

文章编号:1001-9014(2010)06-0448-04

# 基于热释电红外传感器探测距离影响因素的研究

张晔, 杨卫, 岳元, 徐薇

(中北大学 电子测试技术国防重点实验室 仪器科学与动态测试教育部重点实验室, 山西 太原 030051)

**摘要:**为提高热释电红外传感器对目标(行人)的探测距离,对被动式红外传感器探测系统和红外信号进行了研究.由于热释电红外传感器的信号与目标(行人)的感知部位、环境与目标温度差值、透镜的面积和区段数量有关,设计了一种测试红外传感器探测系统感知距离的试验方法.实验结果表明,在考虑了影响探测距离的几个因素后,改进后的红外探测系统探测距离由原来的10m提高到40m,红外信号探测良好.试验方法和结果对其他同类型探测系统的研究有一定的指导和借鉴意义.

**关键词:**热释电;红外传感器;菲涅尔透镜;人员信号  
**中图分类号:**TP212 **文献标识码:**A

## INFLUENCING FACTORS RESEARCH OF DETECTION RANGE ON PYROELECTRIC INFRARED SENSOR

ZHANG Ye, YANG Wei, YUE Yuan, XU Wei

(National Key Laboratory for Electronic Measurement Technology, Key Lab of Instrumentation Science and Dynamic Measurement, North University of China, Taiyuan 030051, China)

**Abstract:** To improve the detection range of pyroelectric infrared sensor on the target (the pedestrian), the passive infrared sensor detection system and IR signal were studied. The pyroelectric infrared sensor signal is affected by the perception parts on the target (pedestrians), temperature difference between the environment and objectives, lens size and sections related to the number. A detection system for testing infrared sensors distance were designed. Experiments showed that after taking into account several factors which affect the detection range, the detecting distance was improved from 10 meters to 40 meters while keeping the signal level of infrared detection unchanged. Test methods and results offer some guidance and reference for other similar detection systems.

**Key words:** pyroelectric; infrared sensor; fresnel lens; signal of staff

### 引言

被动式红外传感器探测系统是利用热释电材料的热释电效应检测目标(行人)的红外线能量并将其转换成电压信号输出的一种测试系统,由于成本不断降低,已广泛应用于防火、防盗等报警系统及非接触式测温装置等民用产品系统中,是目前广泛应用的传感器器件之一.由于热释电红外线传感器探测距离比较近,在某些特殊场所无法发挥它响应快、灵敏度高的特性,因此对于如何提高被动式红外传感器探测系统的探测距离还有待进一步的研究<sup>[1]</sup>.

目前主要通过选用居里温度更高的热释电材料、体积和热容量更小的特定结构以及选择性更高

的窗口材料等来提高红外传感器探测系统探测距离,但由于技术和成本的原因效果不是很理想.针对提高探测距离中出现的难题,通过分析热释电现象和探测距离的影响因素,设计了一种测试红外传感器探测系统感知距离的试验方法,通过实验验证了这些影响因素对探测距离的影响,为更进一步研究红外传感器的探测距离提供了有效的科学依据.

### 1 被动式传感器探测系统工作原理

#### 1.1 红外传感器工作原理

被动式热释电红外传感器,是一种靠接收物体的红外辐射能量并将其转变为电信号的元件.这种红外传感器是一种二元探测器,包含两个反向串联

收稿日期:2010-03-08,修回日期:2010-05-25

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50675212)

作者简介:张晔(1986-),女,山西太谷人,硕士,研究方向为测试计量技术及仪器,E-mail:yueyuan7763@sina.com.cn.

Received date: 2010-03-08, revised date: 2010-05-25

的热释电元件,当信号同时射到两个敏感元件上时,由于极性相反,输出信号相互抵消,有利于补偿背景辐射等随机噪声产生的误报,但同时也限制了目标物体运动的方向,即目标沿着两个敏感元中垂面方向运动时,没有电压信号输出<sup>[2]</sup>.

