



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數：TW I456180 B

(45) 公告日：中華民國 103 (2014) 年 10 月 11 日

(21) 申請案號：100115696

(22) 申請日：中華民國 100 (2011) 年 05 月 04 日

(51) Int. Cl. : G01M11/00 (2006.01)

H04B10/07 (2013.01)

(71) 申請人：私立淡江大學 (中華民國) TAMKANG UNIVERSITY (TW)

新北市淡水區英專路 151 號

(72) 發明人：楊淳良 YANG, CHUN LIANG (TW) ; 林宣宏 LIN, HSUAN HUNG (TW)

(74) 代理人：詹銘文；葉璟宗

(56) 參考文獻：

US 2009/0075229A1

SHOJI ADACHI, "Distributed Optical Fiber Sensors and Their Applications", SCIE Annual Conference 2008, August

SST Sensing Ltd, "Optical Liquid Level Sensor Operating Principle", Application Note, 2009, 1-3

審查人員：黃子倫

申請專利範圍項數：11 項 圖式數：8 共 0 頁

(54) 名稱

光纖浸液體感測器及光纖浸液體偵測系統

FIBER-OPTIC SENSOR FOR LIQUID-IMMERSION DETECTION AND FIBER-OPTIC DETECTION SYSTEM FOR LIQUID-IMMERSION DETECTION

(57) 摘要

一種光纖浸液體感測器，包括一光纖與一介面材料層。光纖具有一斜角實體接觸面。介面材料層與該光纖的該斜角實體接觸面接觸。介面材料層在一乾狀態下有一粗糙表面，產生一漫射反射。當介面材料層吸附一液體成為一潤濕狀態時有一平滑表面，產生一鏡面反射。

A fiber-optic sensor for liquid-immersion detection includes an optical fiber and an interface material layer. The optical fiber has an angled physical contact (APC) surface. The interface material layer contacts with the APC surface. The interface material layer has a rough surface when at a dry state to produce a diffusion reflection. The interface material layer has a smooth surface to produce a specular reflection when the interface material layer absorbs a liquid at a wet state.

- 100 . . . 介面材料層
- 104 . . . 光纖核心層
- 106 . . . 光纖包覆層
- 108 . . . 光纖

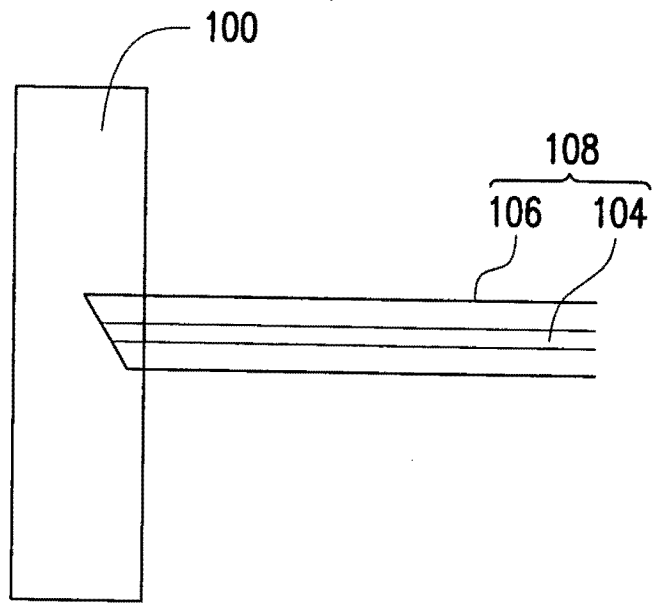


圖 2

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：100115696

G01M 11/00 (2006.01)

※申請日：100.5.4

※IPC 分類：H04B 10/07 (2013.01)

一、發明名稱：

光纖浸液體感測器及光纖浸液體偵測系統
FIBER-OPTIC SENSOR FOR LIQUID-IMMERSION
DETECTION AND FIBER-OPTIC DETECTION SYSTEM FOR
LIQUID-IMMERSION DETECTION

二、中文發明摘要：

一種光纖浸液體感測器，包括一光纖與一介面材料層。光纖具有一斜角實體接觸面。介面材料層與該光纖的該斜角實體接觸面接觸。介面材料層在一乾狀態下有一粗糙表面，產生一漫射反射。當介面材料層吸附一液體成為一潤濕狀態時有一平滑表面，產生一鏡面反射。

三、英文發明摘要：

A fiber-optic sensor for liquid-immersion detection includes an optical fiber and an interface material layer. The optical fiber has an angled physical contact (APC) surface. The interface material layer contacts with the APC surface. The interface material layer has a rough surface when at a dry state to produce a diffusion reflection. The interface material layer has a smooth

surface to produce a spectacular reflection when the interface material layer absorbs a liquid at a wet state.

