

文章编号 1004-924X(2010)09-1923-07

利用光纤偏振分束器和保偏光纤的传感解调系统

王葵如¹, 张锦龙², 余重秀¹, 林妹妹¹, 赵德新¹

(1. 北京邮电大学 信息光子学与光通信教育部重点实验室, 北京 100876;

2. 河南大学 物理与电子学院, 河南 开封 475001)

摘要:提出了一种利用光纤偏振分束器(PBS)和保偏光纤(PMF)中偏振模间干涉原理实现光纤布拉格光栅波长解调的方案,以提高光纤光栅传感解调系统的解调精度和稳定性。运用矩阵光学原理建立了数学分析模型,由此给出了系统输出信号与光纤光栅布拉格波长之间的关系。通过仿真分析,研究了保偏光纤长度、输入光相对于保偏光纤主轴的偏振角度和光纤偏振分束器主轴方位对系统输出信号的影响,明确提出了提高系统灵敏度的方法。根据设计方案搭建了实验系统,并进行了实验验证。结果表明:该设计方案可行,系统的波长分辨率 <1 pm,测量精度 <1 pm,温度可测量范围为 90 °C。该系统测量精度高,其稳定性优于利用M-Z型干涉仪的解调装置。

关键词:光纤光栅;传感解调;保偏光纤;偏振分束器

中图分类号: TN253 **文献标识码:** A **doi:** 10. 3788/OPE. 20101809. 1923

Sensor demodulation system using PBS and PMF

WANG Kui-ru¹, ZHANG Jin-long², YU Chong-xiu¹, LIN Mei-mei¹, ZHAO De-xin¹

(1. *Key Laboratory of Information Photonics and Optical Communications, Ministry of Education, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China;*

2. *School of Physics and Electronics, Henan University, Kai feng 475001, China*)

Abstract: A demodulation scheme based on Polarizing Beam Splitters (PBS) and inter-modal polarization interference in Polarization-maintaining Fibers (PMFs) was proposed to implement the wavelength demodulation of fiber Bragg grating sensors and to improve their precisions and stabilities. Using the principle of matrix optics, the mathematic model was established theoretically and the relations of system output signals and Bragg wavelengths of fiber gratings were obtained. The influences of the length of the polarization-maintaining fiber, polarized angles of input light to the principal axis of PMF and the orientation of PBS principal axis on output signals were researched and a method to improve the sensitivity of the system was presented. On the scheme above, an experimental system was set up. The results demonstrate that the scheme is feasible, in which the average precision of the wavelength demodulation is lower than 1 pm and the temperature measurement range is 90 °C. The demodulation system has higher precision and its stability is better than that of the M-Z interference device.

Key words: optical fiber grating; sensor demodulation; Polarization-maintaining Fiber (PMF); Polarizing Beam Splitters (PBS)

收稿日期: 2009-10-15; 修订日期: 2009-11-20.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (No. 60677003); 北京市教委共建基金资助项目 (No. XK100130637)

1 引言

光纤布拉格光栅 (FBG) 作为一种新型的传感器,具有良好的稳定性、可靠性及对电磁波的不敏感性;其尺寸小,适于在高温、有腐蚀性或危险性的环境中使用,并具有集信息传输与传感于一体等优点,因此,已经被广泛应用于传感系统中。近年来,各种利用光纤布拉格光栅进行传感的系统都发展得很快^[1-3],不过由于光纤光栅对外界信号的响应是波长变化,因此检测较为困难。目前国内外正在研究的关于光纤光栅波长解调的方法有多种,比如:匹配光栅滤波法^[4]、F-P 腔滤波器法^[5-6]、长周期光栅边缘滤波法^[7]、可调谐光源法^[8]等,其中对 F-P 腔滤波器法研究得最多,而且已经实用化,其解调精度可以达到 1 pm。干涉法解调因其具有分辨率高的独特优势已成为研究的重点之一,但一般的干涉解调系统采用非平衡 M-Z 干涉仪和 Michelson 干涉仪结构,受环境因素的干扰很大,影响了它们的实际应用^[9-12]。

