

年 月 日

修正修正 92.5.27  
本 年 月 日  
補充

申請日期：90.11.30

IPC分類

申請案號：90129694

G01K 1/32, G02B 6/00, G01J 3/00

(以上各欄由本局填註)

# 發明專利說明書

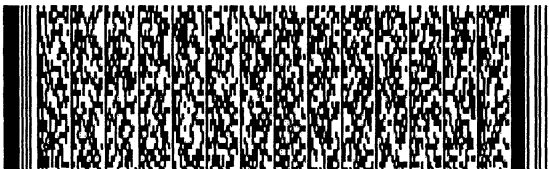
542908

一、 發明名稱	中文	在溫度分佈量測中達到改善空間解析度的訊號處理方法
	英文	

公告本

二、 發明人 (共3人)	姓名 (中文)	1. 祁姓 2. 李健仲 3. 蔣博文
	姓名 (英文)	1. 2. 3.
	國籍 (中英文)	1. 中華民國 ROC 2. 中華民國 ROC 3. 中華民國 ROC
	住居所 (中文)	1. 新竹市東區豐功里25鄰建中一路25號9樓之1 2. 花蓮市裕祥路40號 3. 高雄縣林園鄉林園南路54號
	住居所 (英文)	1. 2. 3.

三、 申請人 (共1人)	名稱或姓名 (中文)	1. 國立交通大學
	名稱或姓名 (英文)	1.
	國籍 (中英文)	1. 中華民國 ROC
	住居所 (營業所) (中文)	1. 新竹市大學路1001號 (本地址與前向貴局申請者不同)
	住居所 (營業所) (英文)	1.
	代表人 (中文)	1. 張俊彥
代表人 (英文)	1.	



## 一、本案已向

國家(地區)申請專利	申請日期	案號	主張專利法第二十四條第一項優先權
------------	------	----	------------------

無

二、主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

申請案號：

無

日期：

三、主張本案係符合專利法第二十條第一項第一款但書或第二款但書規定之期間

日期：

四、有關微生物已寄存於國外：

寄存國家：

寄存機構：

無

寄存日期：

寄存號碼：

有關微生物已寄存於國內(本局所指定之寄存機構)：

寄存機構：

寄存日期：

無

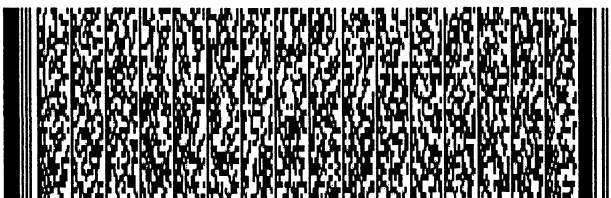
寄存號碼：

熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

## 四、中文發明摘要 (發明名稱：在溫度分佈量測中達到改善空間解析度的訊號處理方法)

本發明係提出一種在溫度分佈量測中達到改善空間解析度的訊號處理方法，其係使用短取樣間隔及寬脈波寬度的雷射光源，並結合分解布里淵頻譜的訊號處理方法，將量取光脈波進入感測光纖及過渡重疊區域時之頻譜資料，並利用該等頻譜與加重因子值之關係式求得該脈波真正進入感測光纖中的長度，進而推算出實際溫度變化的位置；最後再利用該位置推導得到一對應於實際感測溫度之布里淵頻譜之頻率漂移值，以藉此得到一感測溫度分佈。本發明不需要短脈波寬度即可達到高空間及高溫度解析度之功效，並同時適用於短或長感測範圍的分佈型溫度量測。

## 六、英文發明摘要 (發明名稱：)



## 五、發明說明 (1)

## 發明領域：

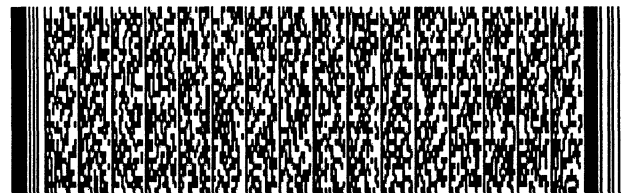
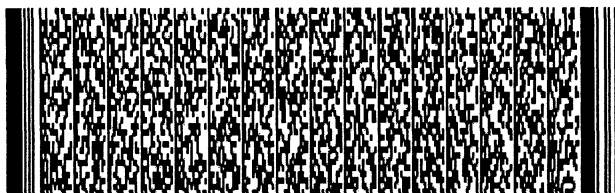
本發明係有關一種利用自發性布里淵散射 (Spontaneous Brillouin Scattering) 技術之分佈型光纖溫度感測，特別是關於一種利用頻譜分解技術結合自發性布里淵散射在溫度分佈量測中達到改善空間解析度 (spacer resolution) 的訊號處理方法。

## 發明背景：

按，分佈型光纖感測係利用光纖線狀和光學的特性達到分佈式感測的目的者，可應用於諸多場合，如監測隧道中、橋樑上、飛機上、水壩及各種建築物中的溫度及應變等，以保障人們安全。

要達到分佈感測的方法有兩種：一種是在整條路線上每幾公尺放置一個單點感測器，此種方式將使得系統變得很複雜；另一種則是利用分佈型感測器來得到分佈資料，較佳者為使用一條光纖，並沿著此光纖去量測與待測物理量有關的光訊號特性，此時光纖不但為主動、靈敏的元件，亦是被動、傳送資訊的媒介，且由於光纖擁有不受電磁干擾 (EMI) 影響、體積小、損耗小等優點，使得光纖成為分佈型感測技術中不可或缺的角色。

由於布里淵頻率漂移值 ( $\nu_B$ ) 與加在光纖上的應變與溫度有關，故可從量測到的  $\nu_B$  改變量中得知加在光纖上應變與溫度的分佈，而在利用布里淵效應達成之分佈型溫度感測系統中，若改善的空間解析度愈多，代表量測出的溫度分佈愈接近實際的光纖溫度分佈。其中所謂空間解析度



## 五、發明說明 (2)

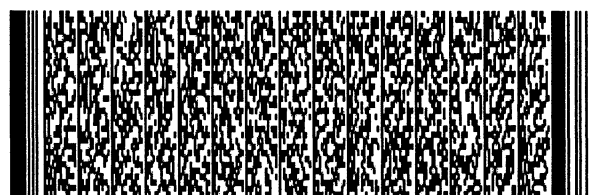
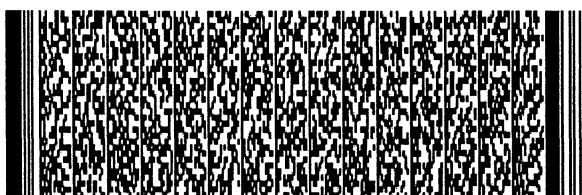
係指待測光纖從未加溫到實際溫度有一段上升距離，而此段上升距離中，從真正溫度變化量的10%上升到90%所需的距離，即定義為空間解析度。習知為了要達到更高的空間解析度，通常使用短脈波寬度的雷射光來完成者，其中一個方法為利用4 ns脈波寬度的脈波，量測每部份都擁有均勻應變和相同長度的待測光纖，可達到40公分的空間解析度；另一種方法則是利用5 ns寬度的脈波量測，並使用合成頻譜的處理技術達到25公分的空間解析度。此外，亦有利用3.5 ns寬度的脈波量測光強度比值 (Landau-Placzek ratio, LPR)，達到35公分的空間解析度、43°C的溫度解析度及1公里的感測範圍。

