

公告本

申請日期: 8.11 案號: 9111-050

類別: G02B6/00

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

552438

一、發明名稱	中文	光纖布拉格光柵感測系統
	英文	Fiber Bragg Grating Sensor System
二、發明人	姓名(中文)	1. 祁姓 2. 曾弘毅 3. 彭朋群
	姓名(英文)	1. Sien Chi 2. Hong-Yih Tseng 3. Peng-Chun Peng
	國籍	1. 中華民國 2. 中華民國 3. 中華民國
	住、居所	1. 新竹市建中一路25號9樓之1 (300) 2. 新竹縣竹東鎮世界街26號 3. 台北縣中和市秀朗路三段70巷41號五樓
三、申請人	姓名(名稱)(中文)	1. 國立交通大學
	姓名(名稱)(英文)	1. National Chiao Tung University
	國籍	1. 中華民國
	住、居所(事務所)	1. 新竹市大學路1001號
	代表人姓名(中文)	1. 張俊彥
代表人姓名(英文)	1.	



本案已向

國(地區)申請專利

申請日期

案號

主張優先權

無

有關微生物已寄存於

寄存日期

寄存號碼

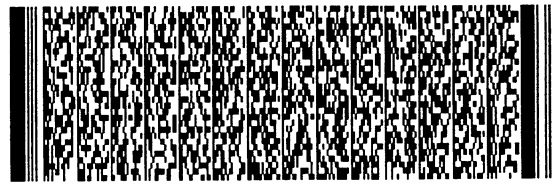
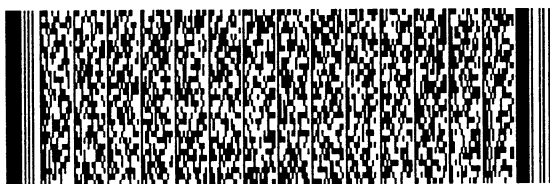
無

## 四、中文發明摘要 (發明之名稱：光纖布拉格光柵感測系統)

本發明係提供一種光纖布拉格光柵感測系統，係利用線性共振腔光纖雷射架構設計高解析度光纖感測系統，其中以光纖布拉格光柵感測元件當作光纖雷射反射端，另一端接上寬頻光放大器，並在此寬頻光放大器的另一端接上光纖迴路等效鏡，組合線性共振腔光纖雷射的基本架構，之後在雷射的輸出端並接兩個光纖布拉格光柵濾波器，由於光纖布拉格光柵感測元件，會受到溫度的變化造成雷射光頻譜飄移，因此可根據兩個光纖布拉格光柵濾波器的反射訊號得知感測元件受溫度的變化。

## 英文發明摘要 (發明之名稱：Fiber Bragg Grating Sensor System)

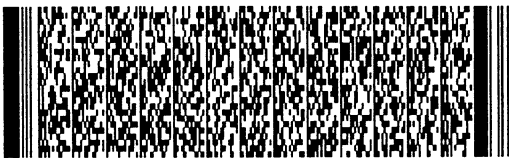
The present invention provides a fiber Bragg grating system, which employs a linear-cavity fiber laser scheme to develop a high resolution sensor system. The fiber Bragg grating sensor device is located in one end for fiber laser reflecting, and in the other end is a fiber loop mirror. It forms a linear-cavity fiber laser scheme basis. The end for laser output parallel connecting with two fiber Bragg grating filters. Because of the spectrum shift of the fiber



四、中文發明摘要 (發明之名稱：光纖布拉格光柵感測系統)

英文發明摘要 (發明之名稱：Fiber Bragg Grating Sensor System)

Bragg grating sensor when temperature changed, it may detect the optic power reflectivity for the variation of the temperature. Furthermore, it can resolve the temperature up to  $10^{-4}^{\circ}\text{C}$  theoretically and can be applied for strain and temperature sensing with high precision.



## 五、發明說明 (1)

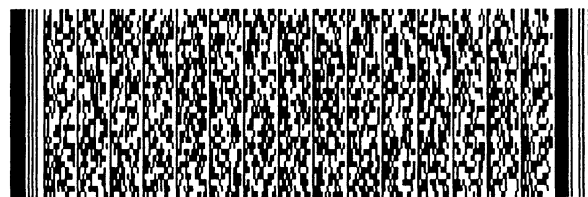
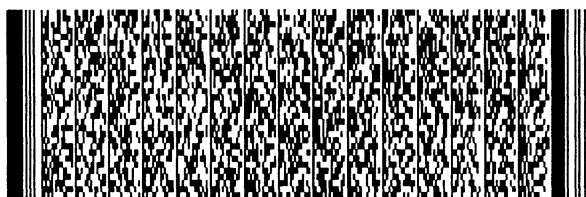
## 發明領域：

本發明係有關於一種光纖布拉格光柵，尤其是一種應用光纖雷射架構的高解析度光纖布拉格光柵。因此，本發明可應用於溫度監測（例如，醫學工程感測模組、工業感測器、及矽晶圓IC溫控）、應變監測（例如地層滑動量測及結構應力量測）、以及光纖通訊監測網路（例如，監測網路資料傳輸之可靠度）。

## 發明背景：

光纖布拉格光柵（Fiber Bragg Grating；FBG），近年來成為光纖感測領域的重要光學元件。其特性為當外界溫度或應力變化加諸於此光纖光柵時，其反射的波長（Bragg Wavelength）就會變化，使得這種光學元件所製成的感測器可以廣泛地應用，例如量測應變和溫度等等。一般傳統式光纖布拉格光柵感測系統，為利用寬頻光源進入光纖布拉格光柵，再量測其反射頻譜的變化，一般是利用可調式費比伯洛光濾波器（Tunable Fabry-Perot filter）作為掃頻元件，將反射感測訊號從頻域轉換成時域，再用電子電路的技術將感測訊號解出，然而，如此設計感測訊號的解析度會受限於可調式費比伯洛光濾波器與電子電路的設計。

