

⑩  
34-36

# 采用线型 PSD 设计激光位移传感器的研究

王晓东

哈尔滨工程大学 哈尔滨 150001

赵杰<sup>✓</sup> 蔡鹤皋

哈尔滨工业大学 哈尔滨 150001

TP212

**【摘要】**PSD 元件具有分辨率高、检测电路简单、速度快等优点,是一种新型的敏感元件,本文研究了采用 PSD 作为敏感元件,半导体激光管作为发光元件设计激光位移传感器的有关问题。

**叙词:**位移传感器 三角法测量 非接触测量 光电元件 激光

## A Laser Displacement Sensor Based-on Linear Array PSD

Wang Xiaodong

Harbin Engineering University, Harbin 150001.

Zhao Jie and Cai Hegao

Harbin Institute of Technology, Harbin 150001.

**Abstract:** A PSD is a new position sensing component with the advantages of high resolution, simple electronic processing circuit and fast response. This paper presents the solutions to the related problems in the designing of a laser displacement sensor based-on a PSD and a laser diode.

**Key Words:** Displacement Sensor, Triangulation, Non-Contact Measurement, Photoelectric Element.

近年来,光电式位移检测技术的研究十分活跃,已成为测量技术领域中的一个热点。这类传感器大都具有非接触、精度高、抗干扰能力强、适用范围广等特点。目前在国内外都很受重视。

本文所介绍的激光位移传感器,采用半导体激光二极管 LD 作为光源,半导体位置敏感元件 PSD 作为敏感元件。PSD 同目前较普遍采用的线阵 CCD 图象传感器相比。由于它的敏感表面连续分布,以输出模拟信号来

反映入射光点能量重心的位置,因而具有分辨率高的优点,并且检测电路的组成简单,响应速度快,它可用于测量振动等被测物体位置变化快,要求实时测量的场合,具有广阔的应用开发前景。

### 一、线型 PSD 元件简介

线型 PSD 的断面结构,如图 1 所示,它为 PIN 三层半导体硅片结构。P 层为感光面,其两边各有一个信号输出电极,基底 N

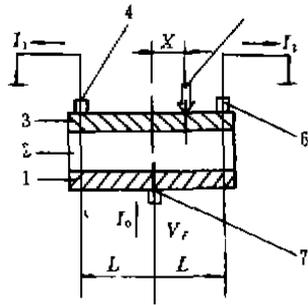


图1 PSD器件的断面结构

1. N层 2. I层 3. P层 4. 输出电极  
5. 入射光 6. 输出电极 7. 公共电极

层上有一个公共电极,用来加偏置电压,当光束照射在PSD表面上时,由于光电效应,产生一定的光生电流 $I_0$ ,又由于横向光电效应,使光生电流以 $I_1$ 和 $I_2$ 分别流向两端输出电极,显然 $I_0 = I_1 + I_2$ , $I_1$ 和 $I_2$ 的大小与光束入射位置到两端电极间的阻抗成反比,由于P层阻抗均匀一致,因此有下式成立:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{L - X}{L + X} \quad (1)$$

由此可推得以下各式:

$$I_1 = I_0 \cdot \frac{L - X}{2L} \quad (2)$$

$$I_2 = I_0 \cdot \frac{L + X}{2L} \quad (3)$$

$$X = L \cdot \frac{I_2 - I_1}{I_2 + I_1} \quad (4)$$

可以看出,入射光斑的位置 $X$ 与入射光的光强大小无关。

当有几束光同时入射时,PSD不能检测出各束光的位置,只能够检测出这几条光的能量重心的位置,即PSD元件只对入射光的能量重心敏感。

## 二、传感器的测量原理

如图2所示,半导体激光管所发出的光束,经过发射透镜变成近似平行的细光束,照射在被测物体上,并被反射,部分反射光经接收透镜将照射在被测物体表面上的光斑成像在PSD敏感表面上,成像光点的位置 $X$ 可以由检测电路得到,根据 $X$ 值可计算出被测物体的距离 $d$ 。

图中,O点为PSD敏感表面的中心, $X$ 为像点与O点的距离,B点为接收透镜的中心,

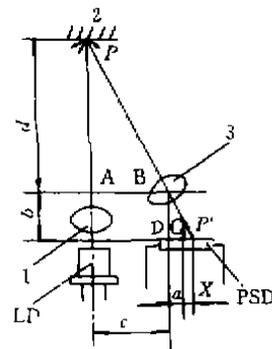


图2 位移传感器测量原理图

1. 发射透镜 2. 被测物体 3. 接收透镜

在传感器结构尺寸已经确定的条件下, $b$ 、 $c$ 、 $a$ 为已知常数,则由相似三角形PAB和BDP'得:

$$d = \frac{bc}{a + X} \quad (5)$$

将上式两端对 $X$ 微分得:

$$\Delta d = - \frac{bc}{(a + X)^2} \cdot \Delta X \quad (6)$$

由(5)式解出 $a + X$ 并代入(6)式得:

$$\Delta d = - \frac{d^2}{bc} \cdot \Delta X \quad (7)$$

由(7)式可以看出,位移传感器的分辨率与结构尺寸以及被测物体的距离有关。

## 三、传感器基本结构尺寸的确定

为使在测量范围内被测物体上所照射的光斑能够全部成像在PSD敏感表面上,需要确定接收透镜的焦距及它与PSD和LD的相对位置。

如图3所示,CA为光束传播方向,CO为PSD敏感表面所在直线,A点为测量范围中的一点,O点为PSD敏感表面的中心,AO为接收透镜的轴线, $f$ 为接收透镜的焦距,由透镜成像公式得:

$$\frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} = \frac{1}{f_1} \quad (8)$$

$$\frac{1}{l_1 + d \cdot \sin \alpha} + \frac{1}{l_2 - X \cdot \cos \alpha} = \frac{1}{f_1} \quad (9)$$