但是，上述方法都必須使用短脈波寬度的雷射光，此種利用20 ns以下脈波寬度的脈波量測布里淵頻譜時，將會導致SNR降低，造成動態範圍變小、感測距離受限，以及頻譜寬度變寬所造成的布里淵頻率漂移值不穩定，溫度解析度或應變解析度低等不良影響，因此，利用縮短脈波寬度來達到高空間解析度之方法顯然是不適用的。

有鑑於此，本發明即在提出一種可在溫度分佈量測中達到改善空間解析度的訊號處理方法，以有效克服上述之缺失。

## 發明目的與概述：

本發明之主要目的係在提出一種利用分解布里淵頻譜的技術，結合自發性布里淵的溫度分佈感測來改善空間解析度的訊號處理方法，以達到高空間解析度、高溫度解析



## 五、發明說明 (3)

度及長感測範圍的分佈型溫度量測，俾使量測到的溫度變化位置愈接近實際發生溫度變化的位置。

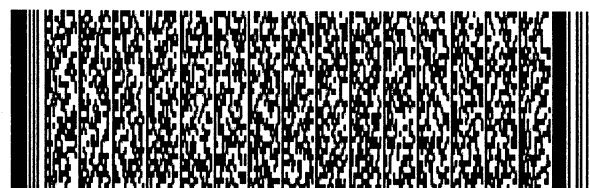
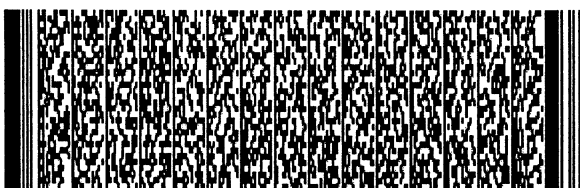
本發明之另一目的係在提出一種不需要短脈波寬度，即可在溫度分佈量測中達到改善空間解析度的訊號處理方法，其係具有動態範圍大之優點，並同時適用於短距離及長距離的溫度分佈範圍。

本發明之方法係先提供一感測光纖，並有一寬脈波寬度之雷射光脈波進入該感測光纖內，讀取對應於參考溫度之布里淵頻譜 $A(t_0)$ ；在過渡重疊區域內量測取得至少二點位置之頻譜資料 $A(t_1)$ 、 $A(t_2)$ ；利用該等頻譜與加重因子值 $W(t_i - t_d)$ 之關係式求得一脈波真正進入感測光纖中的長度 $d$ ，進而推算出實際溫度變化的位置；再透過長度 $d$ 及其對應之加重因子值 $W(t_i - t_d)$ ，與頻譜 $A(t_0)$ 與 $A(t_1)$ 或 $A(t_2)$ 間的關係式推導出一對應於實際感測溫度之布里淵頻譜 $B$ 及其布里淵頻率漂移值，以利用布里淵頻率漂移值得到一長距離之感測溫度分佈。

底下藉由具體實施例配合所附的圖式詳加說明，當更容易瞭解本發明之目的、技術內容、特點及其所達成之功效。

## 詳細說明：

本發明係使用長脈波寬度的雷射光源，並利用分解自發性布里淵頻譜的訊號處理技術，可達到高解析度及長感測範圍的溫度分佈量測，並且可將空間及位置解析度提升至公尺等級。



## 五、發明說明 (4)

本發明係可利用布里淵光纖時域反射計 (Brillouin optical-time-domain reflectometer, 簡稱BOTDR) 來量測沿著光纖之自發性布里淵頻譜, 當入射光脈波通過光纖中溫度不均勻區域時, 其反射光的特性將有所改變, 此時即可從反射光特性的改變量得知入射光脈波所通過區域的溫度。假如在光纖區域中之溫度為不一致的, 則一合成的布里淵頻譜係由兩區域之頻率域訊號 (frequency-domain signals) 所組成, 其係在移動之光脈波通過該兩區域之重疊區域 (overlapped area) 中觀察得知的。

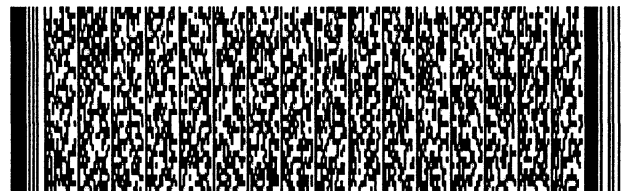
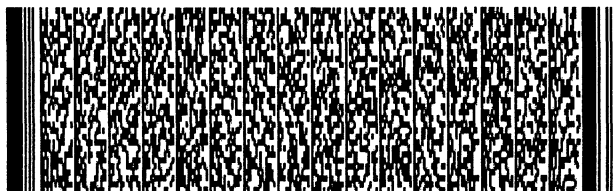
在此定義一光脈波進入一光纖區域中之長度為 $d$ , 其移動時間為 $t_d$ , 且量測到的布里淵頻譜為 $A(t_i)$ , 其中 $t_i > t_d > t_0$  ( $t_0 = t_i -$  取樣間隔), 並可由分解該量測到的布里淵頻譜而得到在此光纖區域之實際布里淵頻譜, 該下標符號 $i$ , 表示在此光纖區域中布里淵散射光波的取樣序列。當在此光纖區域中實際的布里淵頻譜輪廓為 $B$ , 則實際布里淵頻譜 $B$ 與 $A(t_i)$ 之間的關係可表示為:

$$A(t_0) \cdot [1 - W(t_i - t_d)] + B \cdot [W(t_i - t_d)] = A(t_i) \quad \text{且 } t_i - t_d < d / (c/n) \quad (1)$$

$$A(t_0) \cdot [1 - W(t_i - t_d) + W(t_i - t_d - d \cdot n/c)] + B \cdot [W(t_i - t_d) - W(t_i - t_d - d \cdot n/c)] = A(t_i)$$

$$\text{且 } (c/n) \leq t_i - t_d \leq \text{脈寬} \quad (2)$$

其中, 上列中之 $C$ 為在真空中之光速,  $n$ 為折射率,  $d$ 值為有溫度變化的光纖長度, 且加重因子值 $W(t_i - t_d)$ 係介於 $0 \sim 1$ 之間, 且該加重因子值 (Weighting factor) 係由光脈波形狀及重疊時間所決定者, 因此, 將在重疊區域所量測到的布里淵頻譜代入上述之公式(1)及(2), 即可得到移動時間 $t_d$ 、進入長度 $d$ 與實際頻譜 $B$ 。當時間取樣夠短,



