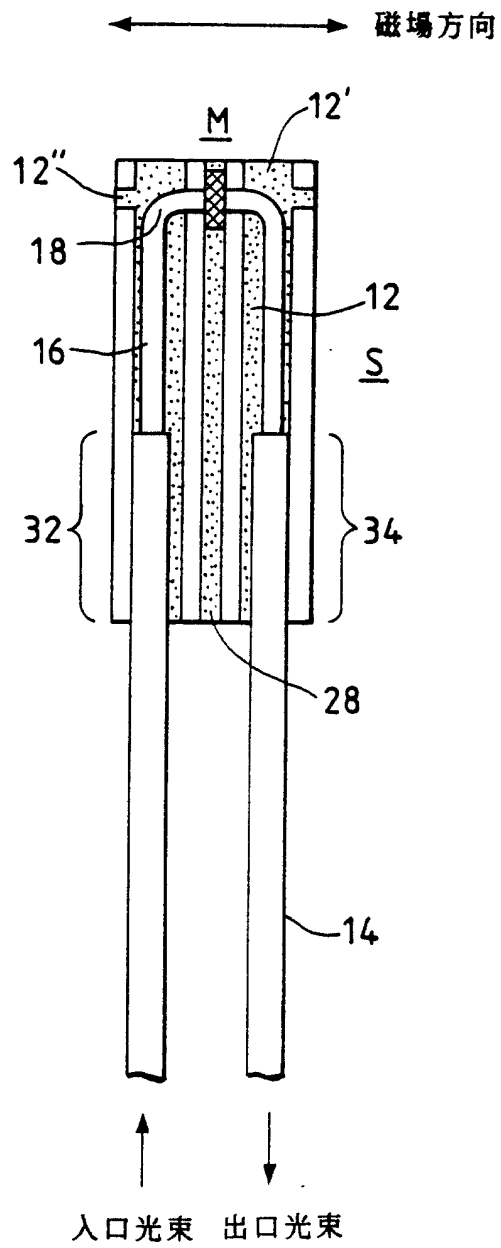
84106989

中
譯
圖

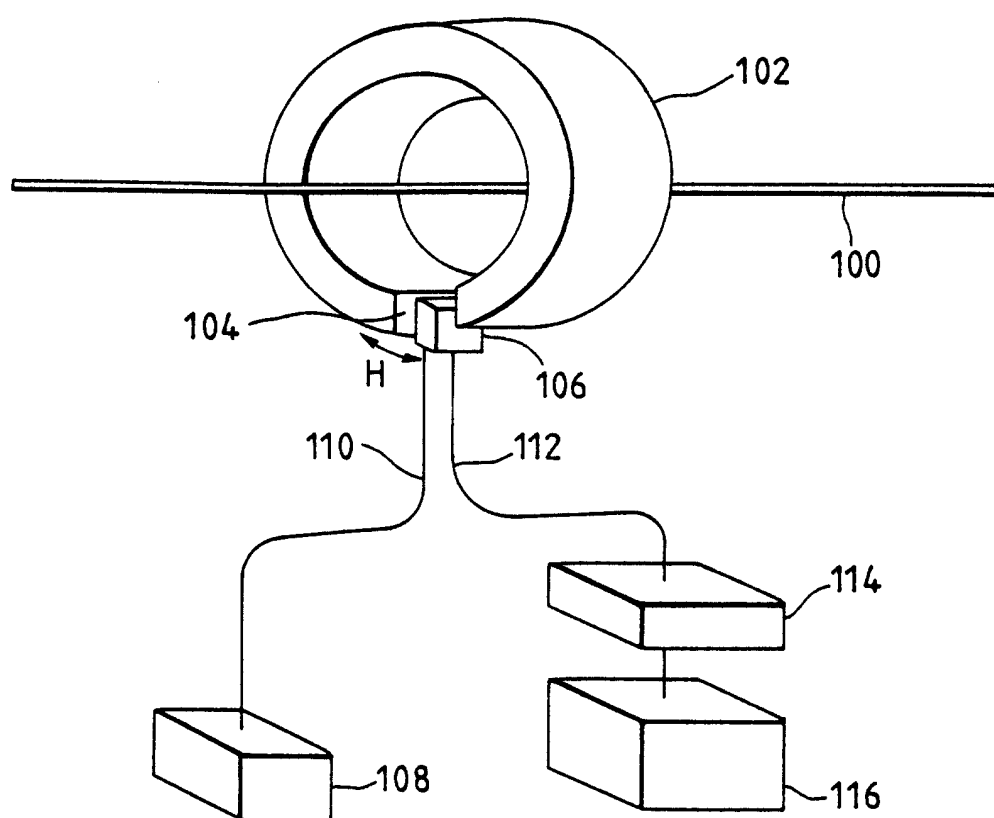
第 1 圖

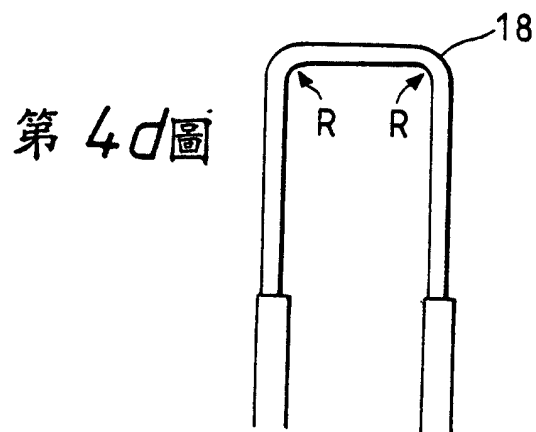