四、指定代表圖：

(一) 本案之指定代表圖：圖 2

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

100：介面材料層

104：光纖核心層

106：光纖包覆層

108：光纖

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

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明是有關於一種光纖浸液體感測器，例如可以偵測感測器所處環境的乾/溼狀態。

【先前技術】

近年來隨著網際網路蓬勃的發展，資料傳輸的容量日與劇增，高品質的圖片與影像佔據大部份的頻寬。因此光纖的使用率將大幅提高。藉由光纖網路來提供語音、資料與影像三合一服務(Triple-Play Service)的方式已逐漸成為主流傳輸方案。

由於光纖網路的分佈範圍很廣，其需要即時地偵測光纖傳輸線路或電纜線路之接續盒、路邊機櫃或陸面下線路管道坑等處所是否遭受浸水狀況，以利人員迅速前往排除浸水。

目前常見的商品化產品有液體準位感測器(Liquid Level Sensor)，其主要用於裝設在單一處所的感測器。感測器的表面容易因外在環境因素(如：塵土)而影響其功能，並且不適合架設於光纖偵測線路上。雖然也有其他感測器被提出而可用在光纖線路上進行浸水之偵測，其感測原理是使用不織布吸水膨脹導致光纖產生彎曲損耗，並配合使用光時域反射儀(Optical Time-Domain Reflectometer, OTDR)觀察。但此種感測器浸水時之彎曲損耗卻高達 10 dB，因此無法在 OTDR 上觀察到是否同時多個處所發生浸

水狀況，以及容易因為某個偵測點斷裂而癱瘓後面的偵測線路。

如何有效率偵測光纖網路上有浸水情形發生仍是偵測的課題。

【發明內容】

本發明提供一種光纖浸液體感測器，可以簡易且有效率在光纖網路上設置多個偵測點，以迅速準確偵測出是否光纖網路有液體浸入的情形，例如有浸入的情形發生。

本發明提出一種光纖浸液體感測器，其包括一光纖與一介面材料層。光纖具有一斜角實體接觸面。介面材料層與該光纖的該斜角實體接觸面接觸。介面材料層在一乾狀態下有一粗糙表面，產生一漫射反射。當介面材料層吸附一液體成為一潤濕狀態時有一平滑表面，產生一鏡面反射。

本發明也提出一種光纖浸液體偵測系統，包括一光時域反射儀、一主幹光纖、一分光器以及一光纖浸液體感測器。主幹光纖與光時域反射儀耦接。分光器設置於該主幹光纖上分離出一偵測光。光纖浸液體感測器由一支幹光纖耦接該分光器。光纖浸液體感測器包括一光纖與一介面材料層。光纖一端與支幹光纖耦接，而另一端且具有一斜角實體接觸面。介面材料層與光纖的該斜角實體接觸面接觸。介面材料層在一乾狀態下有一粗糙表面，產生一漫射反射。當該介面材料層吸附一液體成為一潤濕狀態時有一平滑表面，產生一鏡面反射。其由分光器輸出的該偵測光

藉由該漫射反射與該鏡面反射的差異產生被反射回到該光時域反射儀的光功率差異，以得知該介面材料層是處於該乾狀態或是該潤濕狀態。

為讓本發明之上述特徵和優點能更明顯易懂，下文特舉實施例，並配合所附圖式作詳細說明如下。

【實施方式】

本發明提出光纖浸液體感測器可以應用在光纖浸液體偵測系統。配合 OTDR 的使用，可以觀察同時多個處所的浸液體狀況。偵測線路採分支設計，因此不會因為偵測點的故障或分支光纖斷裂而影響其他偵測點及主幹光纖偵測線路的運作。一旦分支偵測點受損或浸液體，只須將感測器模組卸除再換新即可，如此便於施工及維護。

一旦主幹光纖偵測線路鋪設好之後，再依照偵測位置的需求設置分光器(Splitter)及光纖浸液體感測器，再以 OTDR 進行即時檢測每個光纖浸液體感測器之狀況。

由於光纖傳輸線路或電纜線路之接續盒、路邊機櫃或陸面下線路管道坑浸水是較常見的發生情形，浸入任何液體都有可能造成損害。因此浸水情形僅是說明本發明所採用的一實例。

以下舉一些實施例來說明本發明，但是本發明不限於所舉的實施例。

首先描述本發明的工作原理。圖 1A-1B 繪示本發明光纖浸水感測器的工作原理示意圖。參閱圖 1A，對於一些類

似於海綿材料的物質，例如美耐皿海綿 (Melamine Sponge) 的介面材料 100，在乾燥狀態是粗糙的結構。由於有細微的粗糙表面，當入射光 90 度入射於此粗糙表面時，其反射光會是呈現漫射反射 (Diffusion Reflection)，也可以稱為散亂反射 (Scattering Reflection)，其特性是反射光不會有固定的方向反射。