John W. Berthold 等人之美國專利第5,845,033號之文獻：Fiber optical sensing system for



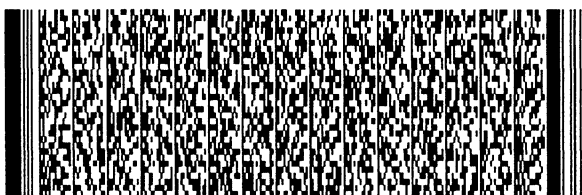
## 五、發明說明 (2)

monitoring restrictions in hydrocarbon production systems, 係藉由光纖布拉格光柵感測系統設計, 作為碳氫化合物之監測, 經由此專利之提出可知: 光纖感測器之商業價值甚高, 因此極具實用性。

Alan D. Kersey 等人之美國專利第5,748,312 號文獻: Sensing apparatus and method for detecting strain between fiber bragg grating sensors inscribed into an optical fiber, 係藉由多個光纖布拉格光柵串接所設計感測系統, 此技術可同時監測多點物理量, 如壓力和溫度等等, 經由此專利之提出可知: 光纖感測器之溫度可應用於大範圍之感測, 因此極具商業性。

Michael A. Sapack 等人之美國專利第6,072,567 號文獻: Vertical seismic profiling system having vertical seismic profiling optical signal processing equipment and fiber bragg grating optical sensors, 係使用光纖布拉格光柵所設計的地震感測系統, 由於台灣正處於地震帶, 此項專利之提出可知: 光纖感測器在應用方面極具潛力。

M. A. Putnam 於1997年Optical Fiber Conference (OFC'97) 研討會所提出: Sensor grating array demodulation using a passively mode-locked fiber sensor, 該論文提出以環狀光纖雷射結構串接多個光纖布拉格光柵的感測系統, 然而, 該論文所使用之雷射架



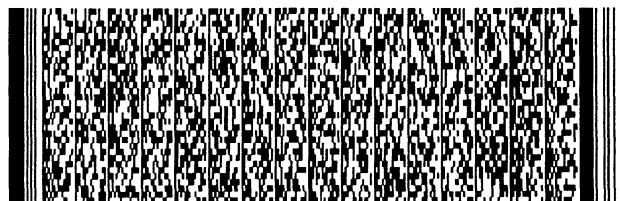
## 五、發明說明 (3)

構複雜且成本較為昂貴。

T. Kurashima 於1997年Integrated Optics and Optical Fibre Communications 研討會所提出：Distributed strain measurement using BOTDR improved by taking account of temperature dependence of Brillouin scattering power，該論文提出利用自發性布里淵散射技術作光纖分佈型應變與溫度感測，此種技術系統十分昂貴，較適合長距離的土木結構，如：高鐵、橋樑、及隧道等等。

G. A. Johnson 於2000年IEEE Journal of Lightwave Technology 第18卷，第8期，第1101~1105頁的論文中提到，以光纖布拉格光柵反射光頻譜的變化來分析溫度和壓力的變化量。此種光學設計使用可調式費比伯洛光濾波器 (Tunable Fabry-Perot filter) 作為掃頻元件，由於可調式費比伯洛光濾波器非常昂貴，使得系統架構成本十分高，而實際使用時會受限於成本考量。

Y. Yu 於2001年 IEEE Photonics Technology Letters 第13卷，第7期，第702~704頁的論文提出使用費比伯洛光濾波器所設計的掃頻雷射作為光源，再使用麥克森干涉 (Michelson interferometer) 光學技術使得在溫度的監測上更精確，但相對的由於使用光學干涉技術使得此光纖感測系統架設不易，因此，生產成本及技術層次都是此技術商品化的不利因素。



## 五、發明說明 (4)

發明目的：

有鑑於此，本發明提供一種應用光纖雷射架構的高解析度光纖布拉格光柵。

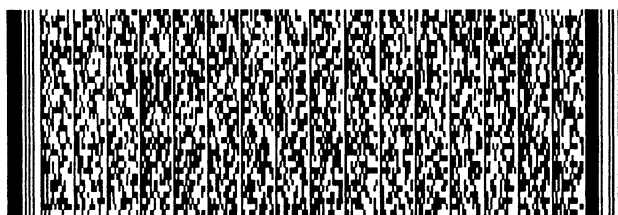
因此本發明之主要目的是提供一種輕便高靈敏度之感測系統。

本發明之另一目的是提供一種價格低廉分佈式之感測系統。

本發明之再一目的為提供一種多工獨立（不受電磁干擾）之感測系統。

發明概述：

本發明提供一種光纖布拉格光柵感測系統（Fiber Bragg Grating Sensor System），包含：一泵激雷射，係用以產生光源、一第一耦合器，係與該泵激雷射相連接、一感測單元係包含一第一光纖布拉格光柵，且該第一光纖布拉格光柵係與該第一耦合器相連接、一摻鉕光纖，係經由該第一耦合器與該第一光纖布拉格光柵相連接、一偏極控制器與一第二耦合器相連接，以形成一光纖迴路反射鏡、一第三耦合器係與該第二耦合器相連接，並與一第四耦合器以及一第五耦合器相連接、一第二光纖布拉格光柵，係與該第四耦合器相連接、一第三





