

滤光片对三角位移传感器测量误差的影响

朱万彬

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所 应用光学国家重点实验室, 吉林 长春 130033)

摘要: 为了提高激光位移传感器接收系统的信噪比, 往往在 CCD 或 PSD 接收器前加滤光片。但是, 滤光片对接收光线的折射作用将引起测量误差, 而且该误差是非线性的, 对于高精度位移传感器来说, 这个误差是不可忽略的。设计了一种补偿方法, 实验表明该方法可行。

关键词: 平行平板; 非线性补偿

中图分类号: TN253 **文献标识码:** A

DOI: 10.3788/OMEI20112811.0089

Influence of Filter on Measure Error of Displacement Sensor

ZHU Wan-bin

(State Key laboratory of Applied Optics, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: In order to improve receiving system signal to noise ratio of the laser displacement sensor, people often place receiver filter in front of CCD or PSD. But the filter for receiving light refraction will cause measurement error, the error is non-linear, and can not be ignored by high-precision displacement sensor. We design a compensation method for this non-linear measure error. The experiments show that the method is feasible.

Keywords: parallel plate; nonlinear compensation

1 引言

三角法测量是一种古老而简单的测量方法, 早

在古代的时候, 人们就开始利用三角法之间的长度与角度关系来进行一些简单的测量, 如灯塔导航和丈量土地等。但是, 由于测量较为粗糙, 精度通常

不是很高,只能作为一种大致估算的方法。而今,随着激光技术的发展,半导体器件的成熟,电子、计算机信号处理功能的强大,使激光三角法的精度得到了保证,借助于现代先进科学技术,三角法测量重现生机。目前,实现位移测量的方法主要有激光测距、激光多普勒、光栅尺、光谱共聚焦位移计、激光三角法、激光干涉仪等。其中,激光三角法是一种使用比较方便的方法,而且其属于非接触的位移测量,目前可实现 $0.001 \mu\text{m}$ 的测量分辨率,已经广泛应用于各种测量位移的场合。国外已有相应的激光位移传感器产品出售。国内在该方面的研究已取得一定的进展,但在产品方面尚未完善。这主要体现在测量精度方面,相对较弱。本文指出在激光三角位移传感器中,由于滤光片的引入将产生测量误差,并研究了其补偿方法^[1]。

2 三角位移传感器的测量原理

激光三角法实质上就是一种光电测量法,即以光电器件为传感器件,进行光电转换,通过分析电信号得到被测量的信息。激光位移传感器就是激光三角法中的一种重要产品,具体过程表述为:将光源发出的光束投射到被测物体表面,物面的部分散射光由光学系统接收到光电探测器;当被测物沿着光源入射方向移动时,打到探测器上的光点位置也会发生相应的移动;二者之间存在确定的数学关系,光点位置的变化进而转换为检测电流大小的变化,解读出电流的变化即可得到被测物的移动情况。在激光位移传感器中,其所使用的光电探测主要是 CCD 和 PSD (Position sensitive detector, 简称 PSD)。PSD 是一种新型的光电器件,又称为坐标光电池。它是一种非分割型器件,可将光敏面上的光点位置转化为电信号。当一束光射到 PSD 的光敏面上时,在同一面上的不同电极之间将会有电流流过,这种电压或电流随着光点位置变化而变化的现象就是半导体的横向光电效应。目前,标准的三角激光传感器已发展得很完备,具体工作原理如图 1 所示。当

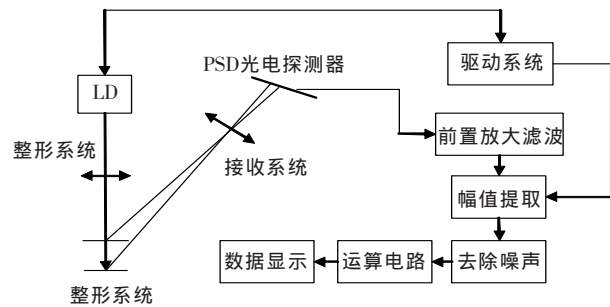


图1 激光位移传感器的整体结构图

激光经由聚光透镜投射到待测工件表面时,由于表面对光散射,经聚焦透镜后投射到光传感器 PSD 上。当待测工件做某方向移动或者探头沿上下移动时,其散射光投射在光传感器上的位置亦将改变,此改变即产生一个差动的信号,经信号处理电路即可计算出位移的大小。

3 滤光片放置引入的误差

滤光片的加入是为了减少外界杂散光对仪器测量结果的影响,它在减小杂散光影响的同时,自身的加入会对成像光束方向造成一定的偏折(如图 2 所示),使成像光点偏离原有像点,给位移的测量带来固有的系统误差。