## 五、發明說明 (5)

且可滿足  $t_2 - t_d < d/(c/n)$ ，則由公式(1)及公式(2)可以推導得到如下之關係式：

$$A(t_0) \cdot \left[ 1 - W(t_i - t_d) + \frac{W(t_2 - t_d) \cdot (1 - W(t_1 - t_d))}{W(t_1 - t_d)} \right] + A(t_1) \cdot \frac{W(t_2 - t_d)}{W(t_1 - t_d)} - A(t_2) = 0 \quad (3)$$

再將公式(3)代入公式(1)或公式(2)即可得到該實際布里淵頻譜B之關係式：

$$B = \frac{A(t_1) - A(t_0) \cdot (1 - W(t_1 - t_d))}{W(t_1 - t_d)} \quad (4)$$

在推論出上列之公式後，接續說明本發明在溫度分佈量測中達到改善空間解析度的訊號處理方法，其係包括下列步驟：首先提供一感測光纖，並有一長脈波寬度的雷射光脈波進入該感測光纖內，讀取對應於參考溫度之布里淵頻譜  $A(t_0)$ ；接著在過渡重疊區域內量測取得二點位置之頻譜資料，因在該重疊區域內所量測到的布里淵頻率漂移值係隨著距離而增加，故可得到布里淵頻譜  $A(t_1)$ 、 $A(t_2)$ ；再將該布里淵頻譜  $A(t_0)$ 、 $A(t_1)$ 、 $A(t_2)$  與加重因子值  $W(t_i - t_d)$  代入公式(3)，即求得一脈波真正進入該感測光纖中的長度  $d$  及移動時間  $t_d$  而推算出實際溫度變化的位置。

最後再利用該長度  $d$  及移動時間  $t_d$  代入公式(4)，以得到一對應於實際感測溫度之布里淵頻譜  $B$  及其布里淵頻率漂移值  $\nu_B$ ；並利用該布里淵頻率漂移值  $\nu_B$  得到沿著光纖的感測溫度，進而得知整段光纖的溫度分佈。由於空間解析度的定義為從未加熱區域到加熱區域10%至90%之上升





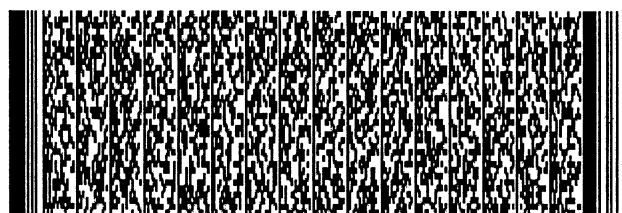
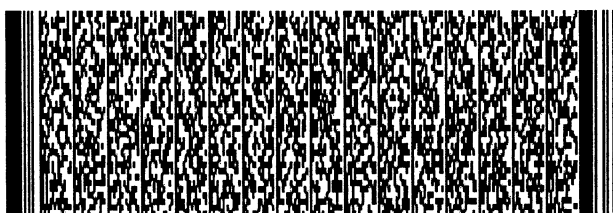
## 五、發明說明 (6)

時間，故由  $(t_d - t_0)$  就可以決定，並與布里淵光纖時域反射計 (Brillouin optical-time-domain reflectometer, 簡稱BOTDR) 所使用的光脈波寬度無關，所以使用短取樣間隔及寬脈波寬度的雷射光源，並結合分解布里淵頻譜的訊號處理方法，就可以達到高空間解析度及長感測範圍的溫度分佈量測。

至此，本發明之精神已說明完畢，以下特以一具體範例來驗證說明上述之原理，並使熟習此項技術者將可參酌此範例之描述而獲得足夠的知識而據以實施。

本發明所揭露之方法係可應用於實際長距離之溫度分佈感測，並達到高空間解析度。第一圖係為一個用以驗證本發明之可行性的實驗架構，如圖所示，在此驗證之實施例中，係採用一個具有1554nm操作波長之布里淵光纖時域反射計 (Brillouin optical-time-domain reflectometer, 簡稱BOTDR) 來量測整段標準單模光纖

(standard single-mode fiber, SMF) 長度的自發性布里淵頻譜。在此溫度量測中，包含待測SMF的三部份及光開關方塊 (optical switch box)，如第一(a)圖所示，圖中所示之光學開關方塊係由一對1×5的光開關與五段長度分別為1.20、1.72、2.18、2.71及3.18公尺 (m) 的光纖所組成者；最開始的9.473公里 (km) 的SMF放置在一光纖盤上，再將接續放鬆的20m SMF作為參考光纖，最後的50m感測用SMF放置於溫箱中。此時，BOTDR的各種參數設定依序為：波長為1554.119nm、輸出峰值功率值為23dBm、脈波寬度100ns、平均次數為 $2^{15}$ 、取樣頻率間隔為



## 五、發明說明 (7)

5MHz、取樣解析度為2m，來量測整段光纖的 $\nu_B$ 值分佈。如第二圖所示即為比較該50m感測用SMF與20m參考光纖之布里淵頻率漂移值的平均變化量( $\Delta\nu_B$ )與溫度改變量( $\Delta T$ )之間的關係，由該等資料可以得到，本實施例所使用SMF的布里淵頻率漂移之溫度係數測定為0.934 MHz/°C，此外，我們亦可以得到使用該50m感測用SMF之溫度解析度係小於1°C。

第三圖所示為BOTDR設定在100ns脈波寬度時所量測到之光脈波形狀及其進入感測光纖時，對應的加重因子值(Weighting factor,  $W(t_i - t_d)$ )與重疊時間( $t_i - t_d$ )之關係，由圖中可以明顯地發現，光脈波的上升/下降時間皆低於5ns，且加重因子值除了在此上升/下降兩段區間之外，都與進入感測光纖的長度有著線性關係。為了證明利用這種訊號處理的方法可以在溫度量測中達到公尺等級以下的位置及空間解析度，實驗架構及設定除了BOTDR的取樣解析度設定為1m之外，其餘都與第一(a)圖中的設定相同。