本文从偏振光干涉原理出发,推导出了系统输出光强与入射光波长的关系,仿真分析了保偏光纤长度、光纤主轴与入射光偏振方向夹角以及偏振分束器主轴方位对系统特性的影响,设计了基于保偏光纤 (PMF) 和偏振分束器 (PBS) 的干涉型解调系统,并进行了实验验证,结果与理论分析一致,证明了该方案的可行性,并表现出结构简单、稳定性好且检测精度高等优点。

2 光纤光栅传感解调系统结构及原理

设计的光纤光栅传感解调系统结构如图 1 所示。宽带光源发出的线偏振光经耦合器 (Optical Fiber Coupler, OFC) 进入光纤光栅,满足布拉格反射条件的窄带光谱被光栅反射,进入耦合器左边的另一个端口。线偏振光场 E_{in} 由 A 点进入保偏光纤,其长度为 L_1 ,由于光场偏振方向和光纤应力主轴方向不一致,在其中激起 2 个正交偏振本征模式。两模式传输到 B 点后再经过一段很短的单模光纤进入光偏振分束器,两个模式又激起 4 个正交偏振模式并发生干涉,最后从 PBS 两输出口输出,输出光场表示为 E_1 和 E_2 。图 1 中

放大部分所示是保偏光纤输入光场 E_{in} 的偏振方向和 PBS 主轴的方向,设 A 点 E_{in} 偏振方向与保偏光纤主轴夹角为 α , B 点保偏光纤主轴与 PBS 主轴夹角为 β 。

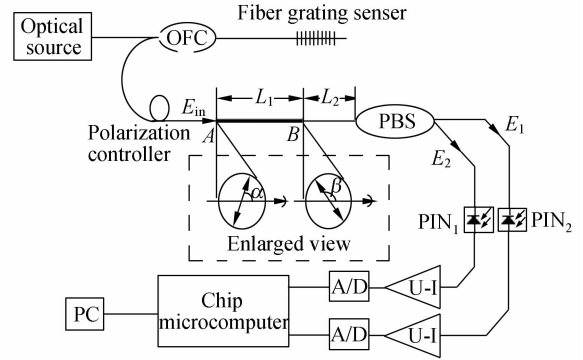


图 1 光纤光栅波长解调系统结构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of wavelength demodulation system for FBG sensors

利用矩阵光学原理建立描述该光路的数学模型,可得到输出光场的传输矩阵^[13-16]:

$$\mathbf{E}_{out} = \mathbf{T}_{out} \cdot \mathbf{T}_{\beta} \cdot \mathbf{T}_S \cdot \mathbf{T}_{\alpha} \cdot \mathbf{E}_{in}, \quad (1)$$

其中 \mathbf{E}_{in} 为入射光场, \mathbf{T}_{α} , \mathbf{T}_{β} 分别为 A, B 两点的传输矩阵,可表示成

$$\mathbf{T}_{\alpha} = \begin{bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix}, \mathbf{T}_{\beta} = \begin{bmatrix} \cos \beta & \sin \beta \\ -\sin \beta & \cos \beta \end{bmatrix}, \quad (2)$$

保偏光纤传输矩阵为:

$$\mathbf{T}_S = \begin{bmatrix} \exp(i\delta_x) & 0 \\ 0 & \exp(i\delta_y) \end{bmatrix}, \quad (3)$$

其中 δ_x , δ_y 分别为保偏光纤快、慢轴相位延迟。一般情况下, L_2 是光偏振分束器的输入尾纤,长度很短,可以假设光场经 B 点到 PBS 时偏振态不改变,或者直接选用尾纤是保偏光纤的 PBS,这样中间这一小段光纤的作用可忽略不计。PBS 输出矩阵可以写为:

$$\text{端口 } 1 \mathbf{T}_{out1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \text{端口 } 2 \mathbf{T}_{out2} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (4)$$

此处忽略了光在 PBS 中传输的相位影响,并认为其有理想的偏振分光比。另外,在以上各式中均忽略了损耗。将以上各式代入式(1)可得 PBS 两个端口的输出 \mathbf{E}_1 和 \mathbf{E}_2 。

$$\mathbf{E}_1 = \begin{bmatrix} [\cos \alpha \cdot \cos \beta \cdot \exp(i\delta_x) \cdot \exp(i\delta) - \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \exp(i\delta_y) \cdot \exp(i\delta)] \cdot \mathbf{E}_{in} \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (5)$$

$$\mathbf{E}_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ [-\cos \alpha \cdot \sin \beta \cdot \exp(i\delta_x) \cdot \exp(i\delta) - \sin \alpha \cdot \cos \beta \cdot \exp(i\delta_y) \cdot \exp(i\delta)] \cdot \mathbf{E}_{in} \end{bmatrix}, \quad (6)$$