## 五、發明說明 (5)

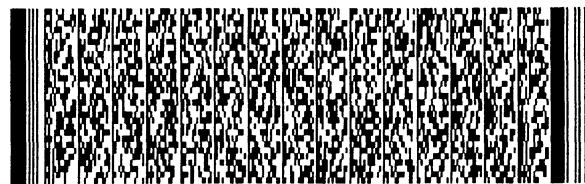
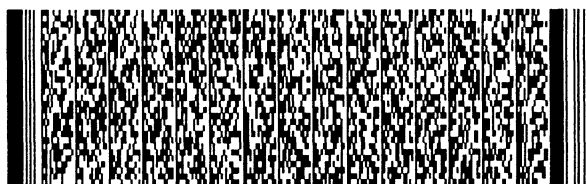
光纖布拉格光柵，係與該第五耦合器相連接、一第一光偵測器，係經由該第四耦合器與該第二光纖布拉格光柵相連接、一第二光偵測器，係經由該第五耦合器與該第三光纖布拉格光柵相連接、以及一微處理器，係與該第一光偵測器以及該第二光偵測器相連接。

詳細說明與較佳實施例：

有關本發明為達成上述之目的，所採用之技術、手段及具體結構特徵，茲舉較佳可行之實施例，並藉由圖示說明而更進一步揭示明瞭，詳如下述。

本發明提供一種利用光纖布拉格光柵結合光纖雷射架構所設計出的高解析度感測系統，目的是提供產業界或國防上所需的高精度的溫度或應變量測系統。請參考圖一，本發明揭露一種光纖布拉格光柵感測系統

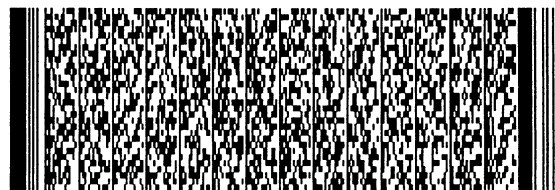
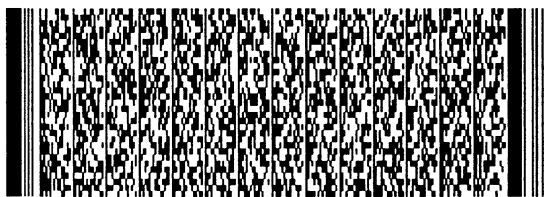
(Fiber Bragg Grating Sensor System)，包含一泵激雷射 (Pump Laser) 1，係用以產生光源、一第一耦合器 (Coupler) 2，係與該泵激雷射1相連接、一感測單元 (Sensor Unit) 3 係包含一第一光纖布拉格光柵 (Fiber Bragg Grating) 31，且該第一光纖布拉格光柵31係與該第一耦合器2相連接、一摻鉕光纖 (Erbium-Doped Fiber) 4，係經由該第一耦合器2與該第一光纖布拉格光柵31相連接、一偏極控制器 (Polarization controller) 51與一第二耦合器52相連接，以形成一光纖迴路反射鏡 (Fiber Loop Mirror) 5、一第三耦合器



## 五、發明說明 (6)

6 係與該第二耦合器52相連接，並與一第四耦合器61以及一第五耦合器62相連接、一第二光纖布拉格光柵7，係與該第四耦合器61相連接、一第三光纖布拉格光柵8，係與該第五耦合器62相連接、一第一光偵測器 (Photodetector) 9，係經由該第四耦合器61與該第二光纖布拉格光柵7相連接、一第二光偵測器10，係經由該第五耦合器62與該第三光纖布拉格光柵8相連接、以及一微處理器 (Microprocessor) 11，係與該第一光偵測器9以及該第二光偵測器10相連接。其中該第一耦合器2實質上係一分波多工耦合器。

進一步舉例來說，該泵激雷射1所產生之光源，其光功率為130mW，光波長係979.52nm（或者亦可用波長為1480nm泵激）。若在該感測單元3之光纖布拉格光柵31（其布拉格波長為1546.76nm）有些微之溫度或應變變化，經泵激摻鉍光纖後輸出之雷射光經由光纖迴路反射鏡5進入第三耦合器6，其中該光纖迴路反射鏡5係由該偏極控制器51與該第二耦合器52（其分光比為30：70）所形成的（其輸出之光頻譜圖式如圖三所示），且第二耦合器52實質上係為2對2光耦合器，而該第三耦合器6係為1對2光耦合器。第三耦合器6再連接第四耦合器61與第五耦合器62，因此雷射光經由該第三耦合器6來到第二光纖布拉格光柵7以及第三光纖布拉格光柵8，其中該第四耦合器61與第五耦合器62皆為1對2光耦合器（分光比為50：50）。最後，利用第一光偵測器9與第二光

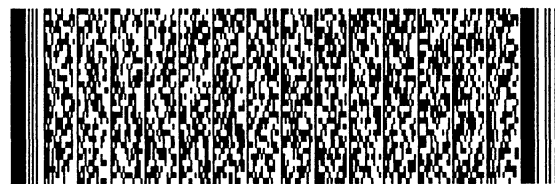
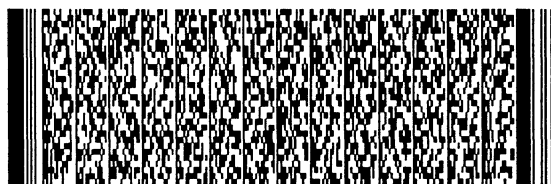


## 五、發明說明 (7)

偵測器10分別地偵測第二光纖布拉格光柵7與第三光纖布拉格光柵8之光波長反射功率，再由微處理器11讀取之後，作分析判別。

除了上述之單點量測高解析光纖布拉格光柵感測系統架構之外，本發明亦提供多點量測之光纖布拉格光柵感測系統架構。請參考圖二，一種多點量測之光纖布拉格光柵感測系統，包含一泵激雷射1，係用以產生光源、一第一耦合器2，係與該泵激雷射1相連接、至少一感測單元3，且每個感測單元3係分別地包含一第一光纖布拉格光柵31，且透過一光電開關12與該第一耦合器2相連接、一摻鉍光纖4，係經由該第一耦合器2與該第一光纖布拉格光柵31相連接、一偏極控制器51與一第二耦合器52相連接，以形成一光纖迴路反射鏡5、一第三耦合器6係與該第二耦合器52相連接，並與一第四耦合器61以及一第五耦合器62相連接、一第二光纖布拉格光柵7，係與該第四耦合器61相連接、一第三光纖布拉格光柵8，係與該第五耦合器62相連接、一第一光偵測器9，係經由該第四耦合器61與該第二光纖布拉格光柵7相連接、一第二光偵測器10，係經由該第五耦合器62與該第三光纖布拉格光柵8相連接、以及一微處理器11，係與該第一光偵測器9以及該第二光偵測器10相連接。其中該第一耦合器2實質上係一分波多工耦合器。