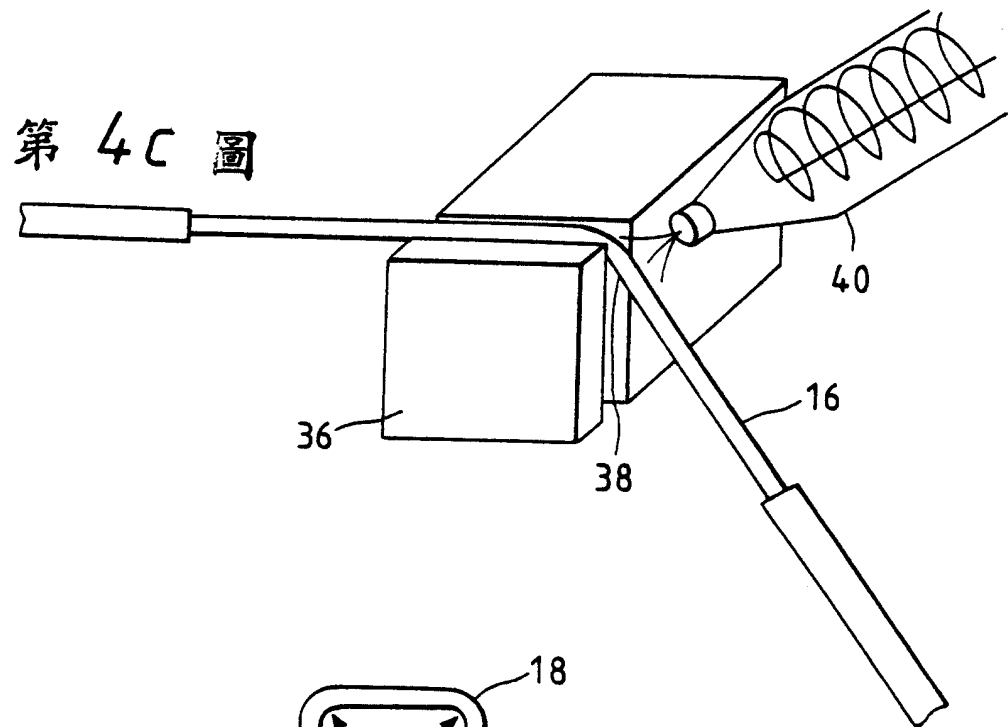
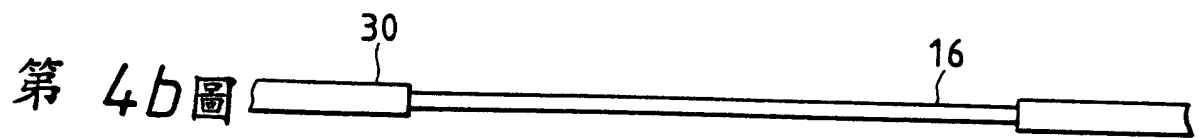
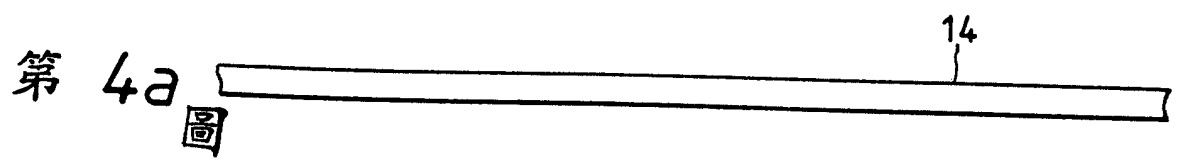