參閱圖 1B，當介面材料 100 吸附液體 102，例如吸附水的時候，液體 102 填滿介面材料 100 的粗糙結構，而轉變成平滑的表面，例如接近鏡面的結構。此時，入射光 90 度入射於此平滑表面後會例如一般鏡面的反射現象被反射，又稱為鏡面反射 (Specular Reflection)。

藉由漫射反射與鏡面反射的反射差異，導致光纖斜角實體接觸面耦接到的反射光強度的差異，進而達到偵測介面材料 100 是否浸水的狀態。

圖 2 繪示依據本發明一實施例，光纖浸水感測器的基本架構示意圖。參閱圖 2，本發明根據介面材料 100 的鏡面反射和漫射反射的原理來建立偵測機制，來當作是否浸水的感測元件。另外，光纖浸水感測器也配合具有斜角實體接觸 (Angled Physical Contact, APC) 端的光纖 108 與介面材料 100 耦接。光纖 108 包括光纖核心 (Core) 層 104 與光纖包覆 (Cladding) 層 106。光是在光纖核心層 104 與光纖包覆層的介面反射達到光訊號的傳輸。而光纖 108 與介面材料 100 接觸的一端是具有 APC 的結構，例如是 8 度斜角的設計。

當感測器未浸水時，則偵測光由光纖通過 8 度斜角感測介面後再被介面材料 100 反射時會呈現漫射反射特性。此時反射光再進入光纖介面的機率大，因此反射率較大，而反射脈衝的高度變高。當感測器的介面材料 100 浸水時，則在 8 度斜角感測介面產生鏡面反射。由於感測介面 8 度斜角之設計及鏡面反射特性使得反射光再進入光纖 108 的機率降低，而反射損耗較大，反射脈衝高度下降。其中具有 APC 的光纖，其斜角不限於 8 度。只要能達到產生二種狀態的辨識即可。

圖 3 依據發明一實施例，光纖浸水感測器的架構剖面示意圖。參閱圖 3，結合一般光纖連接頭 110，以及套管 (Ferrule) 112，使得具有 APC 端面的光纖 108 能夠與介面材料 100 接觸。介面材料 100 利用連接座結構與光纖 108 的 APC 端面接觸。連接座結構例如是由兩個載片 114、116 所構成，而介面材料 100 夾置於其間。載片 116 更也可以設置一進水孔 118，允許外部區域環境的液體流入，例如當區域環境遭水浸入時，水會由進水孔 118 由介面材料 100 吸附，產生鏡面反射。感測器可設置在任何想偵測的區域中，其結構簡單且輕巧，工作人員容易維護及更換。光纖連接頭 APC 端面與透水-漫射反射介質構成一個斜度感測介面。

圖 4 繪示依據本發明另一實施例，光纖浸水感測器的架構剖面示意圖。參閱圖 4，其與圖 3 的架構類似，但是設置介面材料 100 的結構有一些變化。於此實施例，套管

112 中的光纖仍與介面材料 122 以相同的斜角接觸。然而介面材料 122 固定方式是利用另一個外部套管 120，其例如金屬套管將介面材料 122 與套管 112 固定住。外部套管 120 也有一進水孔 124，允許液體被介面材料 122 吸附構成鏡面反射。

採用金屬套管來做為光纖浸水感測器的頭端，如此可讓光纖浸水感測器變得更輕巧，且其製作方式是先將透水-漫射反射介質置入金屬套管中，再與光纖連接頭 APC 端面緊密接合，而透水-漫射反射介質在乾與濕的狀態下呈現不同的反射情形，即漫射與鏡面反射兩種情形，藉以反射脈衝高度之不同來呈現有無浸水之情形。

光纖浸水感測器可以設置在主幹光纖的任何有需要偵測之處，其數量也依需要而定。光纖浸水感測器就一般應用而言是光纖浸液體感測器，其不限定浸水的偵測。

就實驗的驗證，二個狀態的光功率差異可以達到 3dB 以上的差異。

圖 5 繪示依據本發明一實施例，光纖浸液體偵測系統示意圖。參閱圖 5，以主幹光纖中的其中一個光纖浸水感測器的設置為例來說明。

光纖浸液體偵測系統包括一光時域反射儀 (OTDR) 200、一主幹光纖 202、一分光器 (Optical Splitter) 204、一支幹光纖 208、以及光纖浸液體感測器 210。主幹光纖 202 與光時域反射儀耦接。光時域反射儀提供偵測光訊號，也藉由接收由光纖浸液體感測器 210 的反射訊號狀

