

高双折射单模光纤温度传感器

周书铨 杨耀鑫 左晓路* 周丰年**

(上海科技大学物理系, 上海 201800)

Temperature sensor made of single-mode strongly birefringent optical fiber

ZHOU Shuquan, YANG Yaixin, ZUO Xiaolu, ZHOU Fengnian

(Shanghai University of Science and Technology, Shanghai 201800)

Abstract Based on the interference of two orthogonal linear polarizations of HE_{11} mode in strongly birefringent single-mode fibers, we utilize delay time techniques, which not only reduce the instrument error, but also lower its cost in comparison with other fiber optical temperature sensors of the same kind.

Key words delay time, optical fiber sensor

1 引言

偏振干涉型光纤温度计的灵敏度介于干涉型和强度型之间。典型的干涉型光纤温度传感器是以光纤耦合器为核心,构成 Mach-Zehnder 的一类干涉仪^[1],它是以两根光纤分别作为干涉仪的测量臂和参考臂。虽然灵敏度高,但由于外界环境因素对参考臂的干扰极为敏感,以致在一般条件下,难以正常工作。文献[2]则以一根高双折射光纤中正交偏振模 HE_{11} 对外界因素有不同相移,使这两个模式的光发生干涉,从而能有效地克服外界因素的干扰。本文利用时间相移技术^[3],以廉价的走马灯调制盘作为检偏器替代文献[2]中昂贵的 Wollaston 棱镜,还省去了一个光电探测器,降低了成本。除此之外,还能消除因两个光电探测器参数不一致而引入的系统误差。

2 传感器工作原理

本传感器是基于高双折射单模光纤中传输的正交偏振模 $HE_{11}^{(x)}$ 和 $HE_{11}^{(y)}$ 的干涉为依据,利用时间相移技术,使系统误差减小,价格降低。系统的工作原理框图示于图 1。由 He-Ne 激光器发出波长为 632 nm 的激光垂直投射到起偏器 P ,由起偏器出射的强度为 I_p 的平面偏振光以 $\theta = 45^\circ$ 角垂直投射到光轴平行于折射表面的 $\lambda/4$ 波片上, $\lambda/4$ 波片将该平面偏振光分解成位相差为 $\pi/2$ 的圆偏振光,由透镜 L 将此圆偏振光会聚注入到温度为 T 的高双折射单模光纤中,均匀激励的光纤的两个偏振态,在温度场的作用下,两正交偏振态的位相差为^[2]

* 91 届应届毕业生; ** 90 届应届毕业生。

$$\varphi(T) = \left[\frac{\alpha(\Delta\phi)}{dT} \right] (T - T_r) \tag{1}$$

其中 $\Delta\phi = \phi_1 - \phi_2$ 为两主轴的位相差, T_r 为环境温度。由(1)式可见, 由于相移不同, 输出光的偏振态可在左旋圆偏振光 \rightarrow 45° 线偏振光 \rightarrow 右旋圆偏振光 \rightarrow 135° 线偏振光之间变化。如果输出端只检测 45° 线偏振光分量, 则光强为^[2]

$$I_1 = \frac{I_p}{2} [1 + \cos\varphi(T)] \tag{2}$$

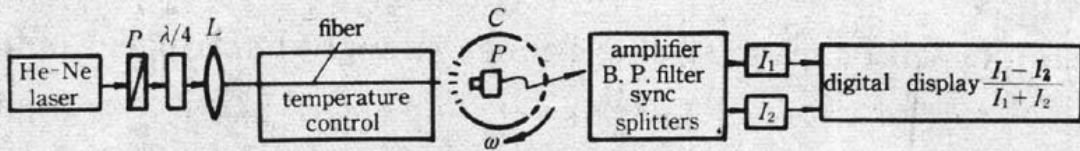


Fig. 1 Block diagram of the measurement system

为了克服光源起伏及环境等因素干扰, 本文利用时间相移技术, 并以走马灯检偏器 C ^[4] 替代文献[2]中的 Wollaston 棱镜来同时检测 45° 线偏振光强 I_1 和 135° 线偏振光强 I_2 。其中 I_2 为^[2]

$$I_2 = \frac{I_p}{2} [1 - \cos\varphi(T)] \tag{3}$$

走马灯检偏器是一组等宽又等距交替地与起偏器透光轴平行和垂直的偏振片构成的。于是当走马灯检偏器以角速度 ω 旋转时, 光电探测器 D 便交替地输出一组等宽又等距的与 45° 线偏振光和 135° 线偏振光对应的电脉冲。该电脉冲放大后的波形示于图 2。对于某温度, 如果高的脉冲代表 I_1 , 则左右相邻的矮脉冲即为 I_2 。这组电脉冲经放大、整形、同步分离等电子线路处理, 分离出 I_1 和 I_2 , 如图 3 所示。图中上半部波形对应于该温度下的 I_2 , 下半部波形则代表 I_1 。然后, 将它们送至相关电路运算, 即可得相位差与 I_1 和 I_2 的对比度 I_s 的关系