同樣地，舉例來說，該泵激雷射1所產生之光源，其光功率為130mW，光波長係979.52nm（或者亦可用波



## 五、發明說明 (8)

長為1480nm 泵激)。若任一該感測單元3之光纖布拉格光柵31(其布拉格波長為1546.76nm)有些微之溫度或應變變化,利用1對N光電開關12(其中N等於感測單元之數量)分時多工之方式達到多點量測之目的,經泵激摻鉕光纖後輸出之雷射光經由光纖迴路反射鏡5進入第三耦合器6,其中該光纖迴路反射鏡5係由該偏極控制器51與該第二耦合器52(其分光比為30:70)所形成的(其輸出之光頻譜圖式如圖三所示),且第二耦合器52實質上係為2對2光耦合器,而該第三耦合器6係為1對2光耦合器。第三耦合器6再連接第四耦合器61與第五耦合器62,因此雷射光經由該第三耦合器6來到第二光纖布拉格光柵7以及第三光纖布拉格光柵8,其中該第四耦合器61與第五耦合器皆為1對2光耦合器(分光比為50:50)。最後,利用第一光偵測器9與第二光偵測器10分別地偵測第二光纖布拉格光柵7與第三光纖布拉格光柵8之光波長反射功率,再由微處理器11讀取之後,作分析判別。

圖四為第二光纖布拉格光柵7與第三光纖布拉格光柵8對峰值規一化之反射光頻譜圖,其布拉格波長分別為1546.88nm 與1546.94nm,因為光纖布拉格光柵之反射光頻譜並非線性,因此本發明設計當溫度變化在0~25°C之間時觀察第二光纖布拉格光柵7之光功率變化,當溫度變化在25~40°C時觀察第三光纖布拉格光柵8之光功率變化,如此可有效地增加溫度量測範圍;除此之

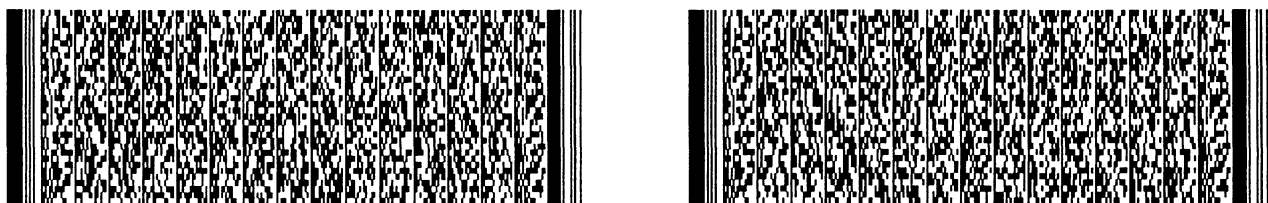


## 五、發明說明 (9)

外也可利用第二光纖布拉格光柵7與第三光纖布拉格光柵8之反射功率曲線不同，做即時的溫度監測。圖五為利用ILX Lightwave OMM-6810B光功率偵測器(其最小偵測功率為10-5mW)所偵測到的第二與第三光纖布拉格光柵的反射功率與溫度之關係圖，由於受限於溫控器之最小溫控能力，因此每隔0.5℃對光功率偵測一次，由內推法與光偵測器之最小偵測功率可推得，其溫度解析度可達到 $8.62 \times 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。由於光纖雷射功率之大小，乃取決於泵激雷射1之光功率，因此可藉由提高泵激雷射1功率，如此即可提高訊號與背景功率的比例，降低背景功率所造成量測上的干擾，更增加系統的解析度。

本發明所提供之「光纖布拉格光柵感測系統」，係運用一般光纖耦合器與光纖布拉格光柵所設計出的線性共振腔光纖雷射，由於線性共振腔光纖雷射有高功率輸出，高訊雜比，以此架構建構出的光纖感測系統，能大幅提高系統的解析度，為一合理完善之創作，不僅具備優良之實用性，而且在設計上屬前所未有的創新，具新穎性。

一般傳統式光纖布拉格光柵感測系統，係利用可調式費比伯洛光濾波器(Tunable Fabry-Perot filter)作為掃頻元件，將感測訊號從頻域轉換成時域，再利用電子電路的技術將感測訊號解出，然而，如此設計感測訊號的解析度會受限於可調式費比伯洛光濾波器與電子電路的設計。本發明所提供之「光纖布拉格光柵感測系



## 五、發明說明 (10)

統」，係應用光纖雷射架構的高解析度光纖布拉格光柵感測系統，利用光纖雷射的高功率輸出的優點，使用光纖布拉格光柵在不同光波長反射光功率的不同，監測光功率變化，提升感測訊號的解析度，也能即時監測感測訊號，不僅為一合理完善之創作，亦屬突破習知技術窠臼的高度發明，相當具有進步性。

再者，本發明之「光纖布拉格光柵感測系統」可廣泛運用於量測物理參數，並且能長時間監測。更可藉由應用光纖雷射的架構，作為遠距離溫度的監測系統，因此十分具有實用性。

綜上觀之，本案業已符合發明專利之各項申請要件，懇請 鈞局於以詳查，並賜予應得之發明專利，實為感禱。

雖然本發明已以較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟悉本技藝之人士，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可做些許之更動與潤飾，因此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