第 2a 圖

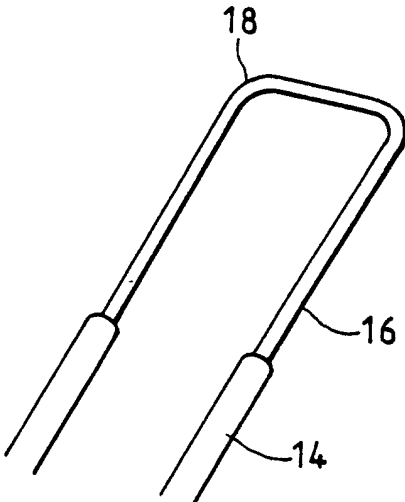


第 3 圖

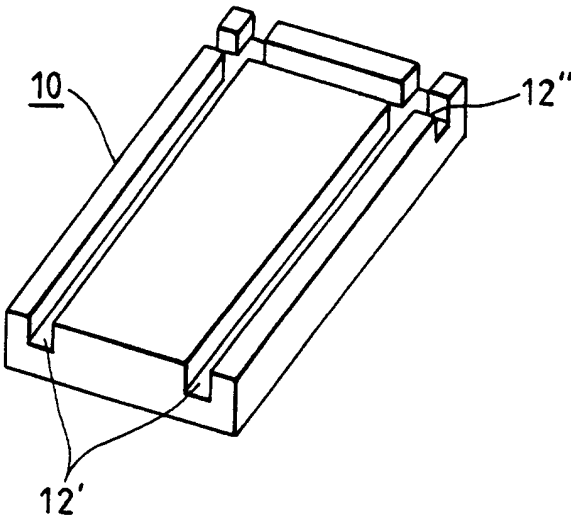




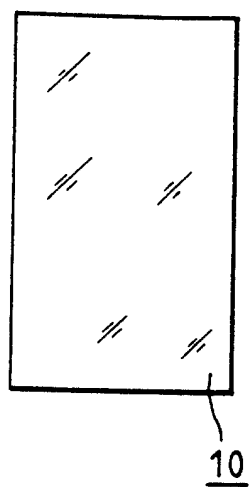
第5a圖