態，來偵測是否光纖浸液體感測器 210 浸入環境液體。分光器 204 設置於主幹光纖 202 上分離出一部份光，當作偵測光。主幹光纖 202 的端點有一終端器 206。支幹光纖 208 耦接分光器 204，可以接收偵測光而傳遞光訊號。光纖浸液體感測器 210 耦接支幹光纖 208。光纖浸液體感測器 210 如前述包括一光纖，一端耦接該支幹光纖 208，且另一端具有一斜角實體接觸面。介面材料層與光纖的斜角實體接觸面接觸。

根據圖 2~4 的描述，介面材料層在一乾狀態下有一粗糙表面，產生一漫射反射，其中當該介面材料層吸附一液體成為一潤濕狀態時有一平滑表面，產生一鏡面反射。

由分光器 204 輸出的偵測光藉由該漫射反射與該鏡面反射的差異產生被反射回到該光時域反射儀的光功率差異，以得知介面材料層是處於乾狀態或是潤濕狀態。反射光的路徑也是藉由支幹光纖 208、分光器 204、主幹光纖 202 而到達光時域反射儀，以顯示反射脈衝。當介面材料層處於浸水狀態時，反射脈衝會明顯減少或消失。

就應用於偵測水位的情形，例如水位 212a 在一般狀況不會達到光纖浸液體感測器 210 所設置的高度。然而，當環境變化造成水位 212b 上升到光纖浸液體感測器 210 所設置的高度，則光時域反射儀 200 上的反射脈衝會消失，近而得知發生水位 212b 上升的情形。

由於在一條主幹光纖上，其一般會設置多個光纖浸液體感測器在不同位置，而光時域反射儀提供的偵測光訊號

在光纖中的光損耗量會隨著距離增加而增加，使得偵測光訊號強度變小，因此光纖浸液體感測器的感應程度可由分光器之分光比值及光時域反射儀的操作參數來調整。本發明提出可以估計反射脈衝高度的式子。圖 6 繪示主幹光纖上隨距離的相對光纖功率的變化示意圖。參閱圖 6，根據圖 5 的設置位置，其相對光纖功率的變化以 dB 為單位來表示，大致上呈線性關係。當光纖浸液體感測器在乾的狀態時在光時域反射儀上可測得一脈衝。其脈衝的高度相對於基線以 A 來表示，其可以由式(1)來表示：

$$(1) \quad A(\text{dB}) = 5 \cdot \log_{10} \left[\frac{R_{\text{end}}}{(1 + SR^2) \cdot B} + 1 \right],$$

其中 R_{end} 是支幹光纖上的光纖浸液體感測器的反射係數， SR^2 是分光器上主幹光纖對支幹光纖的分光比值的平方， B 是與操作波長的反射係數以及由光時域反射儀所發出偵測光的脈衝寬度的綜合參數。在式(1)中，分光器的 SR^2 是較有效率且較易於改變的調整參數。

圖 7 繪示依據本發明一實施例，採用光纖連接頭具實體接觸(Physical Contact, PC)取代光纖浸液體感測器，根據式(1)的估計與實驗的驗證結果數據圖。參閱圖 7，雖然距離不同，但是式(1)所估計的反射脈衝值與實驗相吻合，且其脈衝高度的差異足以區分出乾狀態與濕狀態的情況。圖 7 中，實線條是乾介面理論值，正方格條是乾介面實驗

值。橫線條是溼介面理論值，斜方格條是溼介面實驗值。

本發明提出的感測器裝置，架構簡單、成本低，又可達到明顯的反應辨識。相較而言，傳統架構較為複雜，不易維護及更換，模組也較大，不方便隨時攜帶至遠處偵測，而且成本也較我們設計之感測器高。

雖然本發明已以實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何所屬技術領域中具有通常知識者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作些許之更動與潤飾，故本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

圖 1A-1B 繪示本發明光纖浸水感測器的工作原理示意圖。

圖 2 繪示依據本發明一實施例，光纖浸水感測器的基本架構示意圖。

圖 3 依據發明一實施例，光纖浸水感測器的架構剖面示意圖。

圖 4 繪示依據本發明另一實施例，光纖浸水感測器的架構剖面示意圖。

圖 5 繪示依據本發明一實施例，光纖浸液體偵測系統示意圖。

圖 6 繪示主幹光纖上隨距離的相對光纖功率的變化示意圖。

圖 7 繪示依據本發明一實施例，根據式(1)的估計與實

驗的驗證結果示意圖。

【主要元件符號說明】

- 90：入射光
- 100：介面材料
- 102：液體
- 104：光纖核心層
- 106：光纖包覆層
- 108：光纖
- 110：光纖連接頭
- 112：套管
- 114：載片
- 116：載片
- 118：進水孔
- 120：外部套管
- 122：介面材料
- 124：進水孔
- 200：光時域反射儀
- 202：主幹光纖
- 204：分光器
- 206：終端器
- 208：支幹光纖
- 210：光纖浸液體感測器
- 212a、212b：液體水位高度