PBS 两输出端口光功率为

$$I_1 = \langle \mathbf{E}_1^* \cdot \mathbf{E}_1 \rangle, I_2 = \langle \mathbf{E}_2^* \cdot \mathbf{E}_2 \rangle, \quad \text{其中} \langle \rangle \text{表示为时间平均值,由式(5)(6)求得}$$

$$\begin{aligned} I_1 &= [\cos^2 \alpha \cdot \cos^2 \beta + \sin^2 \alpha \cdot \sin^2 \beta - 2 \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta \cdot \cos(\delta_x - \delta_y)] \cdot I_{in} \\ I_2 &= [\cos^2 \alpha \cdot \sin^2 \beta + \sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \beta + 2 \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta \cdot \cos(\delta_x - \delta_y)] \cdot I_{in} \end{aligned}, \quad (7)$$

式中 I_{in} 是输入的偏振光光强。光场在保偏光纤快慢轴上产生的相位差为 $\delta = \delta_x - \delta_y = 2\pi \cdot B_m L_1 / \lambda$, 其中 B_m 是保偏光纤模式双折射度, λ 为入射光波长。令:

$$\begin{aligned} K_1 &= 1 - 2(\cos^2 \alpha \cdot \cos^2 \beta + \sin^2 \alpha \cdot \sin^2 \beta) \\ K_2 &= 4 \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta \end{aligned}, \quad (8)$$

带入式(7),得

$$\begin{aligned} I_1 &= 0.5 \times (1 - K_1) - 0.5 K_2 \cdot \cos(2\pi \cdot B_m \cdot L_1 / \lambda) \\ I_2 &= 0.5 K_1 + 0.5 K_2 \cdot \cos(2\pi \cdot B_m \cdot L_1 / \lambda), \end{aligned} \quad (9)$$

令:

$$\eta = \frac{I_2 - I_1}{I_2 + I_1} = K_1 + K_2 \cdot \cos(2\pi \cdot B_m \cdot L_1 / \lambda). \quad (10)$$

从式(10)可以知道, η 定义为两个端口输出光强之差与总光强的比值, 是波长 λ , 保偏光纤长度 L_1 和两端偏振方向夹角 α, β 的函数。光纤光栅的反射波长 λ 与温度呈线性关系, 可表示为 $\lambda = \lambda_0 + CT$, 其中 λ_0 是 0°C 时光纤光栅的反射波长, C 为光纤光栅的温度系数, T 为温度。 L_1, α 和 β 是系统的结构参数, 当它们确定之后, K_1 和 K_2 也就确定, 可以认为 K_1 是 η 的直流分量, K_2 是 η 交流分量的幅值。由此看出, η 和 T 存在一一对应关系, 通过测定 η 即可求得光纤光栅检测到的温度值, 而且还可以消除因光源输出功率波动所带来的测量误差。

利用光电探测器 PIN 管将 PBS 输出的光强 I_1 和 I_2 转化成电流, 经 $I-U$ 转换电路变成电压, 再由 A/D 转换电路将电压模拟信号转化为数字信号, 通过单片机采集数据并进行处理后发送给计算机, 最后由 LabVIEW 通过串口接收数据并进行计算, 即可得到 η 值。当光纤光栅传感器的

反射波长变化时, η 值也会变化, 由此可知检测到的温度变化, 并实时绘出温度-时间图。

如果光纤光栅传感器检测的是其它物理量, 此原理和结构同样适用, 因此该解调方案可应用于光纤光栅传感系统。

3 数值仿真分析

根据式(11)数值仿真研究了各参数 (L_1, α, β) 对于 η 和 λ 关系曲线的影响。因光纤光栅反射波长与温度呈线性关系, 故只要知道 η 和 λ 的关系即可知 η 与 T 的关系。

首先, 研究保偏光纤长度的影响。图 2 为 $\alpha = \pi/3, \beta = 2\pi/3$ 时, L_1 在 $0 \sim 2 \text{ m}$ 变化时所对应的 η 和 λ 的关系曲线(波长为 $1550 \sim 1555 \text{ nm}$)。由图中曲线可知, η 随 λ 变化的灵敏度与 L_1 有关, L_1 越大灵敏度越高, 而根据式(9)知, L_1 的变