藉由切換該對1×5的光開關，50m感測光纖位置就會有各間隔50cm的變化，除此之外，溫箱中的溫度設定為45°C，作為參考溫度的室溫為22°C。在第一(a)圖的架構中，藉由光開關的切換，加入不同的光纖長度後，即可量測到光脈波所佔不同參考及感測光纖比例的布里淵頻譜，因此，在每種情況下的50m感測光纖的位置，即可將量測結果代入公式(3)後得知。第四圖所示為在1.2m的加入長度光纖長度參考下，利用分解布里淵頻譜的方法得到50m

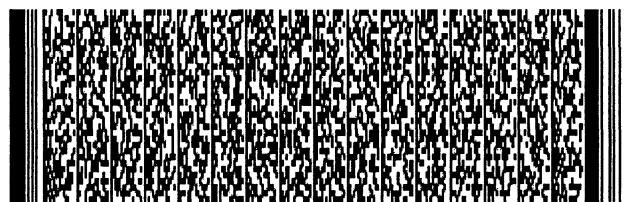


## 五、發明說明 (8)

感測光纖的位置對應於加入光纖長度改變量  $\Delta L$  的關係圖，由第四圖中可以觀察到，感測光纖位置的誤差在  $\pm 10\text{cm}$  之內。

為了要更進一步確定可達到公尺等級以下的空間解析度，係將溫箱的溫度設定為  $45.2$  及  $47.3^\circ\text{C}$ ，參考用的室溫為  $24^\circ\text{C}$ ，並且將光開關方塊移去。第五圖所示為沿著光纖量測到的及計算出的  $\nu_B$  變化以及其對應的溫度，量測到的  $\nu_B$  變化曲線中，從未加熱區到加熱區的  $10\%/90\%$  上升時間（亦定義為空間解析度）在  $45.2$  及  $47.3^\circ\text{C}$  時，分別為  $8\text{m}$  及  $8.5\text{m}$ ，然而，從圖中可以看出，在計算出的  $\nu_B$  變化曲線中，空間解析度改善到  $20\text{cm}$ ，且對應的溫度誤差也在  $\pm 0.5^\circ\text{C}$  之內。結果，以  $100\text{ns}$  脈波寬度的雷射光源，在  $9500\text{m}$  的標準單模光纖感測範圍，利用這種分解布里淵頻譜的訊號處理方法，可同時達到  $20\text{cm}$  的空間及位置解析度以及  $1^\circ\text{C}$  的溫度解析度。

為了證明這個方法應用於短感測長度的彈性，本發明使用  $1\text{m}$  的感測光纖，其架構如第一(b)圖所示，在此實驗架構中，待測的SMF分為四部份，最開始的  $9.473\text{km}$  SMF 放置在一光纖盤上，接下來放鬆的  $28\text{m}$  SMF 為參考光纖， $1\text{m}$  SMF 為感測光纖放置在溫箱中，最後是放鬆的  $20\text{m}$  SMF，且該BOTDR的參數設定與之前的實驗參數相同。第六圖所示為溫箱溫度在  $45.1$  及  $47.1^\circ\text{C}$ ，且參考溫度為  $20^\circ\text{C}$  時，沿著光纖量測到的  $\nu_B$  變化，以及利用本發明之方法計算後解出的溫度，將量測結果代入公式(3)及公式(4)後，得到  $1\text{m}$  感測用光纖在  $45.1$  及  $47.1^\circ\text{C}$  兩種溫度的位置 ( $t_d$ ) 分別為

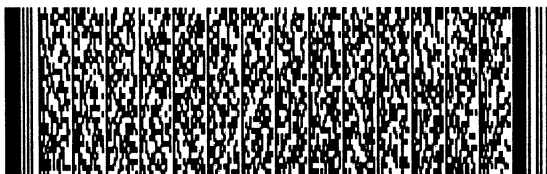


## 五、發明說明 (9)

9501.7 m 及 8501.6 m，感測長度皆為 1.1m，且計算出在 45.1 及 47.1 °C 兩種溫度的感測溫度則分別為 45.0 及 47. °C。因此，以 100ns 脈波寬度的雷射光源，並利用這種分解布里淵頻譜的訊號處理方法，係可達到 20cm 的空間解析度，1 °C 的溫度解析度。以及 9500m 的感測長度。

職是，本發明係利用分解布里淵頻譜的技術，結合自發性布里淵的溫度分佈感測來改善空間解析度的訊號處理方法，無須使用習知之短脈波寬度，即可在溫度分佈量測中達到改善空間解析度之目的者，俾使量測到的溫度變化位置愈接近實際發生溫度變化的位置，且其係具有動態範圍大之優點，並同時適用於短距離及長距離的溫度分佈範圍。

以上所述之實施例及實驗僅係為說明本發明之技術思想及特點，其目的在使熟習此項技藝之人士能夠瞭解本發明之技術內容並據以實施，當不能以之限定本發明之專利範圍，即大凡依本發明所揭示之精神所作之均等變化或修飾，仍應涵蓋在本發明之專利範圍內。



## 圖式簡單說明

圖式說明：

第一圖為本發明利用分解布里淵頻譜的方法改善空間解析度之架構圖，其中(a)圖為長感測範圍的實驗架構示意圖，而(b)圖則為短感測範圍的實驗架構示意圖。

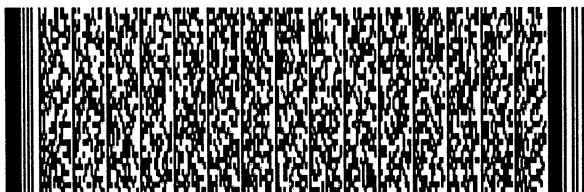
第二圖為比較感測光纖與參考光纖之布里淵頻率漂移值的平均變化量 ( $\Delta \nu_B$ ) 與溫度改變量 ( $\Delta T$ ) 之間的關係圖。

第三圖為100ns的脈波形狀及其對應之加重因子值關係圖。

第四圖為本發明計算出的感測區位置對於實際加入光纖長度改變量之關係圖。

第五圖為本發明在長感測長度下，量測到的布里淵頻率漂移值 ( $\nu_B$ ) 改變量及計算結果。

第六圖為本發明在短感測長度下，量測到的布里淵頻率漂移值 ( $\nu_B$ ) 改變量及計算結果。



## 六、申請專利範圍

1. 一種在溫度分佈量測中達到改善空間解析度的訊號處理方法，其係包括下列步驟：

首先提供一感測光纖，並有一雷射光脈波進入該感測光纖內，讀取對應於參考溫度之布里淵頻譜 $A(t_0)$ ；

在過渡區內量測取得至少二點位置之頻譜資料，以得到布里淵頻譜 $A(t_1)$ 、 $A(t_2)$ ；

利用該布里淵頻譜 $A(t_0)$ 、 $A(t_1)$ 、 $A(t_2)$ 與加重因子值 $W(t_i - t_d)$ 之關係求得一脈波真正進入該感測光纖中的長度 $d$ 而推算出實際溫度變化的位置；