七、申請專利範圍：

1. 一種光纖浸液體感測器，包括：
 - 一光纖，具有一斜角實體接觸面；以及
 - 一介面材料層，與該光纖的該斜角實體接觸面接觸，其中該介面材料層在一乾狀態下有一粗糙表面，產生一漫射反射，其中當該介面材料層吸附一液體成為一潤濕狀態時有一平滑表面，產生一鏡面反射。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之光纖浸液體感測器，其中該介面材料層吸附該液體是水。
3. 如申請專利範圍第 1 項所述之光纖浸液體感測器，其中該介面材料層包括美耐皿海綿。
4. 如申請專利範圍第 1 項所述之光纖浸液體感測器，其中當該光纖接收一偵測光由該斜角實體接觸面進入該介面材料層時，藉由漫射反射與該鏡面反射差異，由該光纖接收不同程度的第一光反射量與第二光反射量，其中該漫射反射是在該介面材料層尚未達到該潤濕狀態所產生的反射狀態。
5. 如申請專利範圍第 1 項所述之光纖浸液體感測器，更包括一介面連接器，以固定耦接該光纖與該介面材料層，其中該介面連接器有一液體進入孔，允許該液體進入該介面材料層。
6. 一種光纖浸液體偵測系統，包括：
 - 一光時域反射儀；
 - 一主幹光纖，與該光時域反射儀耦接；

一分光器，設置於該主幹光纖上分離出一偵測光；
一支幹光纖，耦接該分光器，接收該偵測光；
一光纖浸液體感測器，耦接該支幹光纖，該光纖浸液體感測器包括：

一光纖，一端與該支幹光纖耦接，另一端具有一斜角實體接觸面；以及

一介面材料層，與該光纖的該斜角實體接觸面接觸，其中該介面材料層在一乾狀態下有一粗糙表面，產生一漫射反射，其中當該介面材料層吸附一液體成為一潤濕狀態時有一平滑表面，產生一鏡面反射，

其中由分光器輸出的該偵測光藉由該漫射反射與該鏡面反射的差異產生被反射回到該光時域反射儀的光功率差異，以得知該介面材料層是處於該乾狀態或是該潤濕狀態。

7. 如申請專利範圍第 6 項所述之光纖浸液體偵測系統，其中該介面材料層吸附該液體是水。

8. 如申請專利範圍第 6 項所述之光纖浸液體偵測系統，其中該介面材料層包括美耐皿海綿。

9. 如申請專利範圍第 6 項所述之光纖浸液體偵測系統，其中當該支幹光纖接收該偵測光由該斜角實體接觸面進入該介面材料層時，藉由漫射反射與該鏡面反射差異，由該支幹光纖接收不同程度的第一光反射量與第二光反射量，其中該漫射反射是在該介面材料層尚未達到該潤濕狀態所產生的反射狀態。

10. 如申請專利範圍第 6 項所述之光纖浸液體偵測系統，更包括一連接座結構，以固定耦接該光纖斜角實體接觸面與該介面材料層，其中該連接座結構有一液體進入孔，允許該液體進入該介面材料層。

11. 如申請專利範圍第 6 項所述之光纖浸液體偵測系統，其中該分光器有一分光比，以決定該介面材料層在該乾狀態與該潤濕狀態的一光功率差異程度。

103年3月4日 修正 對號 頁(本)