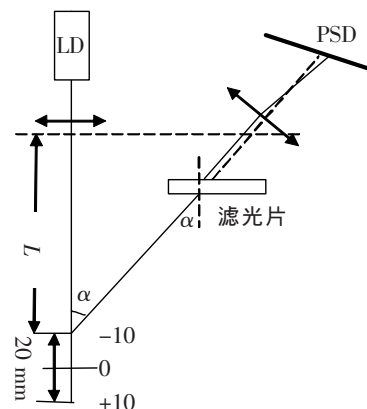


图2 滤光片引起的光路偏折示意图

滤光片在三角法光路中,相当于一个平行平板,由于光焦度为零,出射光线相对于入射光线仅有一个平行移动,不改变方向,如图 3 所示。

根据平行平板的成像特性^[2],可计算出相应的偏移量为:

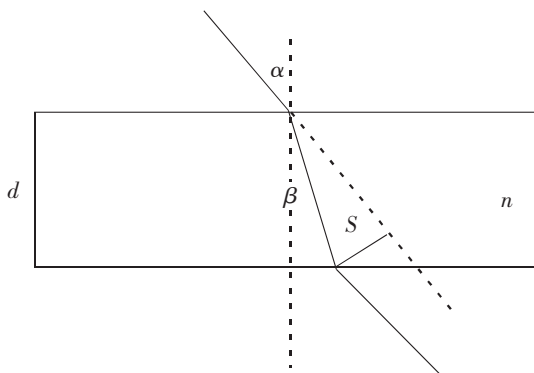


图3 平行平板的光偏折特性

$$S = d \left(1 - \frac{\cos \alpha}{n \cos \beta} \right) \sin \alpha \quad (1)$$

α 为散射光线在滤光片上的入射角, β 为折射角, n 、 d 分别为滤光片的折射率与厚度。在实验中, 滤光片平行于被测物面放置。在测量过程中, 当位移达到最大量程-10 mm 时 (定义 0 点向上为负), 由图中几何关系容易得到最大入射角 $\alpha_{\max} = 26.57^\circ$, 折射率 $n = 1.52$, 代入 (1) 式得:

$$S = d \left\{ 1 - \frac{\cos 26.57^\circ}{[1.52^2 - (\sin 26.57^\circ)^2]^{1/2}} \right\} = 0.38d \quad (2)$$

此时厚度的选择对于精度影响至关重要, 我们应该选择厚度小的滤光片。另外, 在垂直入射的情况下, 入射角和折射角为零。如果将滤光片垂直于成像光轴放置, 则测量过程中, 大部分散射光将以接近于垂直的状态通过滤光片, 该方法可以很大程度地减小滤光片对光路偏折的影响。

4 补偿方法

在位移传感器的设计中, 滤光片的加入是必不

可少的, 一方面是提高信噪比, 另一方面, 滤光片的采用在仪器中对光学系统起到密封的作用。而对于高精度位移传感器, 由以上分析可知, 由于滤光片的引入所产生的误差是不可忽略的。而且在测量过程中, 随着测量位移的不同, 其对滤光片的入射角是不同的, 由此产生的偏移量随着角度的变化而变化。这表明其测量误差随测量距离的大小呈非线性变化, 曲线如图 4 所示。

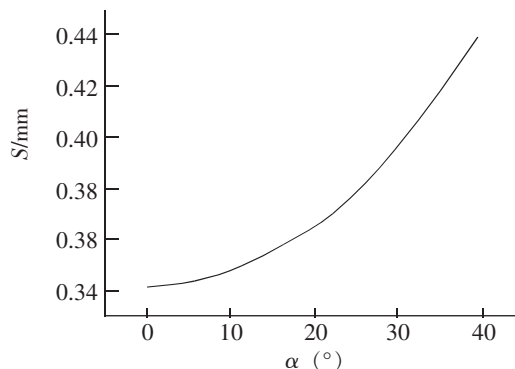


图4 单位滤光片厚度产生的误差

图 4 中, S 为单位厚度滤光片产生的误差, α 为入射角。在位移输出中可将该误差计入。其方法是在不考虑由滤光片的引入产生的误差因素时, 由所测量的位移值计算入射角 α , 再由计算公式求出。

5 结 论

本文分析了滤光片置入后对测量精度的影响, 结果表明, 测量误差呈现非线性。提出测量精度补偿方案, 对测量精度进行有效的补偿, 提高和保证了测量精度。

参考文献

- [1] 冯俊艳, 冯其波, 匡萃方, 等. 高精度激光三角位移传感器的技术现状[J]. 应用光学, 2004, 25(3): 33-36.
- [2] 郁道银, 谈恒英, 主编. 工程光学[M]. 北京: 机械工业出版社, 1994: 39-40.

作者简介: 朱万彬 (1963-), 男, 汉族, 吉林长春人, 副研究员, 主要从事激光测量方面的研究。

E-mail: wanbinzhu@163.com