透過該長度 $d$ 及其對應之加重因子值 $W(t_i - t_d)$ ，與頻譜 $A(t_0)$ 與 $A(t_1)$ 或 $A(t_2)$ 之間的關係可推導出一對應於實際感測溫度之布里淵頻譜 $B$ 及其布里淵頻率漂移值 $\nu_B$ ；以及

利用該布里淵頻率漂移值 $\nu_B$ 得到一感測溫度分佈。

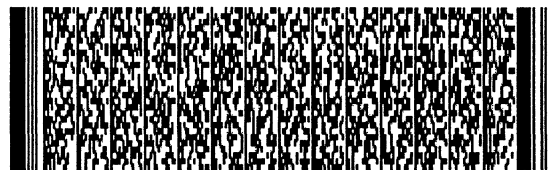
2. 如申請專利範圍第1項所述之訊號處理方法，其中該雷射光脈波係為一使用長脈波寬度的雷射光源。

3. 如申請專利範圍第1項所述之訊號處理方法，其中在該過渡區內所量測到的布里淵頻率漂移值係隨著距離增加，且得到布里淵頻譜 $A(t_1)$ 、 $A(t_2)$ 。

4. 如申請專利範圍第1項所述之訊號處理方法，其中該脈波進入該感測光纖中的長度 $(t_i - t_d)$ 與該布里淵頻譜 $A(t_0)$ 、 $A(t_1)$ 、 $A(t_2)$ 及加重因子值 $W(t_i - t_d)$ 之關係為：

$$A(t_0) \left[ 1 - W(t_i - t_d) + \frac{W(t_2 - t_d) \cdot (1 - W(t_1 - t_d))}{W(t_1 - t_d)} \right] + A(t_1) \cdot \frac{W(t_2 - t_d)}{W(t_1 - t_d)} - A(t_2) = 0$$

5. 如申請專利範圍第1項所述之訊號處理方法，其中該布

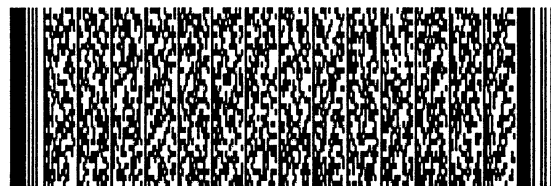
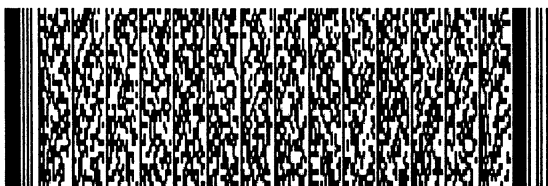


## 六、申請專利範圍

里淵頻譜B係由下列關係式求得：

$$B = \frac{A(t_1) - A(t_0) \cdot (1 - W(t_1 - t_d))}{W(t_1 - t_d)}$$

6. 如申請專利範圍第1項所述之訊號處理方法，其中該量測取得不同頻譜資料之取樣時間間隔需短至滿足 $t_2 - t_d < d / (c/n)$ ，其中d值為有溫度變化的感測光纖長度，c值為真空中之光速，n值則為折射率。
7. 如申請專利範圍第1項所述之訊號處理方法，其中該加重因子值 $W(t_i - t_d)$ 係介於0~1之間。
8. 如申請專利範圍第1項所述之訊號處理方法，其中取得之該頻譜資料係可先用二次多項式曲線近似之，以得到更精確之布里淵頻譜。
9. 一種在溫度分佈量測中達到改善空間解析度的訊號處理方法，其係包括下列步驟：
  - 讀取一參考光纖上所有的布里淵頻率漂移值 $\nu_B$ 並平均之，再建立一加重因子值對照表；
  - 提供一感測光纖，並有一雷射光脈波進入該感測光纖內，讀取對應於參考溫度之布里淵頻譜 $A(t_0)$ ；
  - 在過渡區內設定至少二點位置，並讀取該二點之頻譜資料，以得到布里淵頻譜 $A(t_1)$ 、 $A(t_2)$ ；
  - 利用該布里淵頻譜 $A(t_0)$ 、 $A(t_1)$ 、 $A(t_2)$ 及第一關係式推算出一脈波真正進入該感測光纖中的長度d而推導出實際溫度變化的位置；
  - 自該加重因子值對照表中得到該長度d值所對應之加重



## 六、申請專利範圍

因子值 $W(t_i - t_d)$ ，並利用第二關係式推導出一代表實際感測溫度之布里淵頻譜 $B$ 及其布里淵頻率漂移值 $\nu_B$ ；以及利用該布里淵頻率漂移值 $\nu_B$ 之分佈，得到一感測溫度分佈。

10. 如申請專利範圍第9項所述之訊號處理方法，其中該雷射光脈波係為一使用長脈波寬度的雷射光源。

11. 如申請專利範圍第9項所述之訊號處理方法，其中在該過渡區內所量測到的布里淵頻率漂移值係隨著距離增加，且得到布里淵頻譜 $A(t_1)$ 、 $A(t_2)$ 。

12. 如申請專利範圍第9項所述之訊號處理方法，其中該第一關係式係為：

$$A(t_0) \cdot \left[ 1 - W(t_i - t_d) + \frac{W(t_2 - t_d) \cdot (1 - W(t_1 - t_d))}{W(t_1 - t_d)} \right] + A(t_1) \cdot \frac{W(t_2 - t_d)}{W(t_1 - t_d)} - A(t_2) = 0$$

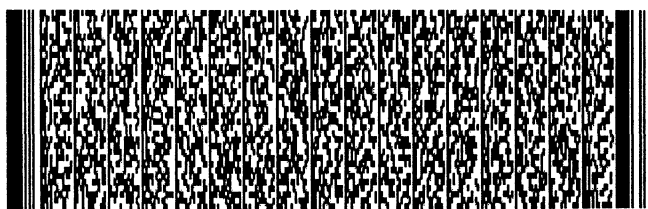
13. 如申請專利範圍第9項所述之訊號處理方法，其中該第二關係式係為：

$$B = \frac{A(t_1) - A(t_0) \cdot (1 - W(t_1 - t_d))}{W(t_1 - t_d)}$$

14. 如申請專利範圍第9項所述之訊號處理方法，其中該量測取得不同頻譜資料之取樣時間間隔需短至滿足 $t_2 - t_d < d / (c/n)$ ，其中 $d$ 值為有溫度變化的感測光纖長度， $c$ 值為真空中之光速， $n$ 值則為折射率。