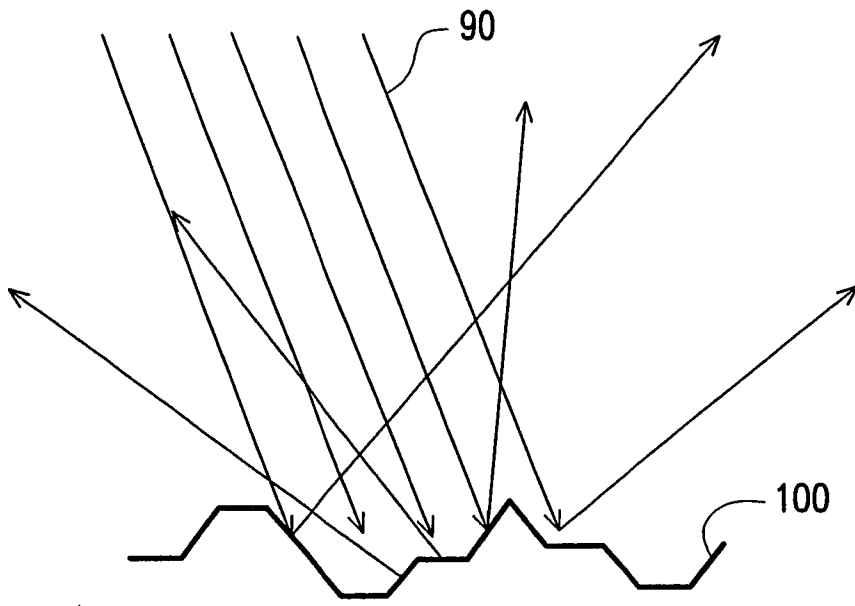


圖 1A

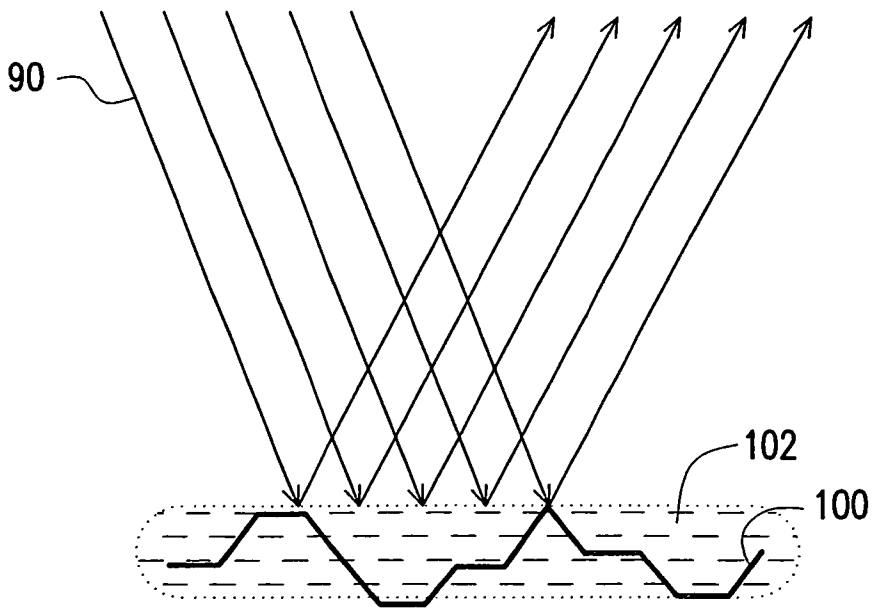


圖 1B

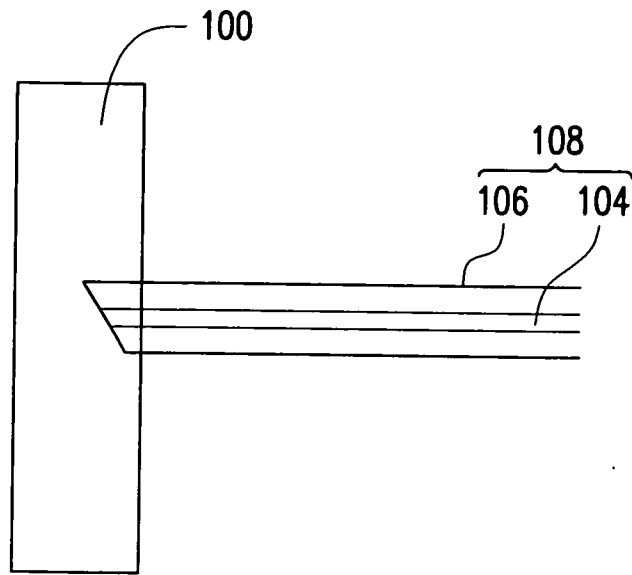