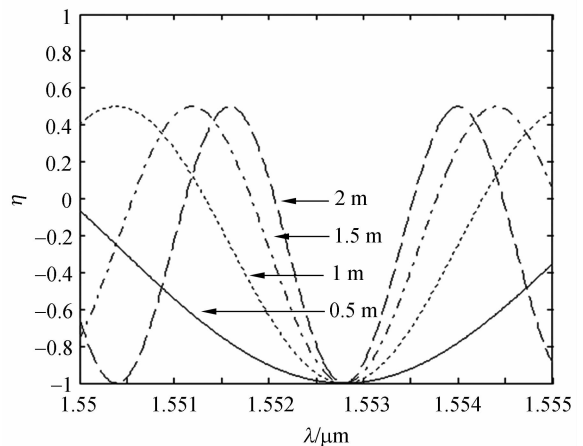


图 2 保偏光纤长度不同时 η 和波长 λ 的关系
Fig. 2 Relations between η and λ for different lengths of polarization-maintaining fibers

化对 η 直流分量 K_1 , 交流分量幅值 K_2 无影响, 故为达到高的检测灵敏度应选取较长的保偏光纤。但从图 2 还可以看出, η 随 λ 呈周期性变化, L_1 越长则周期越短, 而一般是选取其中一段单调区间进行检测, 因此应根据所需检测温度范围选取合适的保偏光纤长度。

其次考虑角度和 β 的作用。图 3 为 $L_1 = 2 \text{ m}$, $\beta = 2\pi/3$ 时, α 由 0 到 π 变化所对应的 η 和 λ 的关系。从图中可知, 当 α 改变时, η 随 λ 变化的周期不变, 但幅度改变, 即灵敏度发生变化; 当 $\alpha = \pi/4$ 或 $3\pi/4$ 时, K_2 最大, η 随 λ 变化灵敏度最高; $\alpha = 0, \pi/2$ 或 π 时, η 为水平线, 即此时无法检测到波长变化。从式 (4) 和 (6) 可以看出, β 和 α 是对称关系, 对 η 的影响与 α 相同。因此, 在所设计的传感解调系统中应选择接近 $\pi/4$ 和 $3\pi/4$ 的 α 和 β 值。

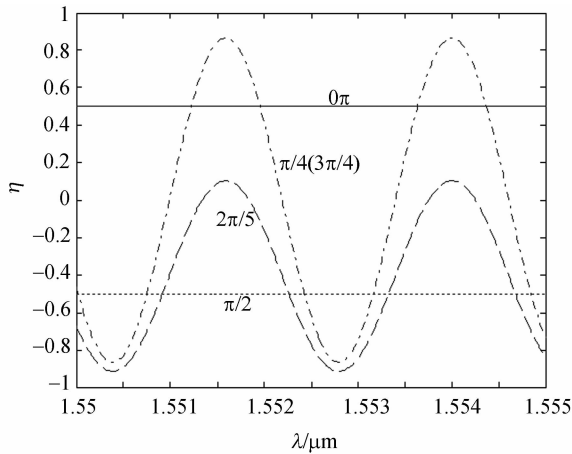


图 3 不同 α 下 η 和波长 λ 的关系

Fig. 3 Relations between η and λ for different α

由以上数值仿真结果分析知, 选取不同的结构参数可以调整系统测量灵敏度和测量范围。

4 实验验证

依据以上原理, 本文搭建了实验系统, 并进行了波长解调的测量实验, 以验证系统的可行性。系统中采用可调谐激光器 AQ4321D 模拟光纤光栅反射波长的变化, 其带宽为 0.01 nm, 最小调谐精度为 0.001 nm; 偏振分束器由武汉光迅公司生产, 两输出端口串扰为 64 dB; 熊猫型保偏光纤 PM1017-A 由北京长飞生产, 拍长 $< 4 \text{ mm}$, 长度为 2 m; PIN 管的灵敏度为 0.85 A/W, A/D 为 16