由相似三角形PNB和P'MB得:

$$\frac{d \cdot \cos \alpha}{X \cdot \sin \alpha} = \frac{l_1 + d \cdot \sin \alpha}{l_2 - X \cdot \cos \alpha} \quad (10)$$

由(10)得:

$$X = \frac{dl_2 \cos \alpha}{l_1 \sin \alpha + d} \quad (11)$$

令 $d = 1$ ,则由(8)(9)(10)(11),且

$$l_1 + l_2 = \sqrt{a^2 + b^2} \quad \text{,得:}$$

$$l_1 = \sqrt{a^2 + b^2} \cdot \sin^2 \alpha \quad (12)$$

$$l_2 = \sqrt{a^2 + b^2} \cdot \cos^2 \alpha \quad (13)$$

$$f = \sqrt{a^2 + b^2} \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \alpha \quad (14)$$

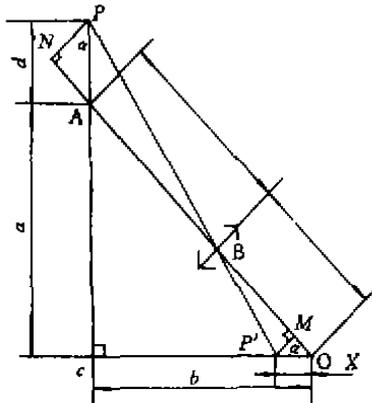


图3 传感器基本结构尺寸的确定

#### 四、PSD 输出信号的检测

PSD 器件的暗电流和外界的杂散光都会引起光电流,叠加在有用信号上,从而造成检测误差。在外界光强较弱,不存在瞬变干扰光的情况下,可采用低输入偏置电流的高精度运算放大器,将 PSD 输出的电流信号转换为电

压信号并进行放大,放大后的信号通过 A/D 转换电路输入到单片机,在单片机的控制下,使 LD 交替发射光束和不发射光束,用两次采集 PSD 输出信号的差值来计算入射光点的位置。这样可同时消除 PSD 暗电流和外界杂散光的影响,并能获得较高的检测精度。

若外界光很强,采用上述方法,会大大超过信号放大电路的检测范围,瞬变光源的存在将使传感器输出错误的检测结果。在这种条件下,可将 LD 输出光强进行调制,通过同步检波将 PSD 输出的有用信号分离出来。检测电路框图如图 4 所示。

图 4 中,若  $u_1 = U_1 \cos \omega t$ ,

$r_1 = R_1 \cos(\omega t + \varphi)$ , 则:

$$u_{o1} = U_1 \cos \omega t R_1 \cos(\omega t + \varphi)$$

$$= \frac{1}{2} U_1 R_1 [\cos \varphi - \cos(2\omega t + \varphi)]$$

$u_{o1}$  通过低通滤波器后,变为直流信号:

$$U_{o1} = \frac{1}{2} U_1 R_1 \cos \varphi$$

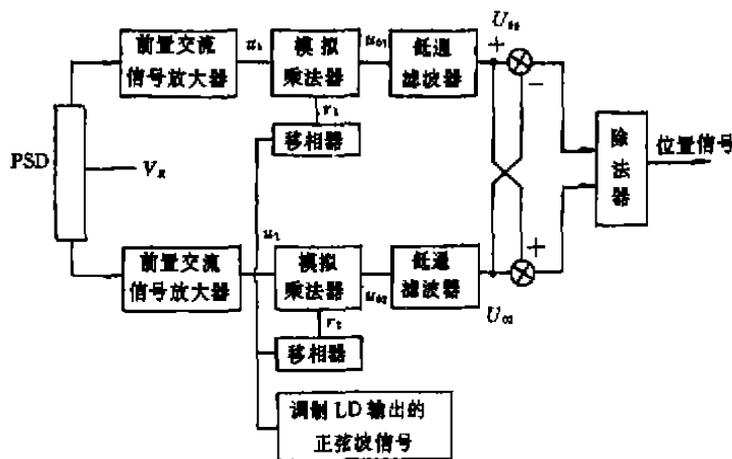


图4 LD进行调制的PSD信号检测电路

#### 五、结束语

本文对采用 PSD 设计激光位移传感器所涉及的有关问题进行了分析研究,目前国内对这种新型的位移传感器的研制和开发刚刚起步,作者采用上述方法所研制的传感器已应用于我国空间机器人多传感器智能手

爪,该手爪已通过国防科工委的验收和航天部组织的鉴定。

(参考文献略)

(收稿日期,1994年8月1日;

修改稿日期,1995年9月5日)