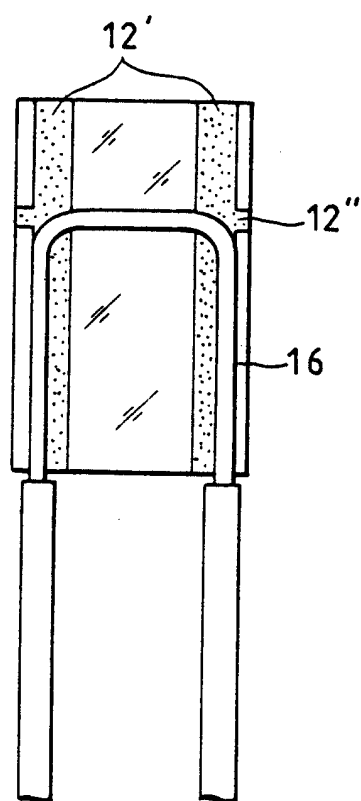
第5b圖



第6a圖



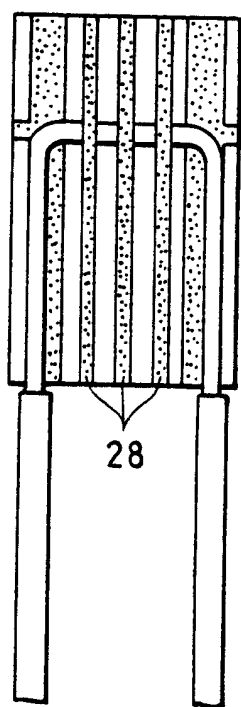
第6b圖



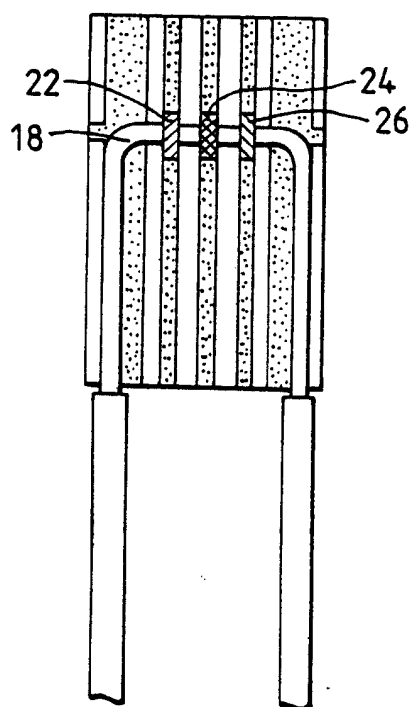