### 1.2 菲涅尔透镜工作原理

菲涅尔镜片是红外线探头的“眼镜”,它就象人的眼镜一样,配用得当与否直接影响到使用的功效.配用得当能充分发挥人体感应的作用,使其应用领域不断扩大<sup>[3]</sup>.菲涅尔透镜作用有两个:一是聚焦作用,即将热释红外信号折射(反射)在PIR上,第二个作用是将探测区域内分为若干个明区和暗区,使进入探测区域的移动物体能以温度变化的形式在PIR上产生变化热释红外信号.菲涅尔透镜的主要作用就是将探测空间的红外线有效地集中到传感器上.通过分布在镜片上的同心圆的窄带(视窗)来实现红外线的聚集,相当于凸透镜的作用.考虑透镜的参数主要有:光通量、不同透镜同心度、厚度不均匀性、透镜光轴与外形同心度、透过率、焦距误差等<sup>[4]</sup>.

## 2 红外传感器探测系统影响因素分析

根据上述介绍可知,红外传感器探测系统对同一个目标的探测信号随着距离的增大而逐渐减小<sup>[5]</sup>.通过分析该系统发现探测信号的大小与以下因素有关:

#### (1) 感知部位

感应目标(行人)的某些部位以人体为例,其脸部、膝部、手臂红外辐射较强,而身体下部红外辐射相对较弱,因此红外传感器探测系统放置距离相对越高探测距离相对越远.

#### (2) 环境与目标温度差值

热释电现象与温度密切相关,从式(1)可以看出,热释电电压与晶体接收红外辐射而产生的温度变化速率( $d\Delta T/dt$ )成正比.同时,还与晶体材料的参数 $p$ 、 $\xi$ 、 $\rho$ 及期间结构参数 $b$ 、 $A$ 有关<sup>[6]</sup>.因此环境温度与人体温度之间温差越大,越可以增加系统探测距离.

$$V_s = AR_0 P \frac{d\Delta T}{dt} (1 - e^{-t/\tau}) \quad (1)$$

式中, $A$ 是金属电极面积, $t$ 是时间, $R_0$ 是晶体薄片电阻, $p$ 为热释电系数, $\Delta T$ 为薄片厚度方向的平均温差,可由下式表示: $\Delta T = \frac{1}{b} \int_0^b \Delta T(x) dx$ ( $x$ 是沿薄片厚度方向的坐标), $\tau$ 为时间常数, $\tau = R_0 \xi \xi_0 A / b$ .

#### (3) 透镜的面积

菲涅尔透镜的主要作用是将探测空间的红外线有效的集中到传感器上,因此透镜面积相对越大,透过透镜聚集在热释电敏感元件上的热释电信号越强,从而增加其探测距离.

#### (4) 透镜的区段数量

菲涅尔透镜从外观分类为长形,方形,圆形;从功能分类为单区多段,双区多段,多区多段<sup>[7]</sup>.

镜片(0.7mm厚)表面刻录了一圈圈由小到大,向外由浅至深的同心圆,从剖面看似锯齿.圆环线多而密,感应角度大,焦距远;圆环线刻录的深,感应距离远,焦距近.红外光线越是靠近同心环,光线越集中且越强.同一行的数个同心环组成一个垂直感应区,同心环之间组成一个水平感应段.垂直感应区越多垂直感应角度越大;镜片越长,感应段越多,水平感应角度就越大.区段数量多,被感应人体移动幅度就小,区段数量少,被感应人体移动幅度就要大<sup>[8]</sup>.不同区的同心圆之间相互交错,减少区段之间的盲区.由于镜片受到红外探头视场角度的制约,垂直和水平感应角度有限,镜片面积也有限.

## 3 实验方案及测试方案分析

### 3.1 实验方案分析

通过采集目标(行人)运动的红外信号,观察输出波形,对不同菲涅尔透镜性能以及影响红外感知距离的不同因素做摸底实验.整个测试系统包括:不同区段型号的非涅尔透镜、被动式热释电红外传感器、放大电路等组成.

### 3.2 测试方案分析

#### 3.2.1 基于菲涅尔透镜的测试

测试方法如图1所示,以传感器为坐标原点建立坐标系,将不同区段型号的非涅尔透镜安装在传感器的探测窗口中,如图2所示,其窗口面积是一定的.透镜通过固定大小的窗口(面积相同)对同一特点目标进行感知探测.然后在传感器感应角度范围内令目标沿 $Y$ 轴分别按1m为间距在平行于透镜的平面内行走,直到没有信号时停止.表1列出了不同型号的非涅尔透镜在不同距离下的测试结果.

