

文章编号 : 0258-7025(2001)04-0372-03

单光纤光栅温度应变双参数传感研究^{*}

关柏鸥^{1,2} H. Y. Tam¹ S. L. Ho¹ W. H. Chung¹ 董孝义²

(¹ 香港理工大学电机工程系 香港九龙; ² 南开大学现代光学研究所 天津 300071)

提要 报道了一种用一根光纤光栅实现温度与应变同时测量的传感方案。用于同时传感温度与应变的光纤光栅写于两种不同光纤的连接处,本身具有两个反射峰。由于两种光纤的光热系数不同,两个反射峰具有不同的温度响应。通过监测两个反射峰的波长移动便可实现温度与应变的同时测量。

关键词 光纤光栅, 传感, 温度, 应变

中图分类号 : TP212.14 **文献标识码** : A

Study on Strain/Temperature Two Parameters Sensing with a Single Fiber Bragg Grating

GUAN Bai-ou^{1,2} H. Y. Tam¹ S. L. Ho¹ W. H. Chung¹ DONG Xiao-yi²

(¹ Department of Electrical Engineering, The Hong Kong Polytechnic University, Hung Hom, Kowloon)
² Institute of Modern Optics, Nankai University, Tianjin 300071)

Abstract A new approach for simultaneous strain and temperature measurement using a single fiber Bragg grating has been reported in this paper. The fiber Bragg grating used for simultaneous strain and temperature measurement is written on the joint of two different fibers, and has two reflection-peaks at different wavelength, which have different temperature response because of the different thermo-optic coefficients for the two fibers. By measuring wavelength shift of the two peaks, strain and temperature can be determined simultaneously.

Key words fiber Bragg grating, sensing, temperature, strain

1 引言

近年来,光纤光栅在传感领域的应用引起了人们极大的研究兴趣。温度和应变传感是光纤光栅传感器的最主要和直接应用。由于温度与应变同时引起光纤光栅的布喇格波长移动(即交叉敏感),如何对这两种效应加以区分是光纤光栅传感器真正走向实际应用所必需解决的问题。目前已提出了一些解决方案,其中大部分是采用两个或两个以上的光纤光栅组合来克服交叉敏感问题^[1~5],也有采用光纤光栅 F-P 腔来实现温度与应变的同时测量^[6]。这些方案有的需要两个解调光源,这无疑增加了成本,并且给光纤光栅传感器的实际应用带来不便;有的则失去了光纤光栅传感器所特有的波长编码特性的优

点。现提出一种新方案:用一个光纤光栅实现温度与应变的同时测量。这种光栅写于两种不同光纤的连接处,由于两种光纤具有不同的折射率和温度系数,因此这样的一个光纤光栅具有两个反射峰,而且,两个反射峰具有不同的温度响应。通过监测两个反射峰的波长移动,可同时确定温度与应变变化情况。此种方案只需要一个解调光源,简单易行,并保留了光纤光栅传感器的波长编码特性的优点,具有实际应用价值。

2 实验结果与讨论

光纤光栅结构如图 1(a)所示,它写于普通单模光纤和一种铟、镱双掺杂光纤的连接处。先将普通单模光纤和铟、镱双掺杂光纤放置于压力罐中载氢 7 天(140 atm, 70℃)。取出光纤后,将两种光纤焊接在一起,采用相位掩模法用 193 nm 准分子激光在两种光纤连接处写制光纤光栅。得到的光纤光栅长

* 香港理工大学资助项目。

度 1 cm, 室温条件下其反射谱如图 2 所示。由图可见 此光纤光栅具有两个反射峰, 反射波长分别为 1547.44 nm 和 1551.62 nm。由于两种光纤具有不同的折射率, 虽然整个光栅具有相同的周期, 但两部分光栅具有不同的布喇格波长, 因此, 这种光纤光栅具有两个反射峰。

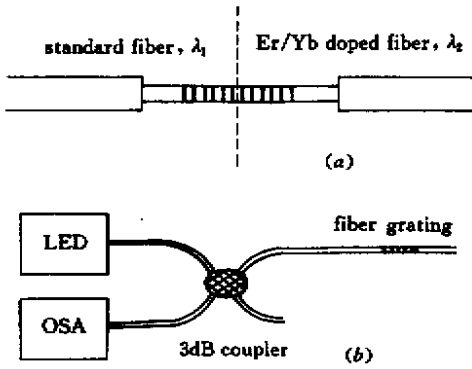


图 1 用于同时传感温度与应变的光纤光栅的结构图 (a) 和实验装置图 (b)

Fig.1 Structure of the FBG using for simultaneous strain and temperature measurement (a) and schematic diagram of experiment arrangement (b)
LED : light emission diode ; OSA : optical spectrum analyzer

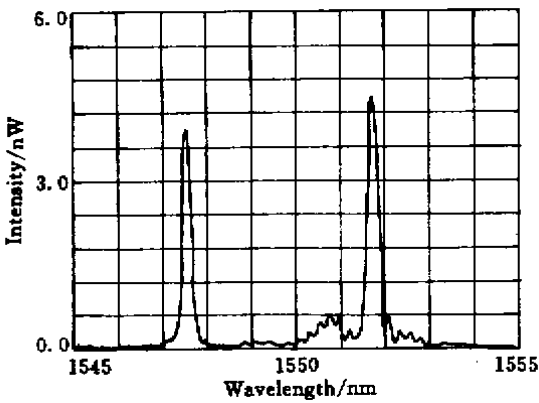


图 2 用于同时传感温度与应变的光纤光栅的反射谱

Fig.2 Reflection spectra of the FBG using for simultaneous strain and temperature measurement