磁場方向



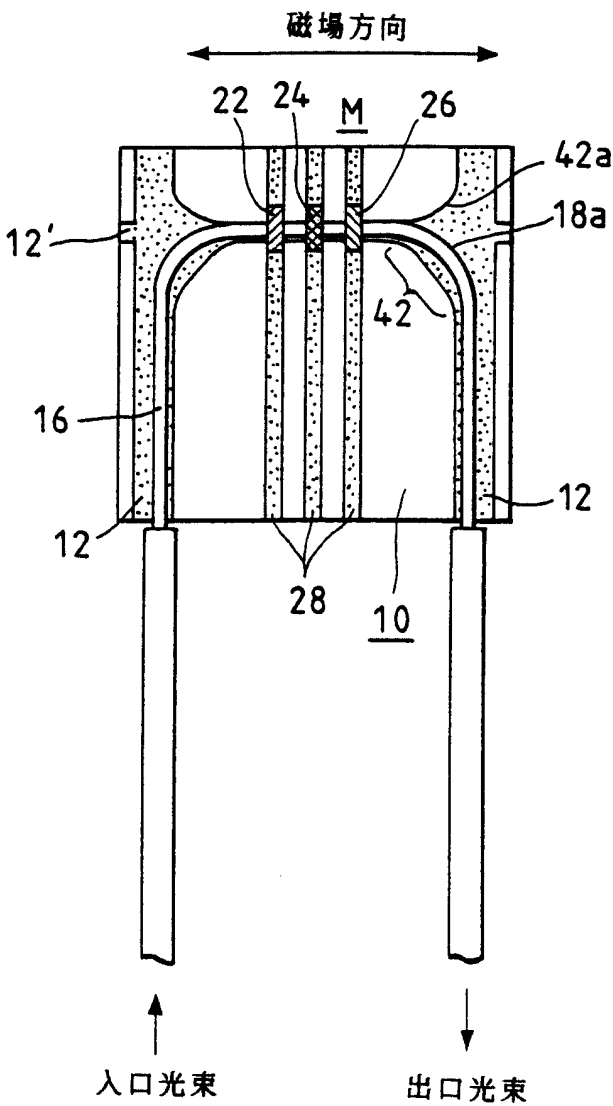
第6c圖



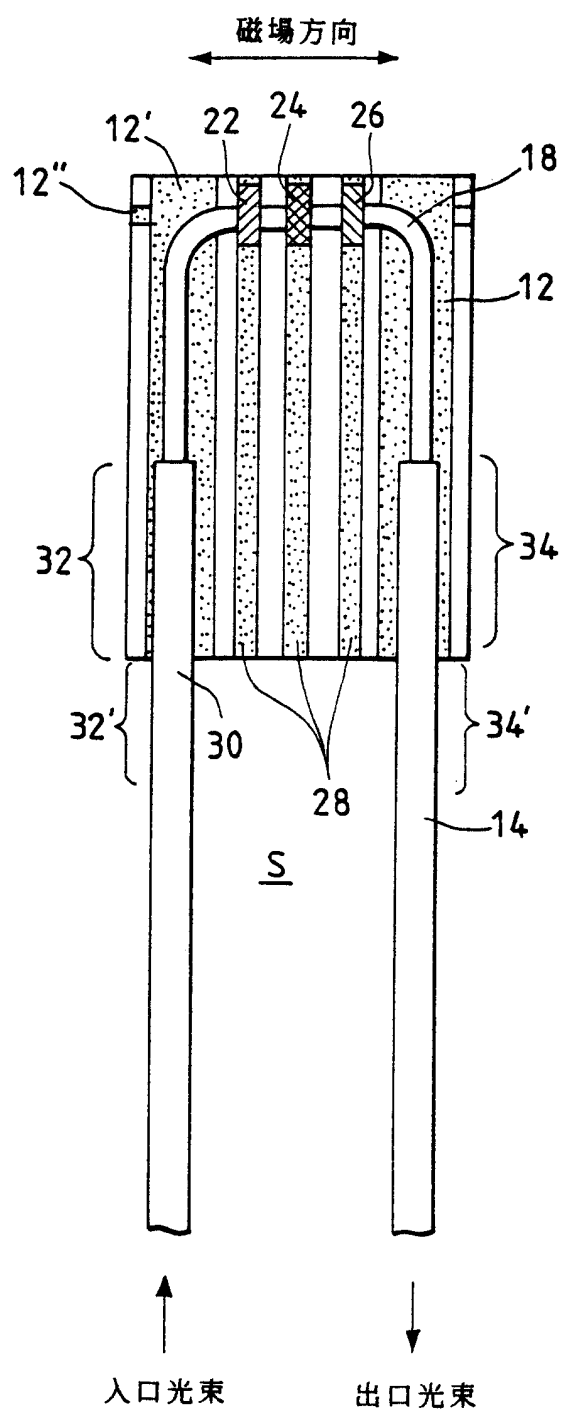
第6d圖



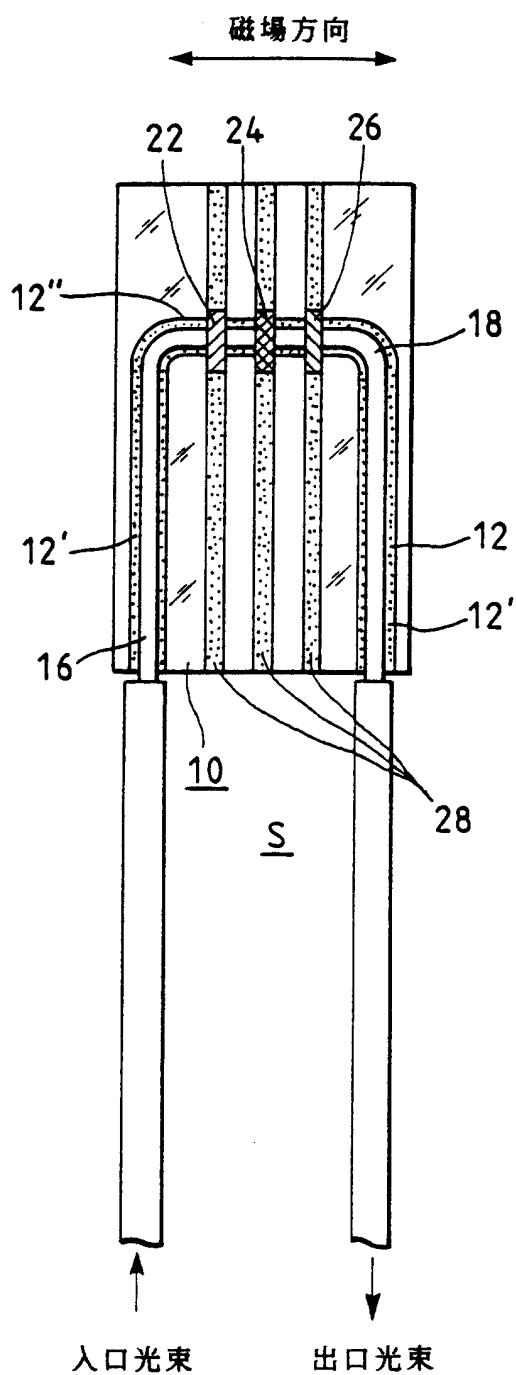