$$I_s = \frac{I_1 - I_2}{I_1 + I_2} = \cos\varphi(T) \tag{4}$$

于是, 对于确定的测试系统, 可得温度 T 与 I_s 呈余弦振荡波形。

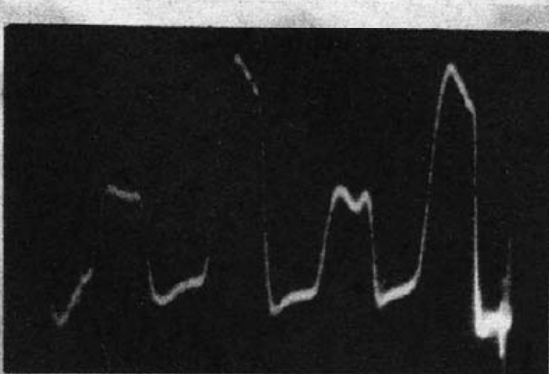


Fig. 2 Output signal of the detector D

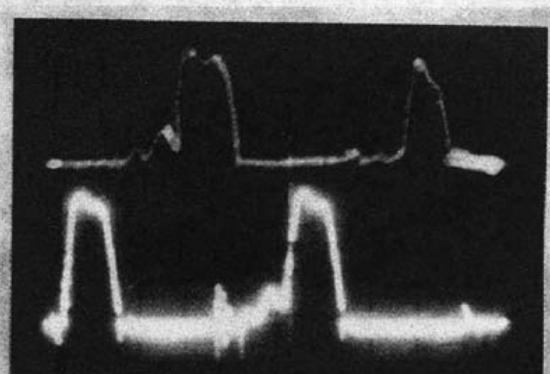


Fig. 3 Upper trace : wave form of the signal $I_2(T)$; lower trace : signal $I_1(T)$

我们以长为 20 cm, 25 cm 和 30 cm 的光纤探头分别作了测量。实验表明, 系统稳定, 重复性较好。系统的灵敏度为 1.3 rad/K · m, 温度分辨率为 0.1 °C, 相对误差为 2%。图 4 为 25 cm 长光纤探头的实验结果。由图可见, 其结果与理论符合甚好。

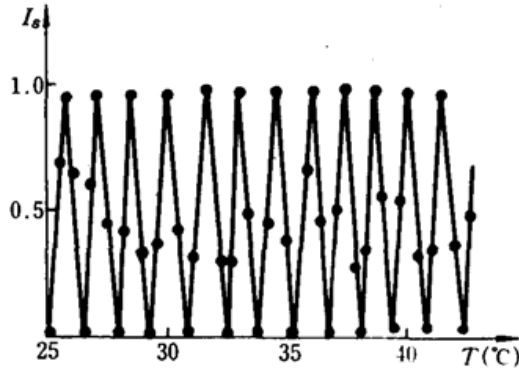


Fig. 4 Response curve of the thermometer

参 考 文 献

- 1 G. S. Maurer *et al.*, *Opt. Lett.*, 7, 561(1982)
- 2 W. Eikhoff, *Opt. Lett.*, 6(4), 204(1981)
- 3 周书铨 *et al.*, *光学学报*, 7(5), 426(1987)
- 4 周书铨 编, *红外辐射测量基础*, 第七章, 上海交通大学出版社, 1991

第三届全国激光加工学术交流会 在武汉召开

由中国光学学会激光加工专业委员会主办,华中理工大学激光研究所承办的第三届全国激光加工学术交流会于1993年5月16日至18日在湖北省武汉市华中理工大学召开,出席会议的代表共105人,会议录用各类论文近80篇,已选编成册。

这次会议反映了近年来我国激光加工领域中研究、应用、发展的最新成果,范围包括:激光焊接、切割;激光打孔、打标、雕刻;激光表面改性;激光加工检测技术与控制技术;激光加工设备与系统;激光器与有关单元技术等。其中,许多文章具有较高的学术水平和应用价值。如谭鸿鑫的“铝合金激光表面合金化研究”具有新思想;朱培蒂的“汽轮机末级叶片的激光熔覆”比较新鲜;查鸿逵的“一种新的管板式电极放电技术研究”比较实用。总体来说,本次会议交流的论文比以往激光加工学术会议,水平大大提高,研究更加深入,涉及范围愈加广泛。

大会邀请了五位教授作专题报告,受到代表们的好评,具体是,邓树森的“激光微加工技术的发展”;陶曾毅的“俄罗斯激光加工发展现状”;左铁钊的“德国激光加工发展现状”;苏宝娣的“激光加工导光聚焦系统发展概况”;丘军林的“高功率激光器的光束质量及其对激光加工的影响”。另外,会议还穿插举行了激光加工教学研讨会、产品信息发布会、中国激光产业发展座谈会和激光加工专业委员会会议。

经激光加工专业委员会讨论决定:第四届全国激光加工学术交流会将于1994年10月在重庆召开。

(赵梅村)