表1 菲涅尔透镜距离探测表

Table 1 Fresnel lens detection range

型号	距离							
	5m	10m	15m	20m	25m	30m	40m	
ML002	3.2V	1.6V						
8709SM	3.35V	2.7V	1.35V					
7706型	3.7V	3.7V	2.4V	1.25V	0.9V			
8204型	3.7V	3.7V	3.7V	2.65V	2.15V	1.5V	0.8V	

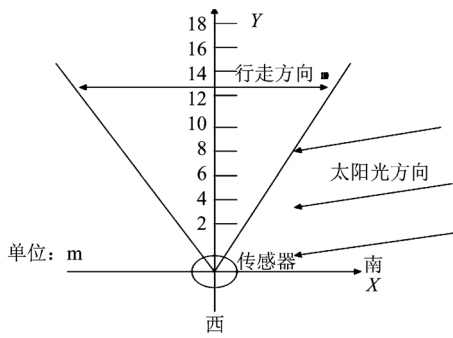


图1 测试方法  
Fig.1 Test method

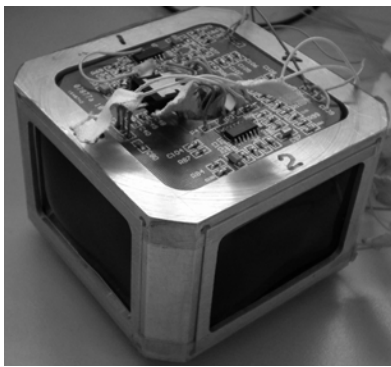


图2 传感器探测窗口  
Fig.2 Sensor detection window

由实验列表可以看出:不同区段型号的非涅尔透镜在相同距离输出的红外信号幅值(上下峰峰值)不同.其中“—”代表电压值小于等于0.2V,默认为感应不到人员的红外信号;由于电压基准为1.5V,当探测目标的电压值大于3.7V时出现削顶现象即峰峰值为3.7V.通过试验得知单区多段型ML002透镜探测距离为10m,双区多段型8709SM透镜探测距离为15m,多区多段型的7706和8204探测距离分别为25m和40m.8204型比ML002型的探测距离提高了4倍.

3.2.2 基于环境与目标温度差值的测试

在有空调的室内,通过调节室内温度,目标(行人)在距离透镜16m的地方匀速行走,观察输出红外信号波形,图3(a)是15℃时16m处红外信号;图3(b)是35℃时16m处红外信号,通过对比两者的红外信号波形分析温度对信号的影响.(非涅尔透镜选用8204型).

由于热释电传感器对温度比较敏感,从实验采集到的波形图观察得出,15℃时红外信号峰峰值(2.2V)明显比35℃(3.7V)时小.

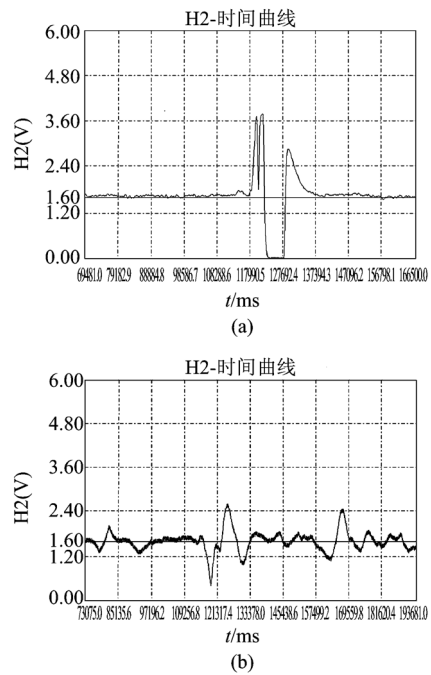


图3 红外信号 (a)室温15℃ (b)室温35℃  
Fig.3 IR signal (a) room temperature 15℃ (b) room temperature 35℃

4 实验结论分析

4.1 基于菲涅尔透镜测试结果

比较表1中7706型与ML002型探测目标信号电压可知广角式透镜比幕帘式透镜探测距离更远.ML002型是单区多段型,而7706型是多区多段型,通过实验验证了菲涅尔透镜区段数量多被感应人体移动幅度就小,区段数量少被感应人体移动幅度就要大,透镜是多区多段型提高了红外感知系统的灵敏度,从而增加探测距离.

比较表1中8204型与其他三种透镜探测目标信号电压可知黑色透镜镜片比白色透镜镜片感知距离更远.由于黑色镜片的透光性更好、抗干扰性更强,且其内部刻录圆环线比ML002型深、多、密.通过实验验证了菲涅尔透镜圆环线多而密感应角度大,焦距远;圆环线刻录深,感应距离远,焦距近.