第 8 圖



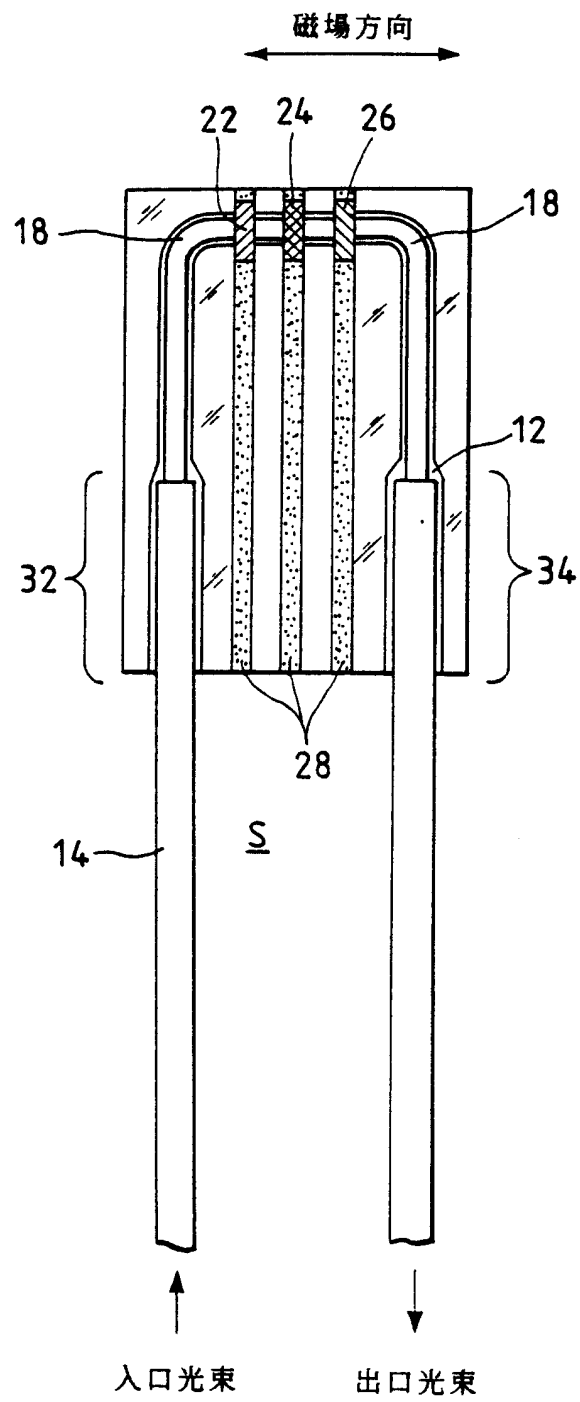
第 9 圖



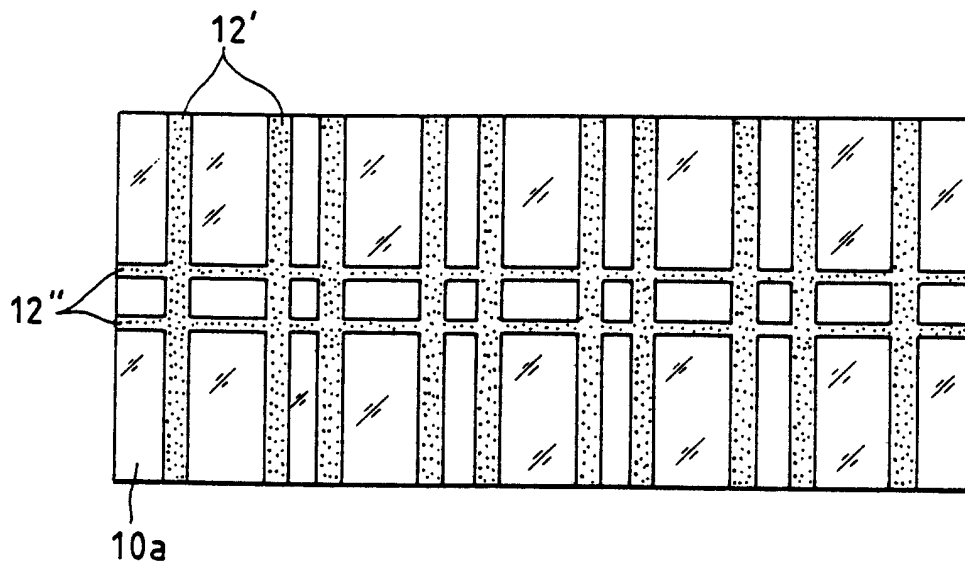
第 10 圖



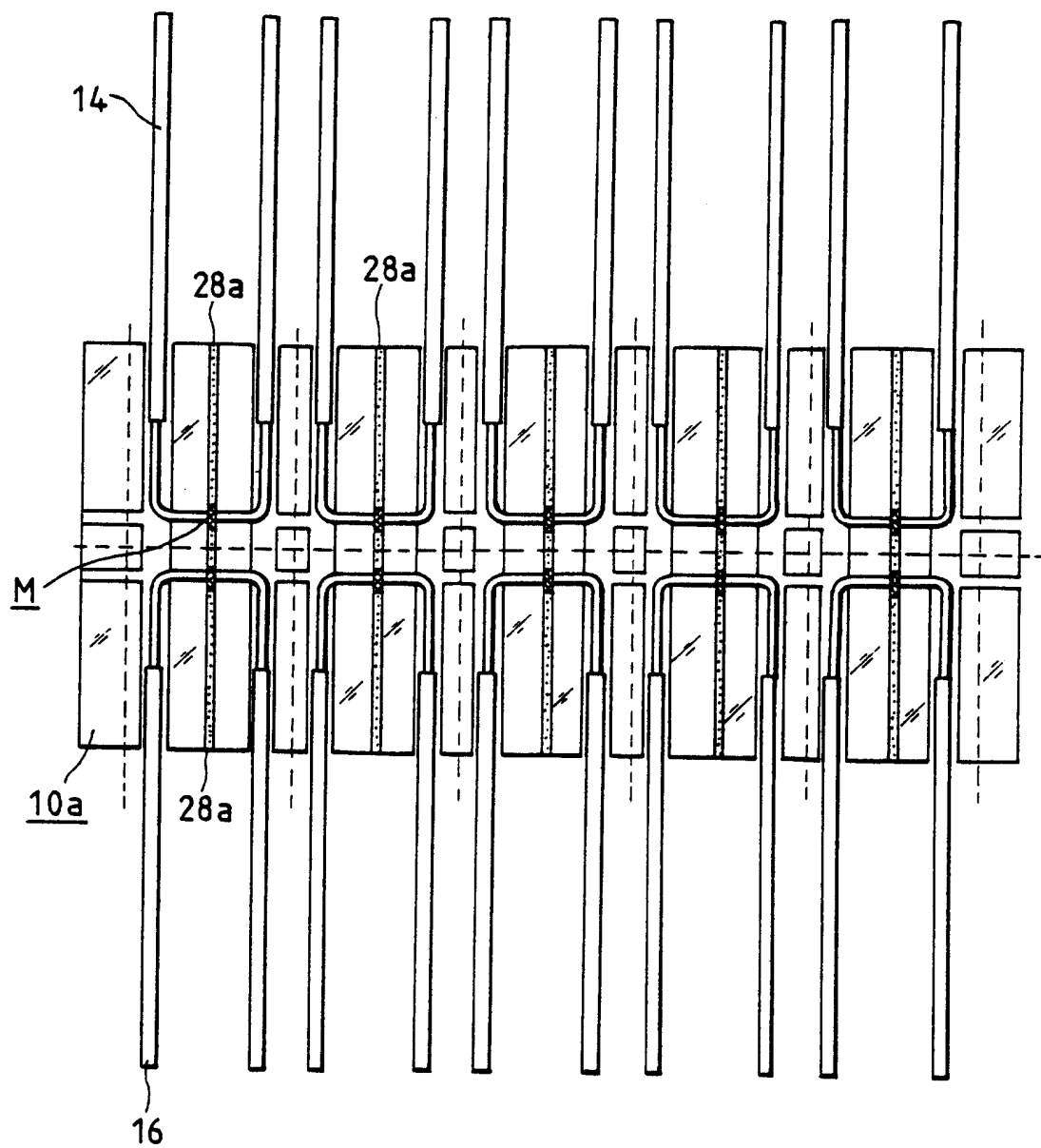