請參照下面本發明之詳細說明與較佳實施例，可更瞭解本發明，其圖式為：

圖一係本發明之一實施例示意圖；

圖二係本發明之另一實施例示意圖；

圖三係依據本發明之光纖迴路反射鏡輸出的光頻譜圖；

圖四係依據本發明之光纖布拉格光柵對峰值規一化之反射光頻譜圖；以及

圖五係本發明之光纖布拉格光柵的反射功率與溫度之關係圖。

主要元件符號說明：

泵激雷射-----1

耦合器-----2、52、6、61、62

光纖布拉格光柵-----31、7、8

摻鉍光纖-----4

光纖迴路反射鏡-----5

偏極控制器-----51

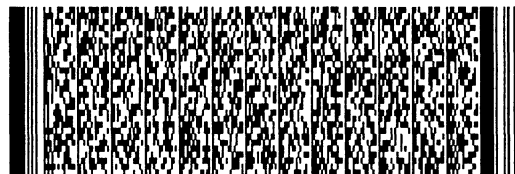
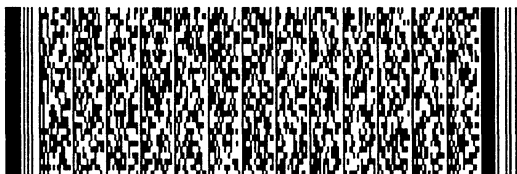
光偵測器-----9、10

微處理器-----11



## 六、申請專利範圍

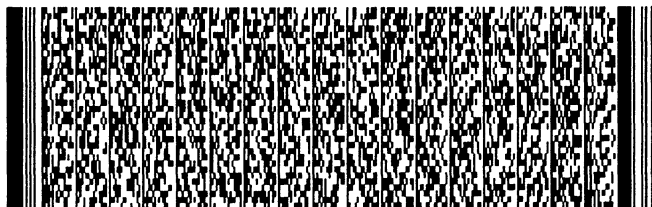
1. 一種光纖布拉格光柵感測系統 (Fiber Bragg Grating Sensor System) , 包含:
  - 一泵激雷射 (Pump Laser) , 係用以產生光源;
  - 一第一耦合器 (Coupler) , 係與該泵激雷射相連接;
  - 一感測單元 (Sensor Unit) 係包含一第一光纖布拉格光柵 (Fiber Bragg Grating) , 且該第一光纖布拉格光柵係與該第一耦合器相連接;
  - 一摻鉕光纖 (Erbium-Doped Fiber) , 係經由該第一耦合器與該第一光纖布拉格光柵相連接;
  - 一偏極控制器 (Polarization controller) 與一第二耦合器相連接, 以形成一光纖迴路反射鏡 (Fiber Loop Mirror) ;
  - 一第三耦合器係與該第二耦合器相連接, 並與一第四耦合器以及一第五耦合器相連接;
  - 一第二光纖布拉格光柵, 係與該第四耦合器相連接;
  - 一第三光纖布拉格光柵, 係與該第五耦合器相連接;
  - 一第一光偵測器 (Photodetector) , 係經由該第四耦合器與該第二光纖布拉格光柵相連接;
  - 一第二光偵測器, 係經由該第五耦合器與該第三光纖布拉格光柵相連接; 以及
  - 一微處理器 (Microprocessor) , 係與該第一光偵測器以及該第二光偵測器相連接。
2. 如申請專利範圍第1項之光纖布拉格光柵感測系統, 其中該第一耦合器實質上係一分波多工耦合器。





## 六、申請專利範圍

3. 如申請專利範圍第1項之光纖布拉格光柵感測系統，其中該第二耦合器實質上係2對2光耦合器。
4. 如申請專利範圍第1項之光纖布拉格光柵感測系統，其中該第三耦合器實質上係1對2光耦合器。
5. 如申請專利範圍第1項之光纖布拉格光柵感測系統，其中該第四耦合器實質上係1對2光耦合器。
6. 如申請專利範圍第1項之光纖布拉格光柵感測系統，其中該第五耦合器實質上係1對2光耦合器。
7. 如申請專利範圍第1項之光纖布拉格光柵感測系統，其中該泵激雷射所產生之光源，其光波長係980nm。
8. 如申請專利範圍第1項之光纖布拉格光柵感測系統，其中該泵激雷射所產生之光源，其光波長係1480nm。
9. 一種光纖布拉格光柵感測系統 (Fiber Bragg Grating Sensor System)，包含：
  - 一泵激雷射 (Pump Laser)，係用以產生光源；
  - 一第一耦合器 (Coupler)，係與該泵激雷射相連接；
  - 至少一感測單元，且每個感測單元係分別地包含一第一光纖布拉格光柵 (Fiber Bragg Grating) 透過一光電開關與該第一耦合器相連接；
  - 一摻鉕光纖 (Erbium-Doped Fiber)，係經由該第一耦合器與該第一光纖布拉格光柵相連接；
  - 一偏極控制器 (Polarization controller) 與一第二耦合器相連接，以形成一光纖迴路反射鏡 (Fiber Loop Mirror)；