15. 如申請專利範圍第9項所述之訊號處理方法，其中該加重因子值 $W(t_i - t_d)$ 係介於 $0 \sim 1$ 之間。

16. 如申請專利範圍第9項所述之訊號處理方法，其中取得

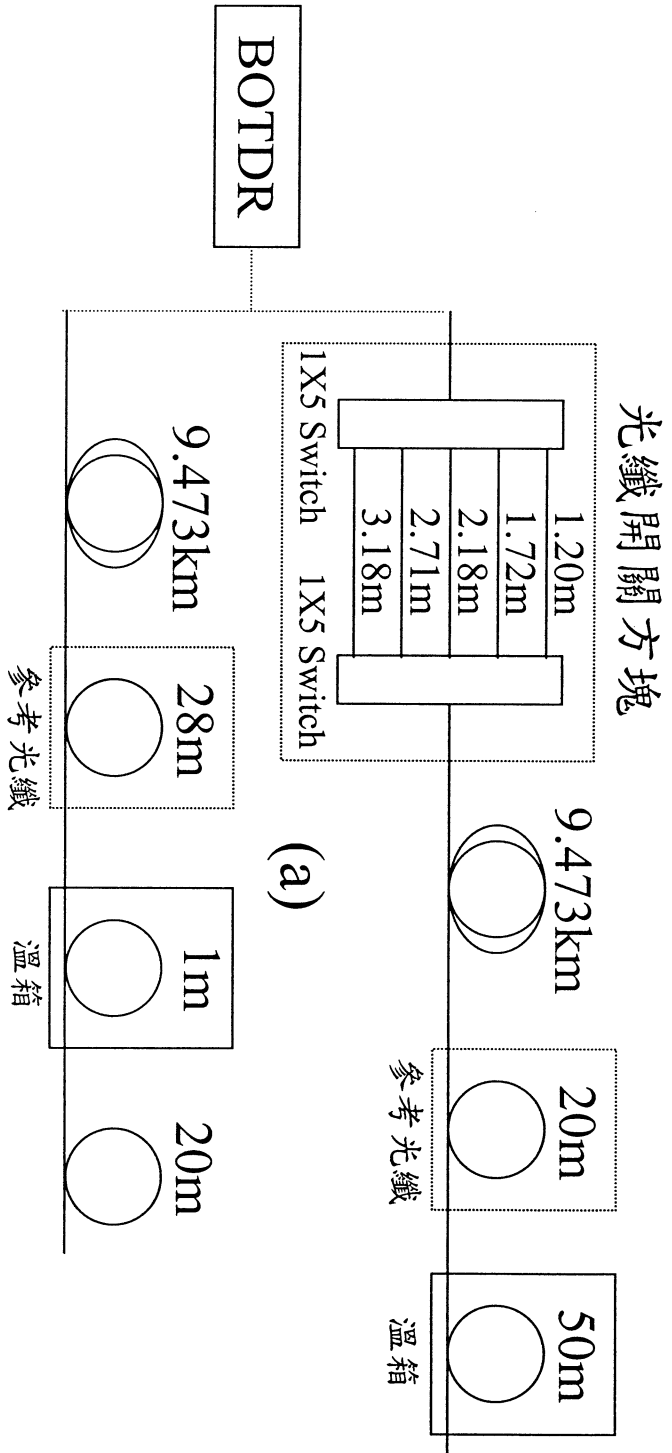