第 11 圖



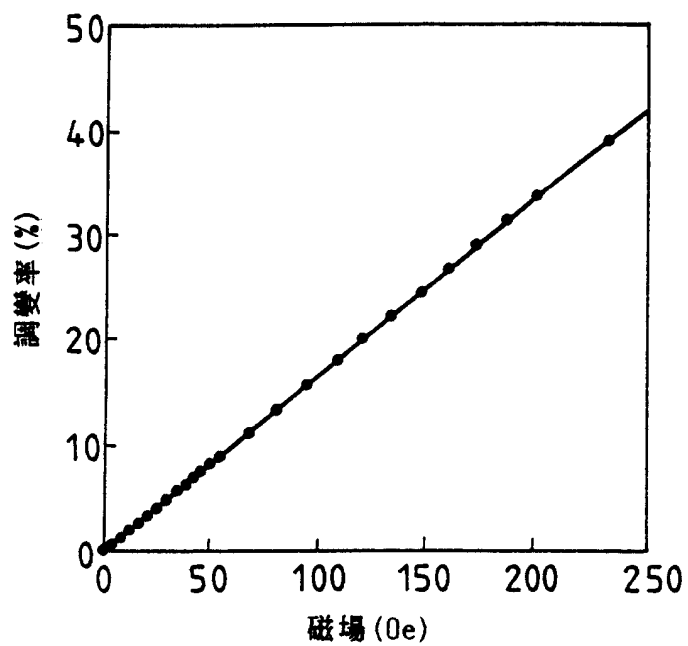
第 12 圖



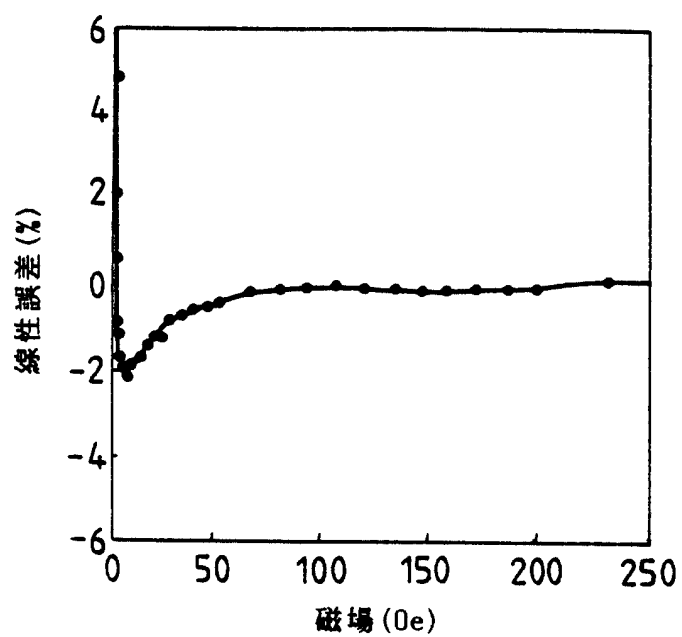
第 13 圖



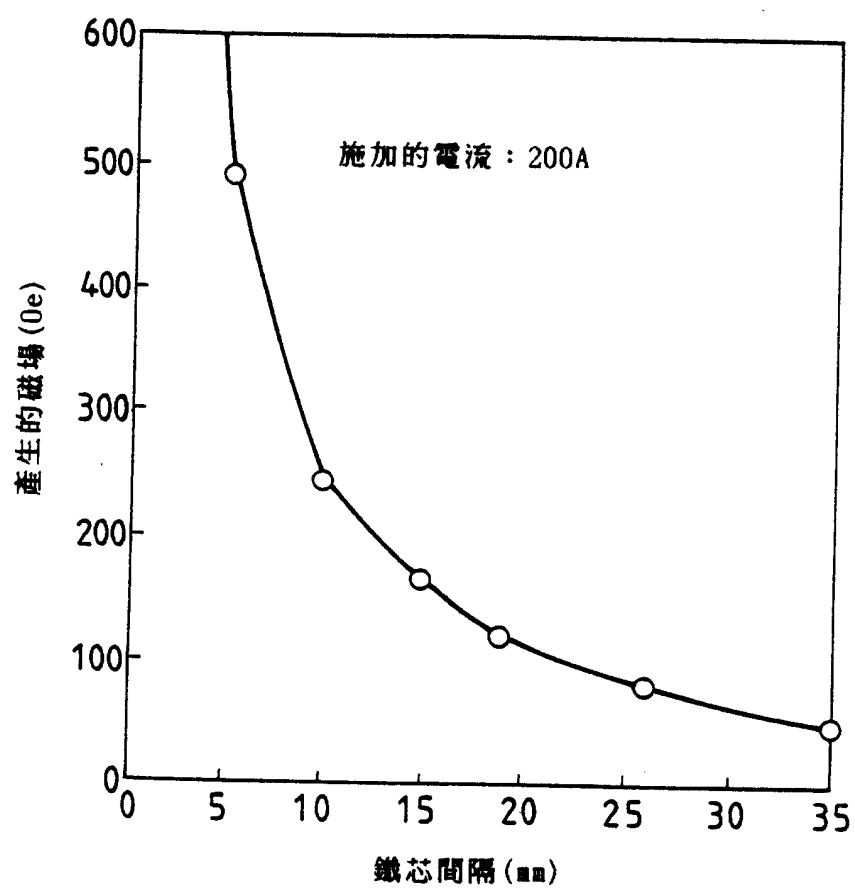