位转换精度, 使用的探测、数据采集处理和计算机通信模块为自己研制。使用 AQ6370 光谱分析仪进行同步对比检测, 最小分辨率为 0.02 nm。

实验中可调谐激光器在 1 550 nm 到 1 560 nm 内扫描, 得到如图 4 所示的 PBS 两输出臂的光强和 λ 关系图。由于普通光纤光栅反射中心波长的温度系数为 0.01 nm/°C, 依据图 4 的结果可以看出, 该系统可测量的波长变化范围为 0.9 nm, 对应的温度测量范围应为 90 °C。

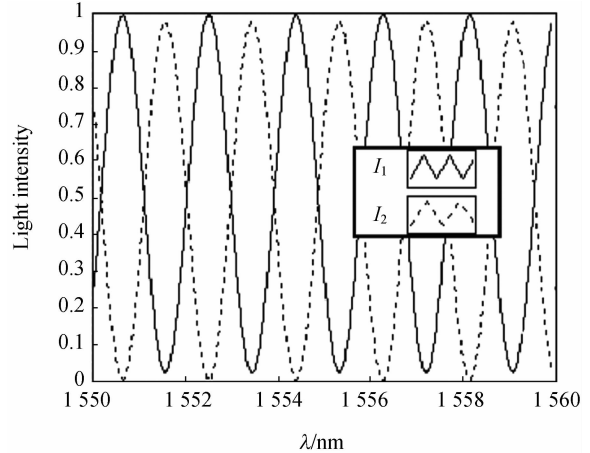


图 4 实验测量得到的 I_1 、 I_2 和 λ 的关系曲线

Fig. 4 Output spectra from PBS at different lasing wavelengths

设定系统中的可调谐激光器每隔 10 min 扫描 1 次, 共进行了 30 次扫描, 扫描宽度为 10 nm, 所得数据传入计算机, 计算出 η 值。图 5 给出了其中 10 次的测量结果, 可以看出, 10 次结果的重复性很好。

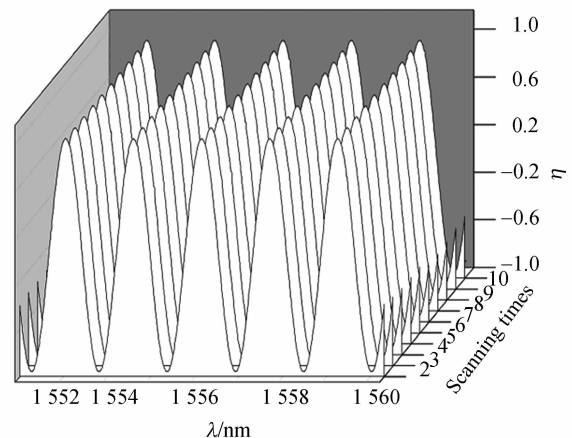


图 5 多次扫描下 η 与波长的关系曲线

Fig. 5 Relations between η and λ for 10 time scans

此系统理论上输入信号功率达到 -10 dBm时平均分辨率为 0.054 pm(主要由A/D转换位数决定),由于可调谐激光器分辨率为 1 pm,测量结果只能校准到pm量级,故认为该系统的波长分辨率在 1 pm以下,测量精度 $< \pm 1$ pm。

实验值与理论值之间有小的偏差,主要来源于3个方面:保偏光纤长度测量误差,耦合器分光比制作误差和偏振方向控制熔接误差。

温度对保偏光纤 B_m 的影响在 10^{-3} 数量级,因此该系统对环境温度仍有一定的依赖性。虽然没有完全杜绝环境的影响,但其远远小于其它干涉解调方案,因此在实际应用方面提高了光纤光栅传感干涉解调系统的稳定性。

5 结 论

本文提出了一种采用保偏光纤和偏振分束器

的光纤光栅传感解调方案,给出了理论分析的数学模型,仿真分析了保偏光纤长度、主轴方向等对输出光强与波长关系的影响,提出通过调节保偏光纤长度和偏振角度调整测量范围和系统分辨率的方法。搭建了实验系统,进行了实验测试。实验结果表明,该系统的波长分辨率 < 1 pm(相当于温度变化约 0.1 °C),测量精度 $< \pm 1$ pm,温度测量范围为 90 °C。与其它光纤光栅解调仪相比,该方案结构简单、稳定性好且检测精度高,对光纤光栅传感器的广泛应用有实际意义。与参考文献[17-18]所研究的方案相比,本方案能达到与之相同的解调精度,但光路结构更加简单,有利于解调装置的小型化;同时,由于使用的 3 dB耦合器数量较少,光损耗小,对光源功率的要求也降低,更利于组建需要重点研究能耗问题的无线光传感网络。因此,该方案比参考文献[17],[18]所研究的方案具有更强的实用性。