## 六、申請專利範圍

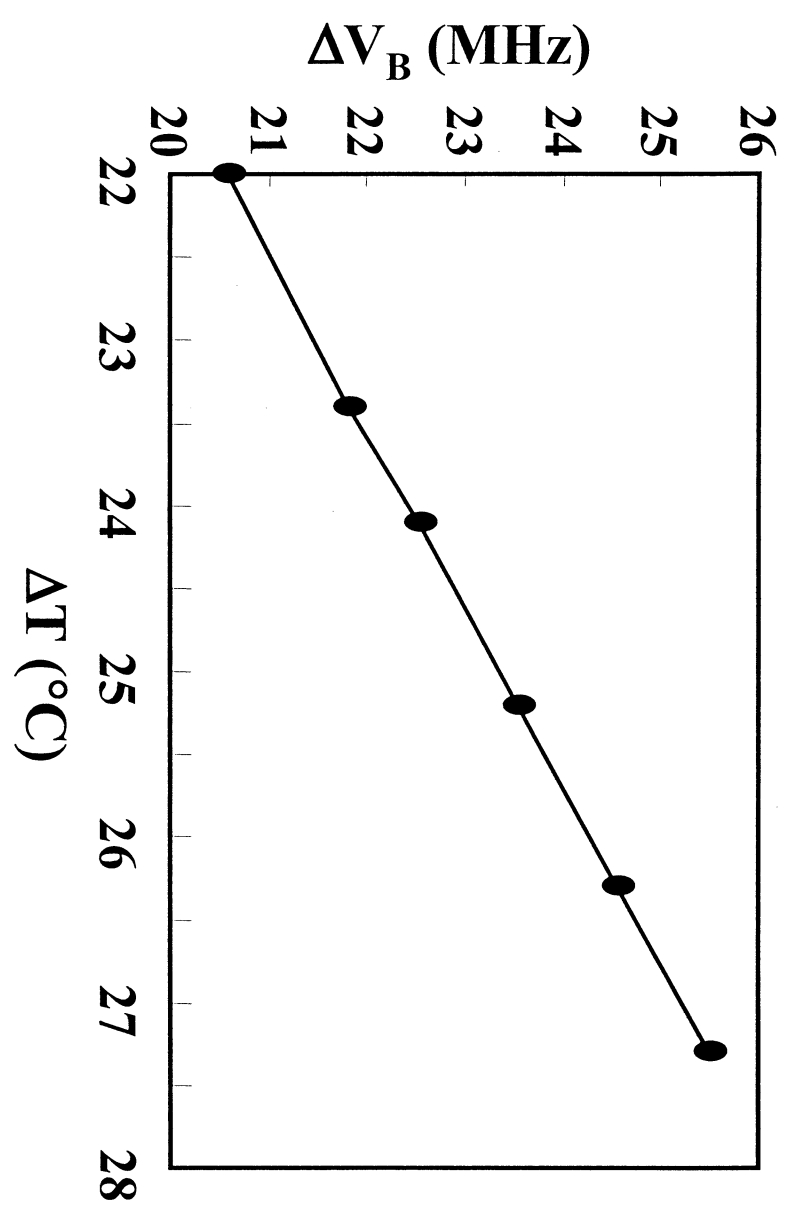
之該頻譜資料係可先用二次多項式曲線近似之，以得到更精確之布里淵頻譜。



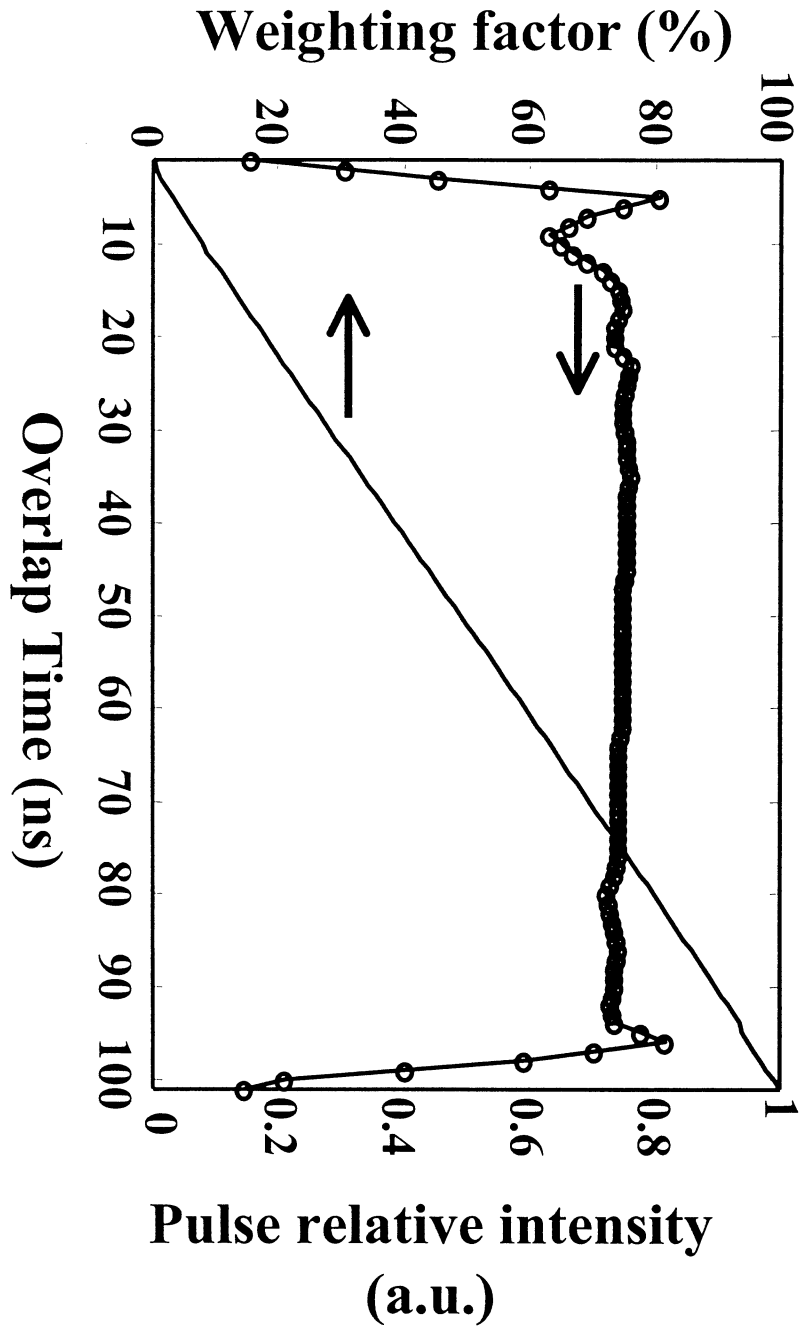


(b)