## 六、申請專利範圍

一 第三耦合器係與該第二耦合器相連接，並與一第四耦合器以及一第五耦合器相連接；

一 第二光纖布拉格光柵，係與該第四耦合器相連接；

一 第三光纖布拉格光柵，係與該第五耦合器相連接；

一 第一光偵測器 (Photodetector)，係經由該第四耦合器與該第二光纖布拉格光柵相連接；

一 第二光偵測器，係經由該第五耦合器與該第三光纖布拉格光柵相連接；以及

一 微處理器，係與該第一光功率偵測器以及該第二光功率偵測器相連接。

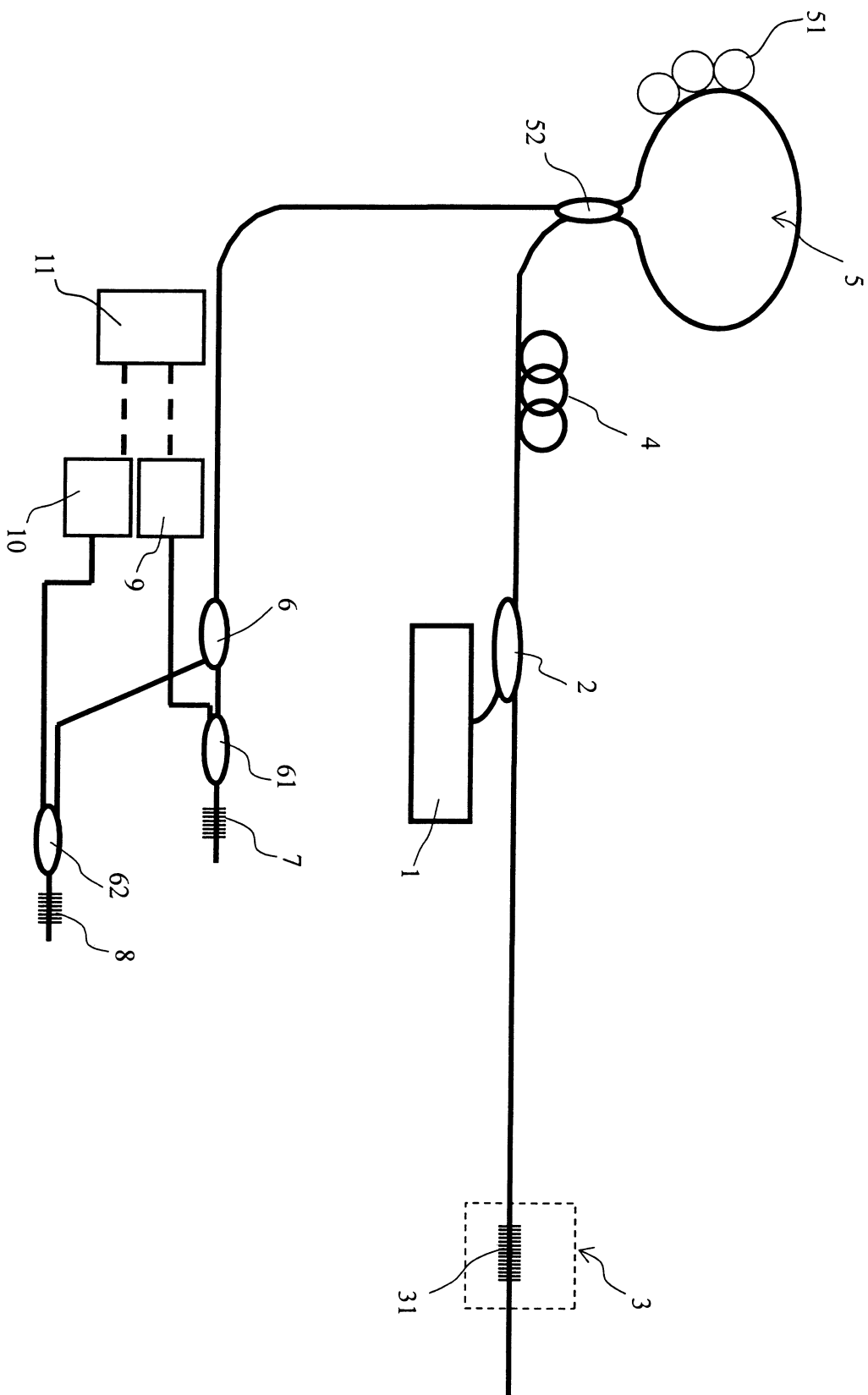
10. 如申請專利範圍第9項之光纖布拉格光柵感測系統，其中該第一耦合器實質上係一分波多工耦合器。
11. 如申請專利範圍第9項之光纖布拉格光柵感測系統，其中該第二耦合器實質上係2對2光耦合器。
12. 如申請專利範圍第9項之光纖布拉格光柵感測系統，其中該第三耦合器實質上係1對2光耦合器。
13. 如申請專利範圍第9項之光纖布拉格光柵感測系統，其中該第四耦合器實質上係1對2光耦合器。
14. 如申請專利範圍第9項之光纖布拉格光柵感測系統，其中該第五耦合器實質上係1對2光耦合器。
15. 如申請專利範圍第9項之光纖布拉格光柵感測系統，其中該泵激雷射所產生之光源，其光波長係980nm。
16. 如申請專利範圍第9項之光纖布拉格光柵感測系統，