参考文献:

- [1] MOREY W W. Recent advances in fiber grating sensors[J]. *SPIE*, 1996, 2594:90-98.
- [2] 张锦龙, 余重秀, 王葵如, 等. 基于啁啾光纤光栅的温度自补偿位移传感器[J]. *光学学报*, 2008, 28(4):779-781.
ZHANG J L, YU CH X, WANG K R, *et al.*. The displacement sensor with temperature compensation based on chirp fiber grating[J]. *Acta Optica Sinica*, 2008, 28(4):779-781. (in Chinese)
- [3] 余有龙, 谭华耀. 有源波、空分复用光纤光栅传感网络[J]. *中国激光*, 2002, 29(2):131-134.
YU Y L, TAN H Y. Active spatial wavelength-division multiplexed fiber Bragg grating[J]. *Chin. J. Laser*, 2002, 29(2):131-134. (in Chinese)
- [4] FERREIRA L A, SANTOS J L, FARAH F. Pseudoheterodyne demodulation technique for fiber Bragg grating sensors using two matched gratings[J]. *IEEE Photonics Technology Letters*, 1997, 9(4):487-489.
- [5] 梁有程, 江绍基, 余志强, 等. 基于非对称F-P滤波器的光纤光栅解调技术[J]. *红外与激光工程*, 2007, 36(6):906-909.
LIANG Y CH, JIANG SH J, YU ZH Q, *et al.*. Fiber Bragg grating sensor demodulation technique based on asymmetric F-P filter[J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2007, 36(6):906-909. (in Chinese)
- [6] 杨先辉, 张秋华, 于永森, 等. 可调谐F-P腔进行锥形光栅反射带宽解调的应力测量方法[J]. *光学精密工程*, 2007, 15(5):651-655.
YANG X H, ZHANG Q H, YU Y S, *et al.*. Measurement of temperature-insensitive strain based on reflected bandwidth demodulation of tapered fiber grating[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2007, 15(5):651-655. (in Chinese)
- [7] 刘波, 童峥嵘, 陈少华, 等. 一种长周期光纤光栅边缘滤波线性解调新方法[J]. *光学学报*, 2004, 24(2):109-202.
LIU B, TONG ZH R, CHEN SH H. A novel method of edge filter linear demodulation using long-period grating in fiber sensor system[J]. *Acta Optica Sinica*, 2004, 24(2):109-202. (in Chinese)
- [8] BALL G A, MOREY W W, CHEO P K. Fiber laser source/analyzer for Bragg grating sensor array interrogation [J]. *Jouranal of Lightwave Technology*, 1994, 12(4):700-703.
- [9] 张昕明, 余有龙, 朱勇. 光纤光栅传感系统信号解调技术[J]. *光电子技术与信息*, 2002, 15(4):17-