圖 2

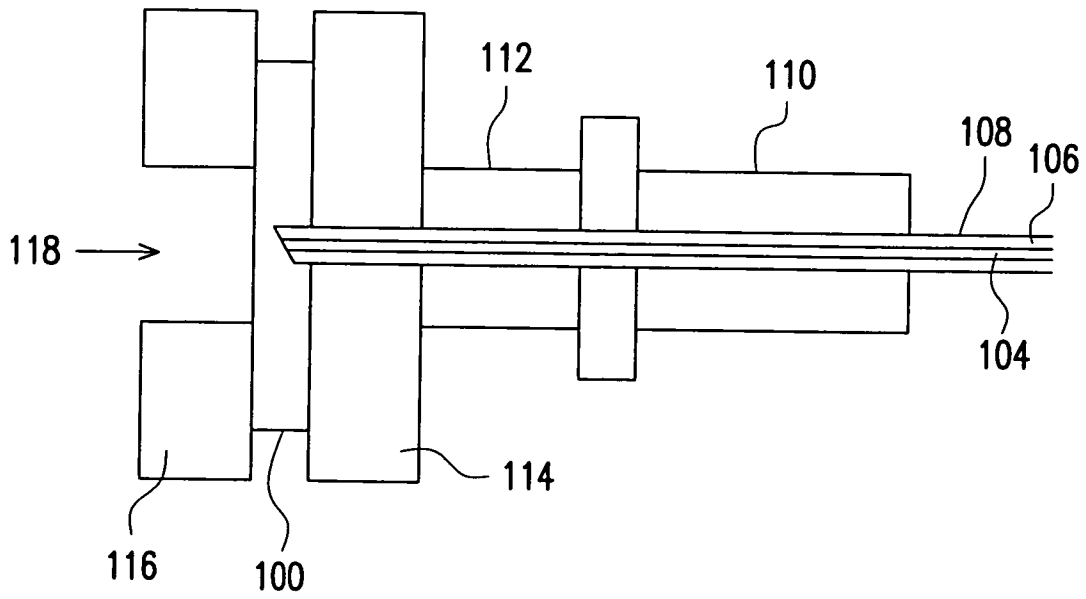


圖 3

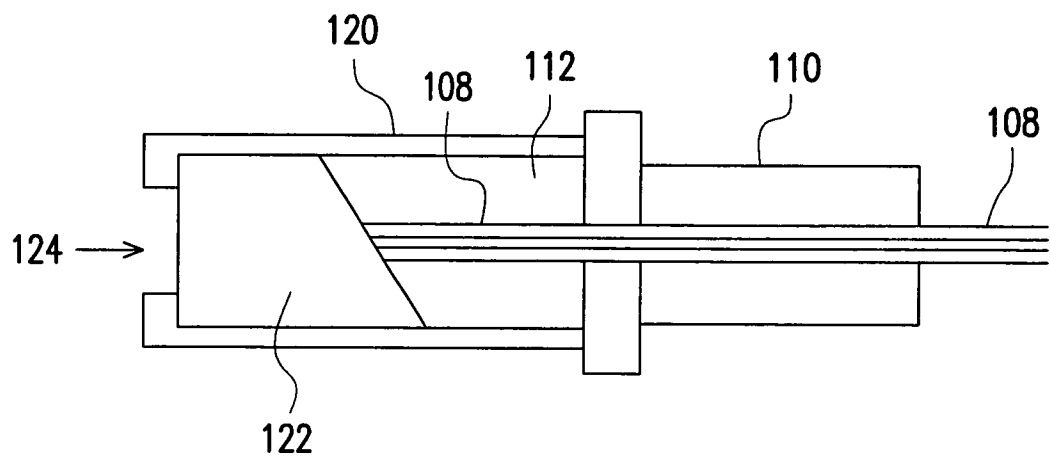


圖 4