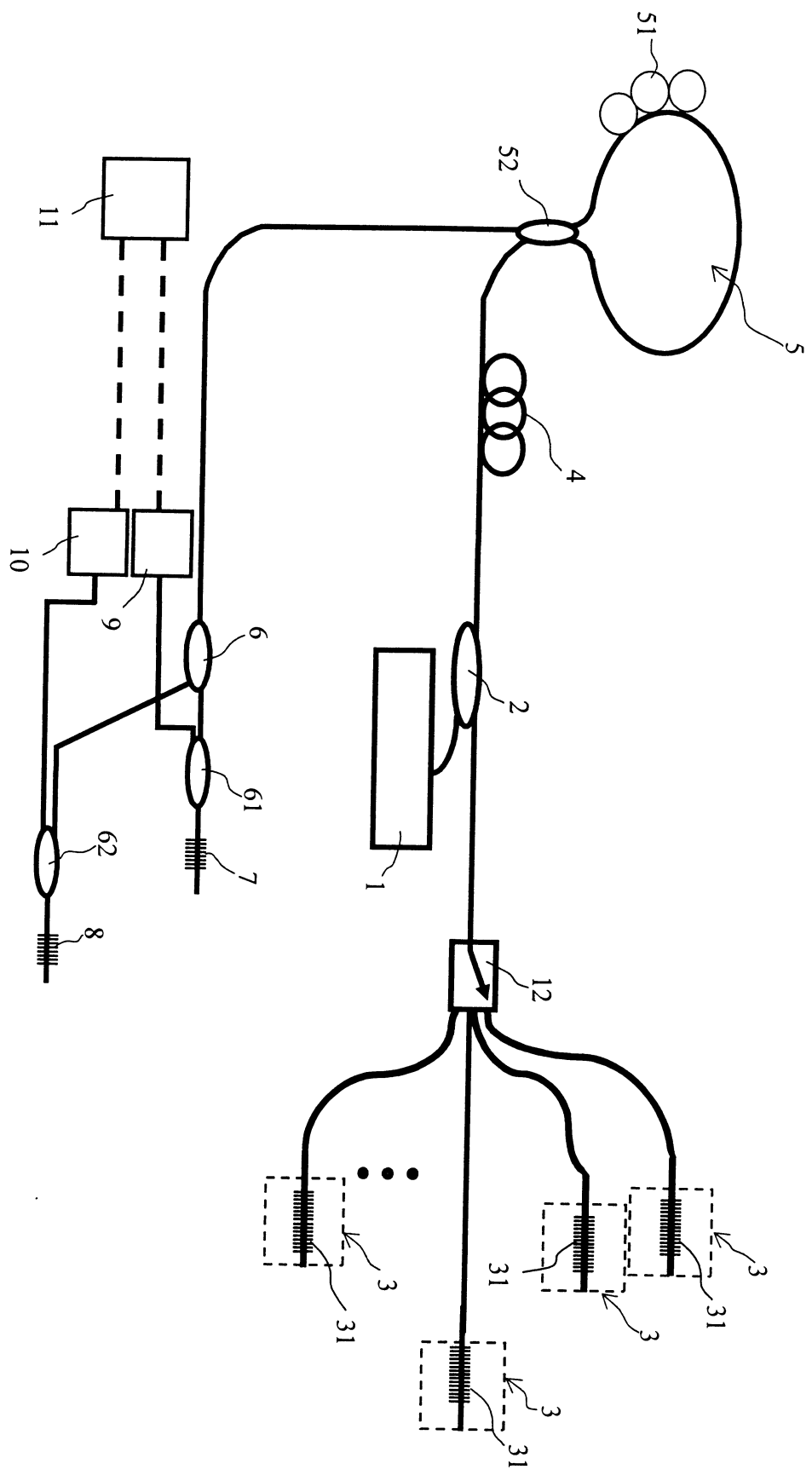
六、申請專利範圍

其中該泵激雷射所產生之光源，其光波長係1480nm。

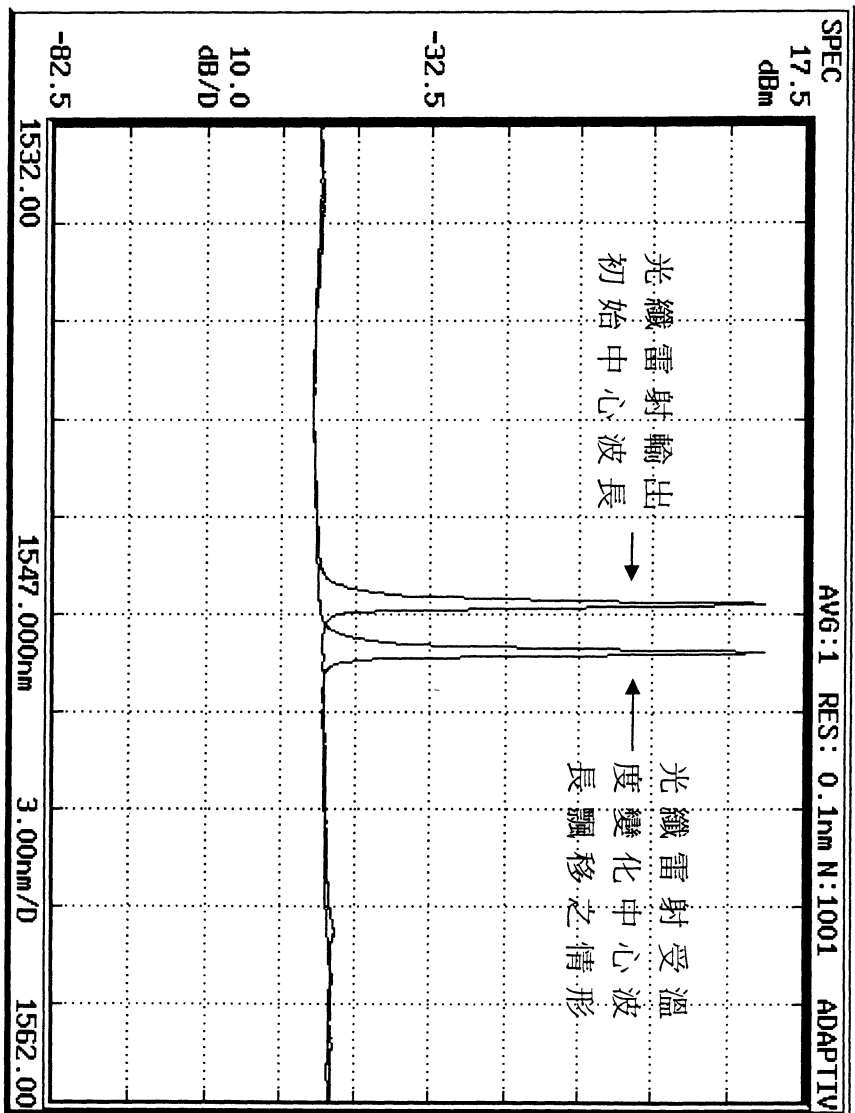




