

# 一种用以提高强度型光纤传感器 稳定性的新方法

竺子民

(武汉测绘科技大学)

## 提 要

本文描述了一种 Beheim 的改进型方案,用以提高强度型光纤传感器的稳定性,可用于多种物理量的测量。给出了应用于相对位移测量的实验结果。

关键词: 强度调制光纤传感器。

## 一、引 言

强度型光纤传感器的主要问题,是它极易受干扰,信号强度波动较大,比如,光源强度的变化,光学元件反射、透射率的变化,光电子接收放大系统的漂移等,均会引起信号失真。因此,在要求稳定性优于百分之几的传感器中,重要的是采用适当的强度参考通道,以抵消干扰。

进一步分析这些易于引入的干扰因素,可以看到,它们的影响程度是不同的。首先应考虑对稳定性有直接联系的发光元件和接收放大系统的性能;另一个要考虑的是光学元件对模式的选择性。要增加系统的稳定性,就需使元件对模式的选择性尽量小,例如,使用熔融拉锥扭转法或拼接加压法制造的方向耦合器;光纤受扰动而产生的随机微弯损耗,只要扰动不是很强,一般影响不大;值得庆幸的是,实验表明,我们所用的元件受模式分配的影响很小,基本上可以不考虑。

通过以上分析,可以认为,在必要的时候,舍去某些次要的,而确保影响较大的因素被消除,从而增加系统的稳定性是可能的。

## 二、Beheim 方法及改进

在现有为数不多的稳定措施中,有多组错位,波分复用等,一般都针对一、两种特定的测量对象。

Beheim 1986 年提出一种稳定方案<sup>[1]</sup>,巧妙地使每一路信号都符合“共路”条件,为消除易变因素创造了条件。Beheim 的光路安排中,反射光是不可缺少的,这产生了两个问题:1. 许多场合,反射光很微弱,不能加以利用;2. 反射表面反射率的变化引起的误差该方法不能

消除。

本文设计了一种改进方案,如图 1 所示。图中,LED、PD、C/S 分别为发光二极管、光电接收器件、光纤方向耦合器。设  $T$  为信号,  $P$  为发光二极管的出纤功率,  $C$  为光纤方向耦合器的分光比,  $t$  为光纤传光率,  $M$  为待测物理量对光纤光功率的调制,  $S$  为光电接收系统的转换率及放大率。

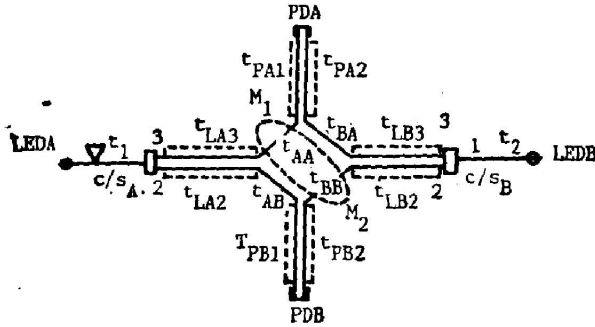


Fig. 1 A new scheme for improving stability of optical fiber sensors

分别驱动发光二极管(LED) A、B, 同时接收光电二极管(PD) A、B 的信号  $T$ , 得到:

$$\left. \begin{aligned} T_{AA} &= P_A t_1 C_{A12} t_{LA3} t_{AA} M_1 t_{PA1} S_A, \\ T_{AB} &= P_A t_1 C_{A12} t_{LA2} t_{AB} t_{PB1} S_B, \\ T_{BA} &= P_B t_2 C_{B12} t_{LB3} t_{BA} t_{PA2} S_A, \\ T_{BB} &= P_B t_2 C_{B12} t_{LB2} t_{BB} M_2 t_{PB2} S_B. \end{aligned} \right\} (1)$$

由于图中矩形虚线所围的光纤对被成缆, 并设光纤的一致性满足要求, 则有  $t_{LA3} = t_{LA2}$ ,  $t_{LB3} = t_{LB2}$ ,  $t_{PA1} = t_{PA2}$ ,  $t_{PB1} = t_{PB2}$ , 计算  $Y$  值:

$$Y = \sqrt{\frac{T_{AA} T_{BB}}{T_{AB} T_{BA}}} = \sqrt{\frac{C_{A12} C_{B12}}{C_{A12} C_{B12}}} \sqrt{\frac{t_{AA} t_{BB}}{t_{AB} t_{BA}}} \sqrt{M_1 M_2}. \quad (2)$$

由于光纤方向耦合器稳定性较高、模式选择性很小时, 等式右边第一个因子为常数, 设为  $\alpha$ 。可以看出, 上式中大部分易变因素都已消除, 只剩下与未成缆光纤传光率有关的一项。只要工作场合的扰动不使光纤的局部弯曲超过一定限度, 微弯损耗是较小的, 如果尽量缩短未成缆光纤的长度, 可以把该项的影响压缩到最小, 这样, 与传光率有关的项也可视为常数, 设为  $\beta$ , 则(2)式成为:

$$Y = \alpha \beta \sqrt{M_1 M_2}. \quad (2)$$

这种光路使  $Y$  与测量  $M$  成正比, 由于没有使用反射光, 因而避免了 Beheim 方法中的缺陷。

为了检验该方法的可行性, 进行了相对位移测量实验。光纤相对位置及尺寸如图 2 所示。

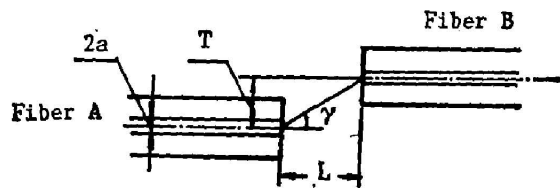


Fig. 2 Relative position between the fibers

### 三、实验结果及讨论

图 1 所示的稳定系统是针对称性干扰的, 对于和性干扰, 如电子系统的零点漂移等, 靠每次数据采集前先取零电平进行减运算来消除。实验使用 APPLE-II 计算机加 A/D 转换板控制发光二极管轮流发光, 采集数据以及数据处理。图 3 为在微调架上纵向移动光纤 B 得到的  $Y$  (曲线 I), 横向移动得到的  $Y$  (曲线 II)。为了考察系统的稳定性, 在图 1“▽”号处, 人为地施加外力使光纤逐渐弯曲, 然后逐渐复原, 得到 NO 和 PROOF 两组信号, 如图 4 所

示,前者未加防护,后者按图 1 布置得到防护。图 4 显示出,当前者变化达了 4% 时,后者基本不变。图 5 是加防护后的  $Y$  值和没有得到防护的各个单路信号  $T_{AA}$ 、 $T_{BB}$ 、 $T_{AB}$ 、 $T_{BA}$  随时间变化的情景。由于第二通道的光电系统应用的运算放大器零点漂移较小,所示它所处理的  $T_{AB}$  和  $T_{BB}$  基本不变,而第一通道的运放漂移很大,  $T_{AA}$  变化了 51%,  $T_{BA}$  变化了 40%, 在这样的情况下,  $Y$  也仅仅变化了 3%。

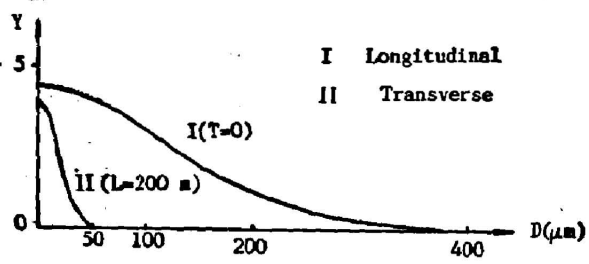


Fig. 3 Curves of  $Y$ -displacement  $D$

从以上的分析和实验,可以认为,图 1 所示系统虽然没有象 Beheim 系统那样完全“共路”,但是对外界扰动仍有较强的抑制力。另一方面,与 Beheim 系统不同的是,并不是要求被测的量既能影响透射光又能产生反射光,而仅仅利用了透射光,这使得在某些场合的使用比较方便,例如,利用 GaAs 晶片测温,如果要求同时利用透射光和反射光,则晶片表面的加工要求就非常高,而晶片的加工往往不是一件容易的事情。

对系统稍作变化,就能方便地对多种物理量进行测量。另外,如果只要求测量一根光纤上的  $M$ ,显然,只要计算  $Y = T_{AA}T_{BB}/(T_{AB}T_{BA})$  即可。

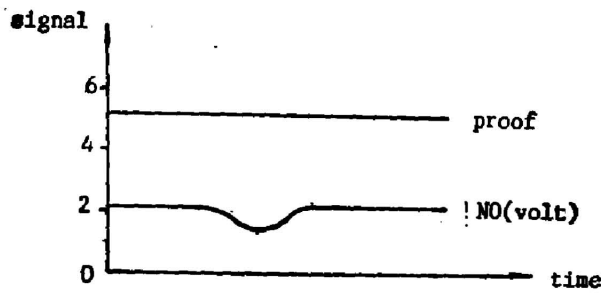


Fig. 4 Curve I of stability test

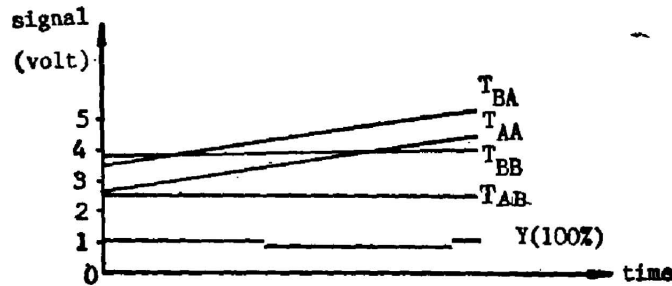


Fig. 5 Curve II of stability test

本系统的不足之处在于它的非共路。如果外界扰动使光纤方向耦合器和未成缆光纤的光学性质发生变化,系统不能消除由此引起的误差。此外,与 Beheim 方法一样,受模数转换芯片工作速度的限制,系统只能对千赫兹数量级以内的物理起作用。

### 参 考 文 献

[1] Glenn Beheim; *Appl. Opt.*, 1987, 26, No. 3 (1 Feb).

**A new scheme for improving stability of intensity  
modulation optical fiber sensors**

ZHU ZHIMIN

*(Wuhan Technical University of Surveying and Mapping)*

(Received 15 January 1988)

**Abstract**

In this paper, an improved Behaim method is described, by which the stability of the intensity modulation optical fiber sensor can be enhanced in the measurement of many physical quantities, the experimental results for measurement of relative displacement are given.

**Key words:** intensity modulation optical fiber sensor.