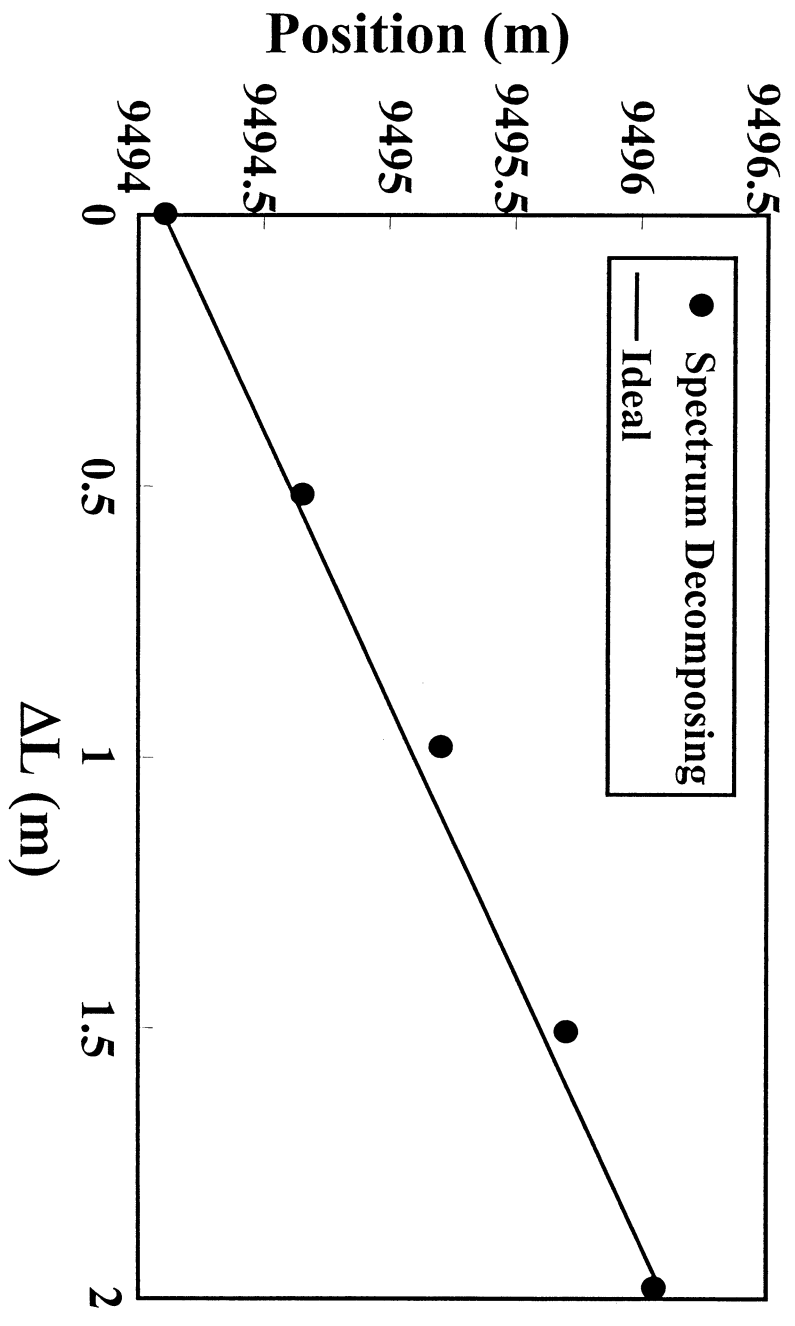
第一圖



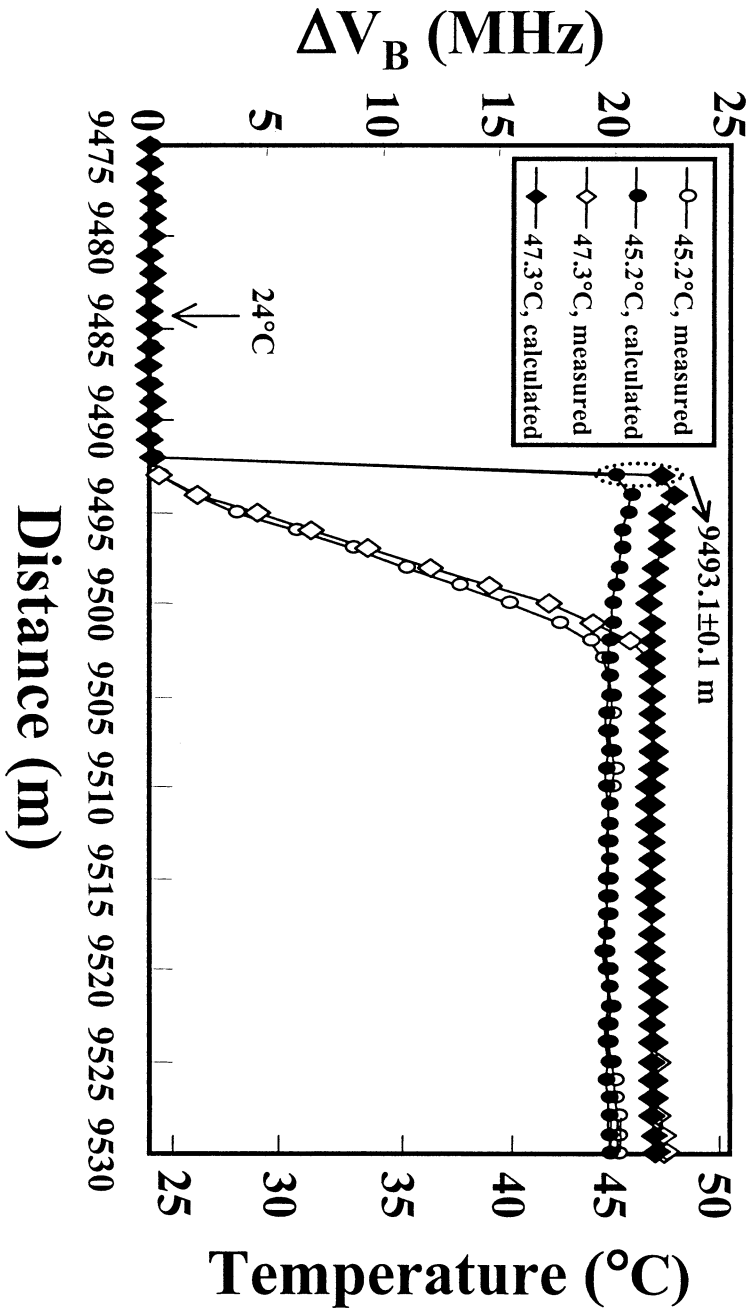
第二圖



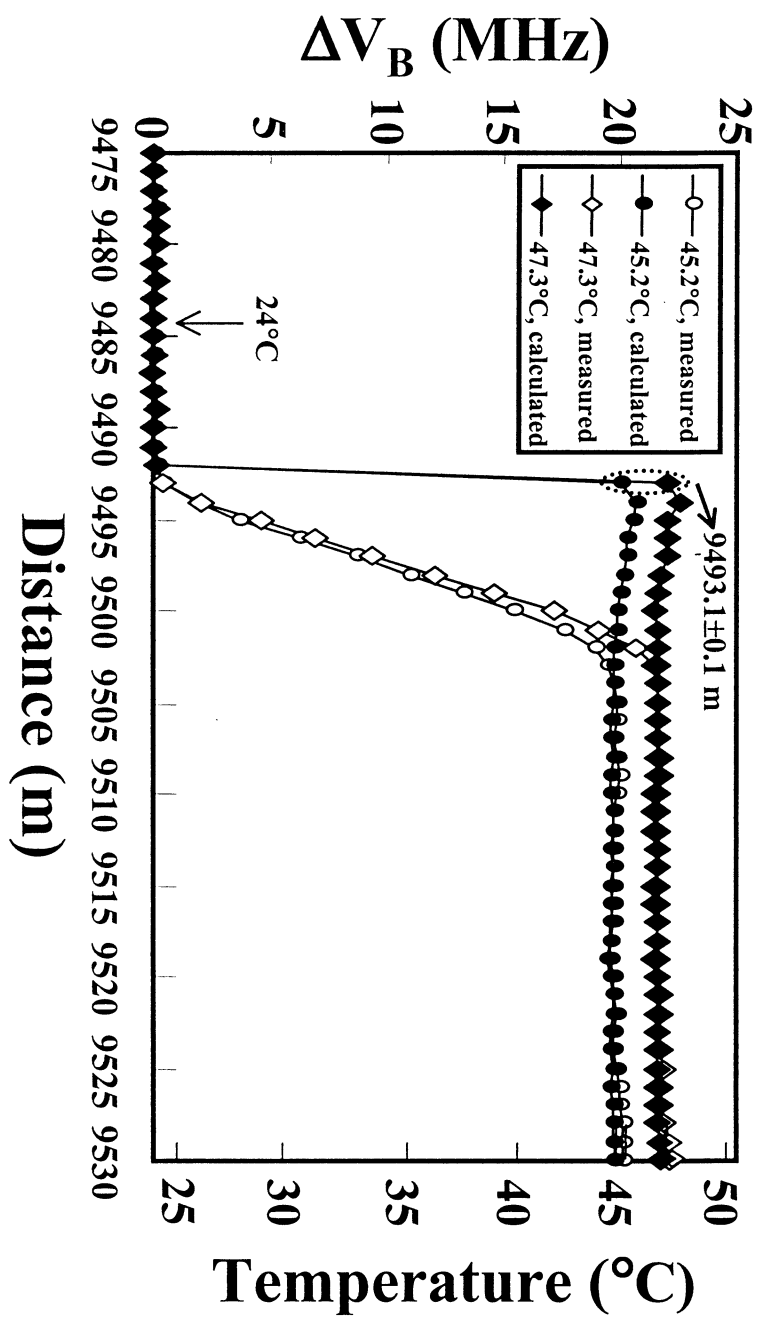
第三圖



第四圖



第五圖



第六圖