20.
ZHANG X M, YU Y L, ZHU Y. Techniques for fiber bragg grating sensor system demodulation[J]. *Optoelectronic Technology & Information*, 2002, 15(4):17-20. (in Chinese)
- [10] 余有龙, 谭华耀, 鍾永康. 基于干涉解调技术的光纤光栅传感系统[J]. *光学学报*, 2001, 21(8):987-989.
YU Y, TAM H Y, CHUNG W H. A fiber bragg grating sensor system with interferometric demodulation technique[J]. *Acta Optica Sinica*, 2001, 21(8):987-989. (in Chinese)
- [11] CHANG S, KIM J, YU B A. A fiber bragg grating sensor demodulation technique using a polarization maintaining fiber loop mirror[J]. *IEEE Photonics Technology Letters*, 2001, 13(12):1343-1345.
- [12] 李建中, 饶云江, 冉曾令. 基于可调环形光纤激光器的动态应变传感系统[J]. *光电子·激光*, 2008, 19(2):146-148.
LI J ZH, RAO Y J, RAN Z L. A dynamic strain sensor system based on a tunable fiberring laser [J]. *Journal of Optoelectronics Laser*, 2008, 19(2):146-148. (in Chinese)
- [13] ZHANG J L, YU CH X, WANG K R, *et al.*. Demodulation system of fiber grating sensors based on phase-lock and cross phase modulation [J]. *SPIE*, 2007, 6781 67812L-1.
- [14] 冯素娟, 尚亮, 毛庆和. 利用偏振控制器连续调节光纤环镜的反射率[J]. *物理学报*, 2007, 56(8):4677-4685.
FENG S J, SHANG L, MAO Q H. Continuously adjusting the reflectivity of fiber loop mirror using a polarization controller[J]. *Acta Physica Sinica*, 2007, 56(8):4677-4685. (in Chinese)
- [15] 李丽, 林玉池, 付鲁华, 等. 光纤光栅空分光复用传感系统的研究[J]. *光学精密工程*, 2007, 15(4):473-476.
LI L, LIN Y CH, FU L H, *et al.*. Research on spatial division multiplexing of fiber Bragg grating sensors[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2007, 15(4):473-476. (in Chinese)
- [16] 杨远洪, 刘波, 李莉. 反射型保偏光纤温度传感器[J]. *北京航空航天大学学报*, 2006, 32(11):1362-1364.
YANG Y H, LIU B, LI L. Reflection polarization maintaining optical fiber temperature sensor [J]. *Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics*, 2006, 32(11):1362-1364. (in Chinese)
- [17] 张锦龙, 王葵如, 余重秀, 等. 光纤环镜在光栅传感解调系统中的应用[J]. *光学精密工程*, 2009, 17(5):943-950.
ZHANG J L, WANG K R, YU CH X, *et al.*. Application of fiber loop mirror to demodulation system of fiber grating sensor[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2009, 17(5):943-950. (in Chinese)
- [18] 张锦龙, 余重秀, 王葵如, 等. 基于偏振干涉的光纤光栅传感解调方法[J]. *物理学报*, 2009, 58(6):3988-3994.
ZHANG J L, YU CH X, WANG K R, *et al.*. Fiber grating sensor demodulation method based on polarization interference[J]. *Acta Physica Sinica*, 2009, 58(6):3988-3994. (in Chinese)

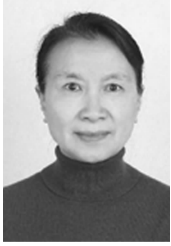
作者简介:



王葵如(1962—),女,北京人,副教授,硕士生导师,1991年于北京邮电大学获得硕士学位,主要从事光纤光栅传感和光纤通信方面的理论和技术研究。
E-mail:krwang@bupt.edu.cn



张锦龙(1977—),男,河南开封人,博士,副教授,2009年于北京邮电大学获得博士学位,主要从事光纤传感和光纤通信方面研究。E-mail:zjl@henu.edu.cn



余重秀(1946—),女,湖北沙市人,教授,博士生导师,1969年毕业于北京邮电学院,主要从事光电子学与光纤通信等方面的研究。E-mail: cxyu@bupt.edu.cn



赵德新(1983—),男,天津人,工程师,2006年、2009年于北京邮电大学分别获得学士、硕士学位,主要从事3G核心网的研究。E-mail: zhaoooo@gmail.com



林妹妹(1985—),女,福建福州人,硕士研究生,2007年于北京邮电大学获学士学位,主要从事光纤光栅传感技术与OCDMA的研究。E-mail: linjin8618@gmail.com

●下期预告

微型投影机自由曲面LED聚光器设计

赵星,吴宏超,宋丽培,方志良

(南开大学 现代光学研究所 教育部光电信息技术与科学重点实验室,天津 300071)

为提高LED微型投影机中光学引擎的效率和结构紧凑性,设计了含有折射和反射自由曲面的LED聚光器。采用非成像理论和同时多表面设计方法,计算并获得了聚光器两个自由曲面在子午截面内的各点坐标,利用聚光器的旋转对称性得到了其在三维空间内的面形数据。设计结果的光学建模仿真分析表明:所得聚光器能够有效地收集大功率LED光源的能量,并将光束发散角控制在 12° 内,其光能收集率达到71%。与采用反射式聚光器的设计方案相比,其光能收集率提高了20%,而体积则下降了70%,有效地提高了光学引擎的效率和紧凑性。