圖一

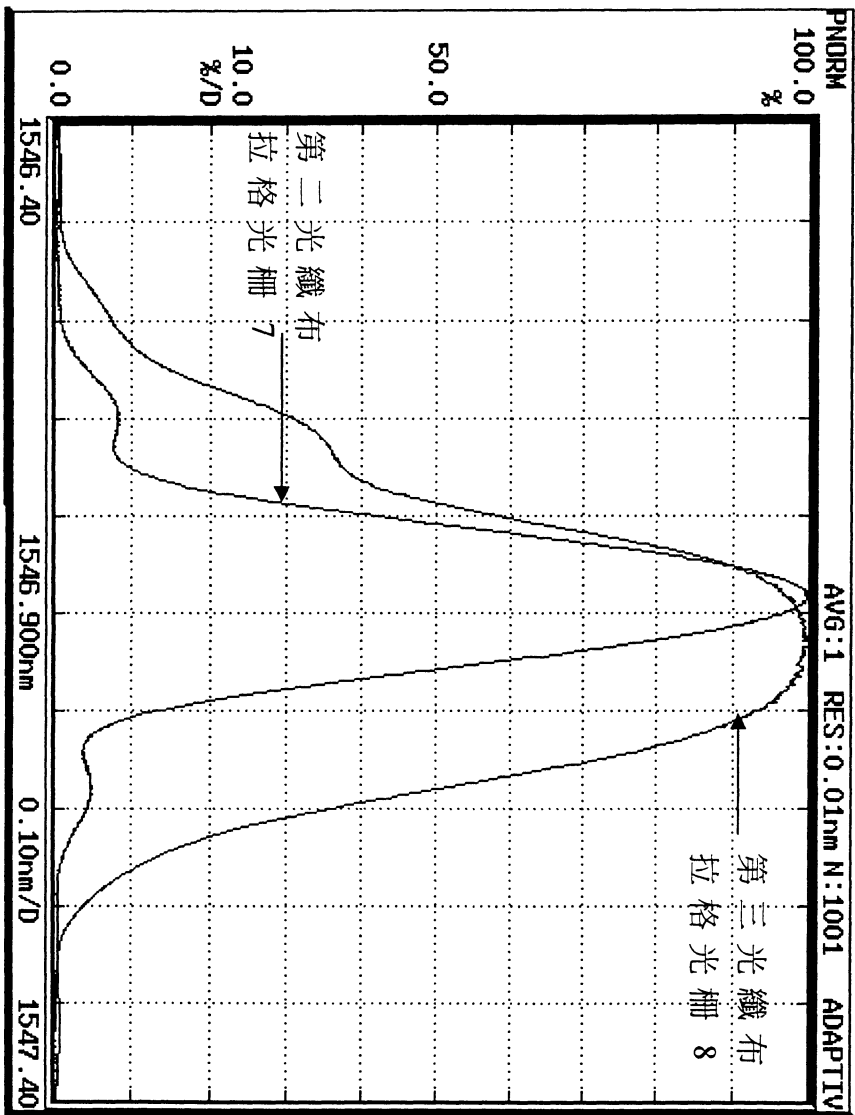


圖二



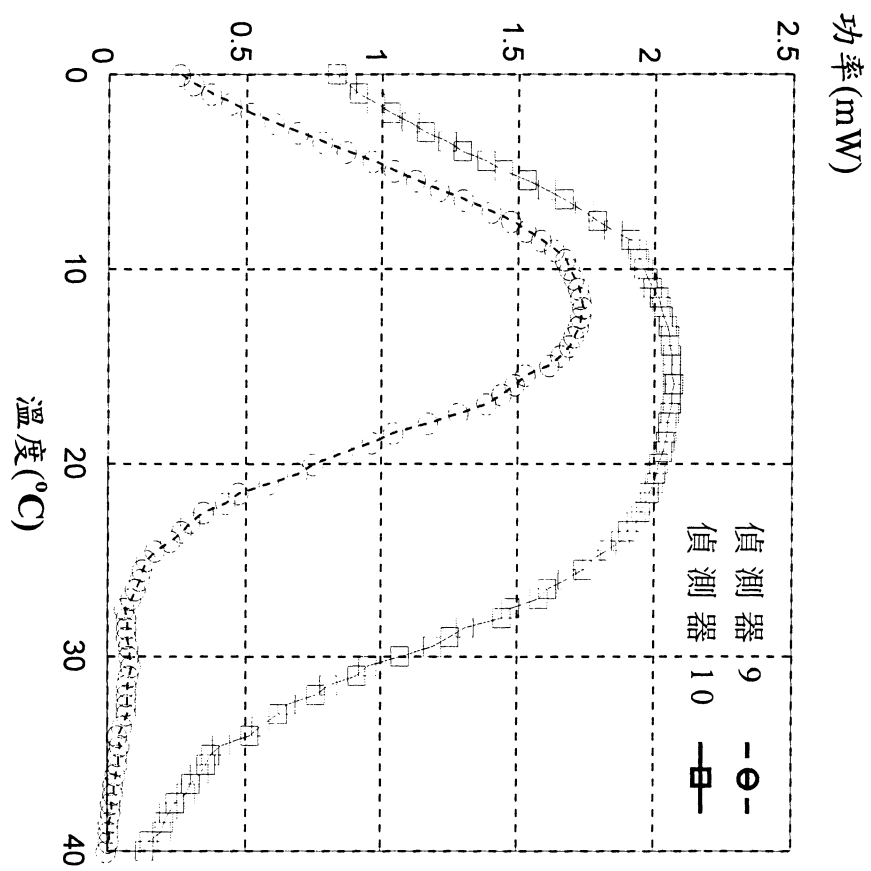
圖三

反射光功率 (%)



波長 (nm)

圖四



圖五