光纤光栅的应变与温度传感测试装置如图 1 (b) 所示。发光二极管发出的光经 3dB 耦合器射入光纤光栅, 被光纤光栅反射后又经 3 dB 耦合器进入光谱分析仪。测试光纤光栅的应变响应时, 将光纤光栅的两端分别固定于一精密的可编程位移控制装置上, 通过精确控制光纤光栅一端的位移来改变整个光纤光栅区域的应变大小, 利用光谱分析仪监

测光纤光栅的反射波长变化, 得到光纤光栅的应变响应曲线如图 3 (a) 所示。两个反射峰的应变响应系数基本相同, 分别为 1.05 pm/ $\mu\epsilon$ 和 1.04 pm/ $\mu\epsilon$ 。

测量光纤光栅的温度响应时, 将光纤光栅置于温度控制器中, 改变温度控制器的温度, 利用光谱分析仪监测光纤光栅的布喇格波长变化, 得到光纤光栅的温度响应曲线如图 3 (b) 所示。可以看到, 两个反射峰具有不同的温度响应, 其温度系数分别为 9.2 pm/ $^{\circ}\text{C}$ 和 10.6 pm/ $^{\circ}\text{C}$ 。由于两种光纤的成分不同, 它们具有不同的光热系数, 因此两个反射峰表现出不同的温度响应。

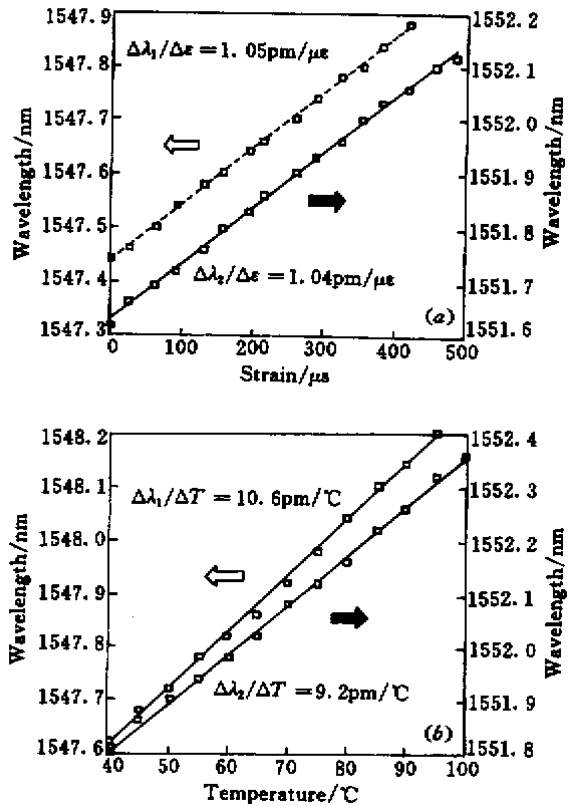


图 3 光纤光栅的应变响应曲线 (a) 和温度响应曲线 (b)

Fig.3 Strain response (a) and temperature response (b) of the fiber Bragg grating

由于光纤光栅的两个反射峰具有相同的应变响应和不同的温度响应, 应变变化引起两个反射峰发生同等程度的移动, 而温度变化导致两个反射峰产生不同程度的移动, 即发生相对移动, 因此, 通过监测两个反射峰的相对位置变化便可确定环境温度。知道了环境温度后, 就能根据其中任意一个反射峰移动情况计算出应变大小。

3 结 语

与其他方案相比,单光纤光栅温度应变双参数传感方案更简单易行。它只需要一个解调光源,而且,保留了光纤光栅传感器波长编码特性的优点,可望在传感领域得到实际应用。

参 考 文 献

- 1 A. D. Kersey, T. A. Berkoff, W. W. Morey. Fiber optic Bragg grating strain sensor with drift compensated high resolution interferometric wavelength shift detection. *Opt. Lett.*, 1993, **18**(1):72 ~ 74
- 2 M. G. Xu, J.-L. Archambault, L. Reekie *et al.*. Discrimination between strain and temperature effects using dual-wavelength fibre grating sensors. *Electron. Lett.*, 1994, **30**(13):1085 ~ 1087
- 3 S. W. James, M. L. Dockney, R. P. Tatam. Simultaneous independent temperature and strain measurement using in-fiber Bragg grating sensors. *Electron. Lett.*, 1996, **32**(12):1133 ~ 1134
- 4 H. J. Patrick, G. M. Williams, A. D. Kersey *et al.*. Hybrid fiber Bragg grating/long period fiber grating sensor for strain/temperature discrimination. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1996, **8**(9):1223 ~ 1225
- 5 S. E. Kanellopoulos, V. A. Handerek, A. J. Rogers. Simultaneous strain and temperature sensing with photogenerated in-fiber gratings. *Opt. Lett.*, 1995, **20**(3):333 ~ 335
- 6 Wei-Chong Du, Xiao-Ming Tao, Hwa-Yaw Tam. Fiber Bragg grating cavity sensor for simultaneous measurement of strain and temperature. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1999, **11**(1):105 ~ 107