第 14a 圖



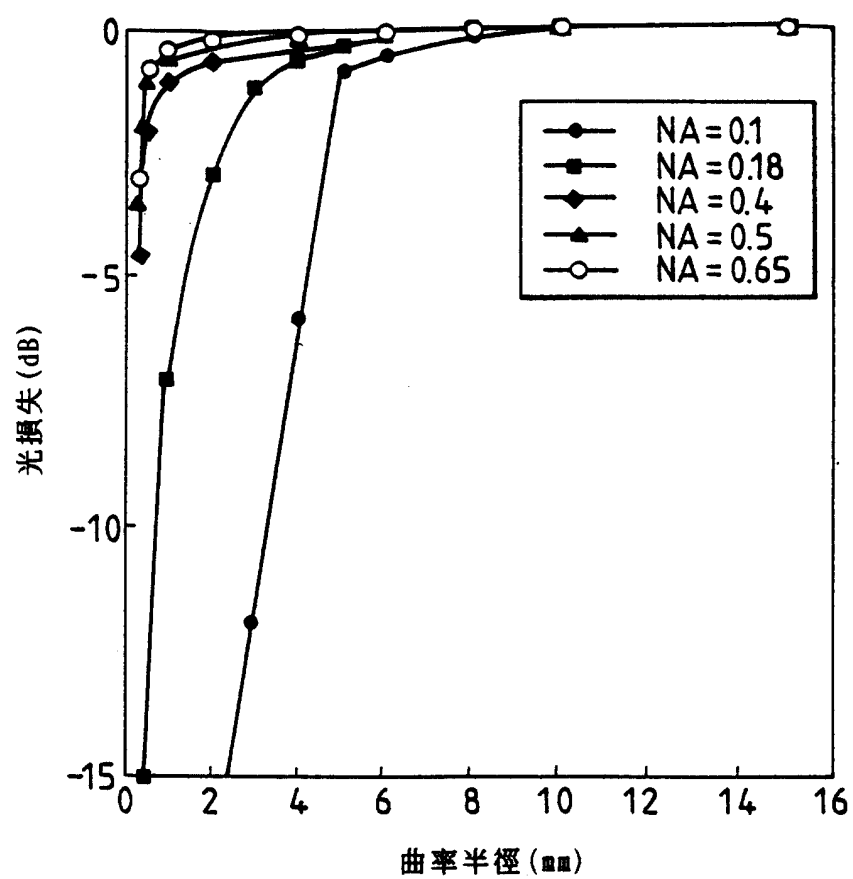
第 14b 圖



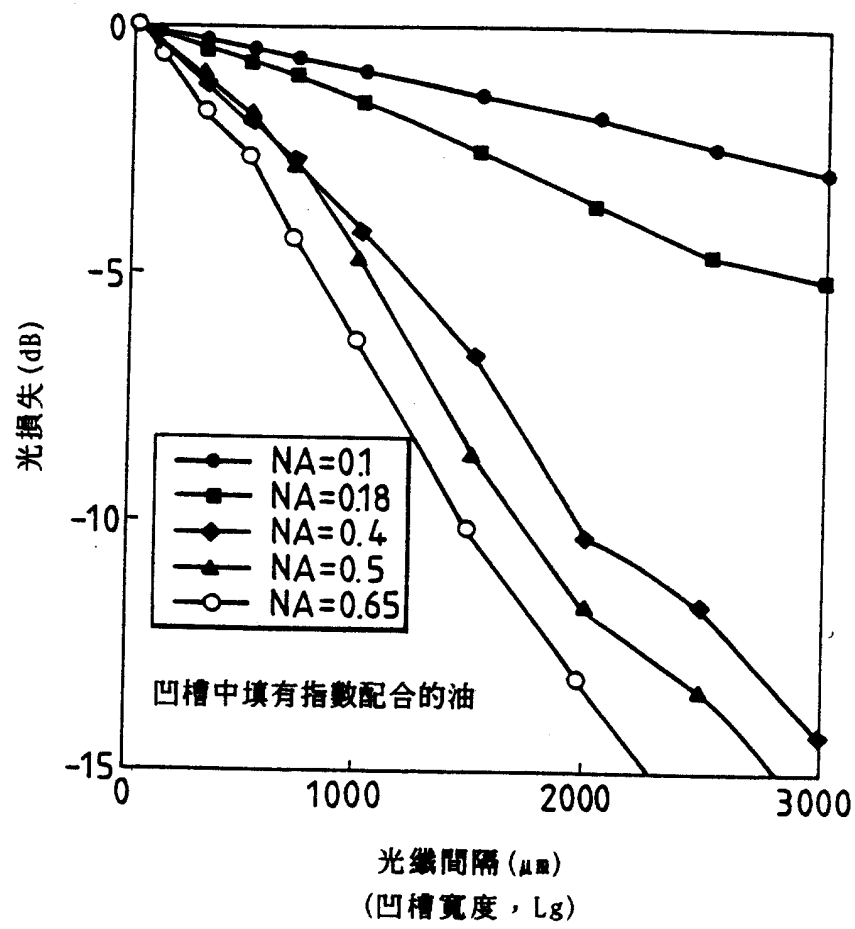
第 15 圖



第 16 圖



第 17 圖



第 18 圖

習知技術