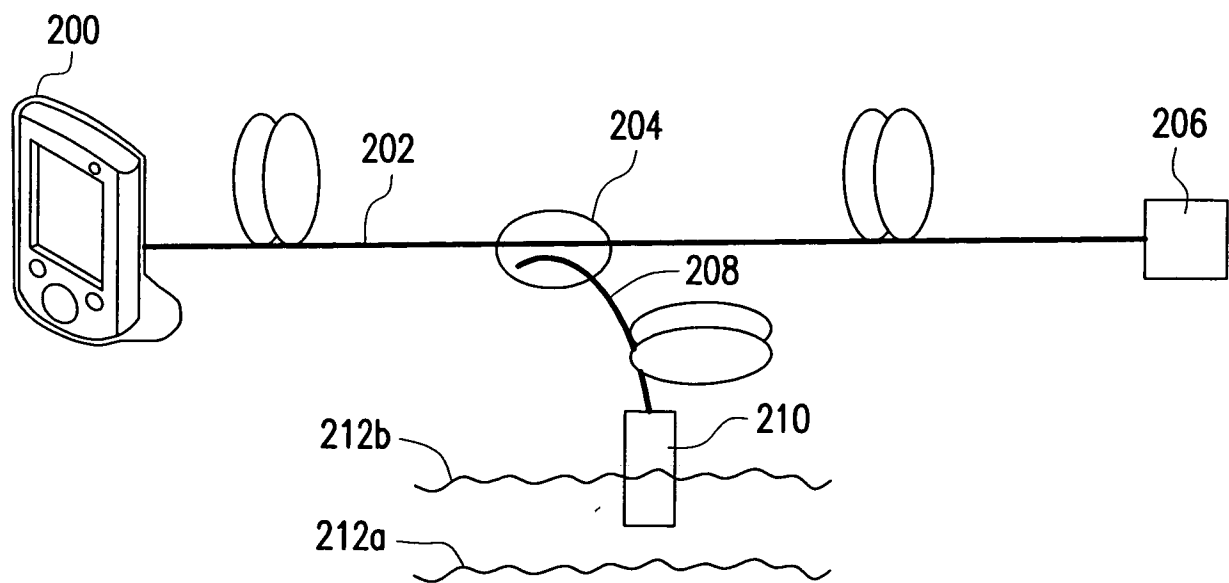


圖 5

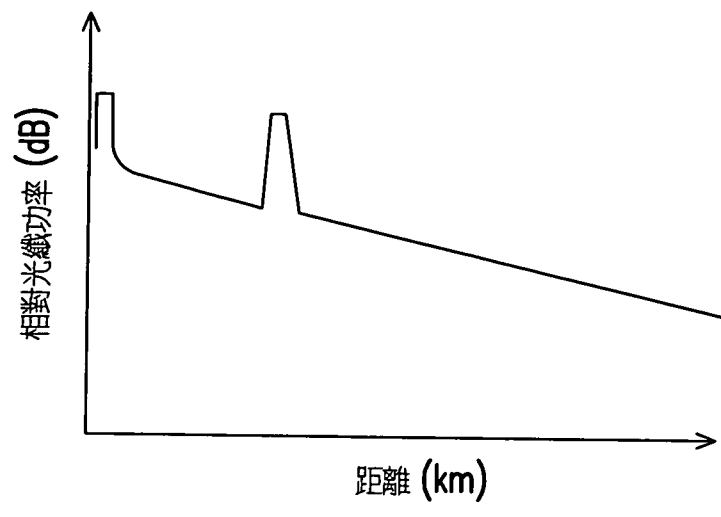


圖 6

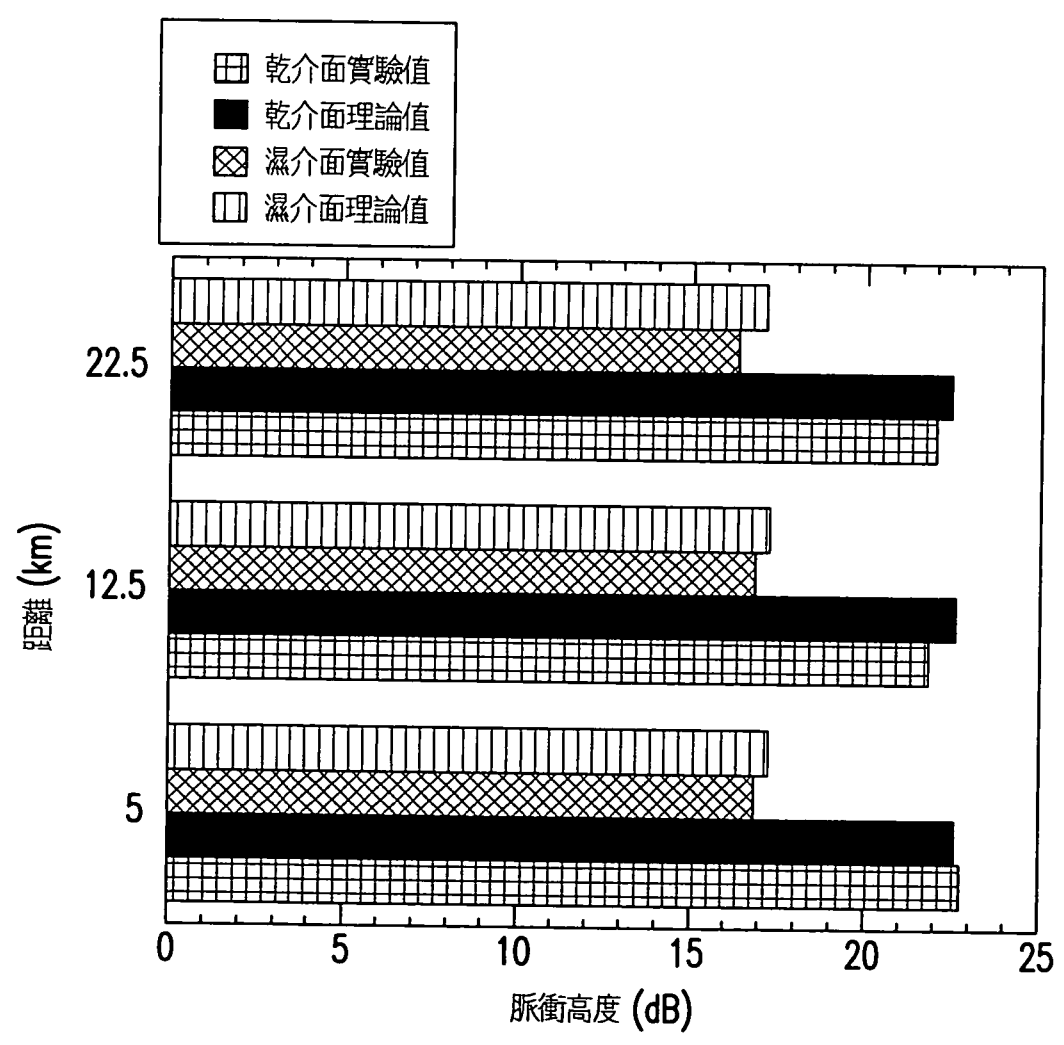


圖 7