4.2 基于环境与目标温度差值测试结果分析

由实验验证可知:环境温度与目标温度之间温差越大,越可以增加系统探测距离.

实验结果表明在充分考虑影响因素的条件下进行试验后,被动式红外传感器探测系统探测距离明显增大,充分体现了本方法的可行性.

## 5 结论

通过热释电红外传感器对目标(行人)探测距离的试验,分析了目标(行人)的感知部位、环境与目标温度差值、透镜的面积和区段数量等探测中存在的因素。结合各自特点,利用设计的测试方法对不同影响因素下的目标(行人)进行探测,快速直观的分析比较出对探测距离的影响,具有测试效率高和复用灵活的特点。试验结果表明,菲涅尔透镜的面积和区段数量以及环境温度极大的影响了被动式红外传感器探测系统的感知距离,通过改进,探测距离在原有基础上提高了近 4 倍。本方法对其他同类探测系统的研究有一定的指导和借鉴意义。

## REFERENCES

- [1] JI Xin-Ming, WU Fei-Die, WANG Jian-Ye, *et al.* The application of the portable infrared absorption sensor in fire detection[J]. *Chinese Journal of Sensor Actuators*(纪新明, 吴飞蝶, 王建业, 等. 用于火灾探测的非色散红外吸收气体传感器. *传感技术学报*), 2006, **3**(15): 64—67.
- [2] Ho J-J, Fang Y K, Lee W J, *et al.* The dynamic response analysis of a pyroelectric thin-film infrared sensor with thermal isolation improvement structure[J]. *IEEE Transactions on Electron Devices*, 1999, **46**(12): 2289—2294.
- [3] PU Chao-Guang, XIANG Lan. Pyroelectric coefficient measurement for ferroelectric materials[J]. *Infrared and Laser Engineering*(普朝光, 向兰. 铁电材料红外热释电系数测试研究. *红外与激光工程*), 2006, **35**(6): 771—776.
- [4] Lee S, Ha K N, Lee K C. A pyroelectric infrared sensor-based indoor location-aware system for the smart home[J]. *IEEE Transactions on Consumer Electronic*, 2006, **52**(4): 1311—1317.
- [5] Liu W G, Sun L L, Zhu W G, *et al.* Thermal analysis of pyroelectric infrared sensors fabricated by a flip-chip transfer method[J]. *Integrated ferroelectrics*, 2002, **49**(1): 245—254.
- [6] YU Sheng-Yun, SUN Sheng-Li. The design of multi-wireless infrared detectors and intelligent burglary-resisting system[J]. *Laser and Infrared*(于胜云, 孙胜利. 多路无线红外探测智能安防系统设计. *激光与红外*), 2008, **4**(11): 42—44.
- [7] GU Rong-Ye. A kind of new type moving detector[J]. *Electronic Test*(顾荣业. 一种新颖的微动探测器. *电子测试*), 2007, **7**(19): 75—78.
- [8] CHEN Shu-Jing, XIONG Juan. Design and implementation of a high performance infrared signal detection switch[J]. *Modern Electronic Technique*(陈淑静, 熊娟. 一种高性能红外信号检测开关的设计与实现. *现代电子技术*), 2009, **32**(8): 138—139.
- [6] Ravi Kumar V V, Gorge A, Reeves W, *et al.* Extruded soft glass photonic crystal fibre for ultrabroad supercontinuum generation[J]. *Optics Express*, 2002, **10**(25): 1520—1525.
- [7] LI Ai-Ping, ZHENG Yi, ZHANG Xing-Fang, *et al.* The supercontinuum generation in a photonic crystal fiber pumped at the anomalous dispersion region[J]. *Laser Technology*(李爱萍, 郑义, 张兴坊, 等. 反常色散区抽运光子晶体光纤产生的超连续谱. *激光技术*), 2008, **32**(1): 50—51.
- [8] ZHANG Ming-Hui, ZHU Zi-Min. Study on relationship of supercontinuum spectral width and wavelength in photonic crystal fiber[J]. *Optical Instruments*(张明辉, 竺子民. 光子晶体光纤中超连续谱宽与波长关系的研究. *光学仪器*) 2007, **29**(3): 41—43.
- [9] Lehtonen M, Genty G, Ludvigsen H. Supercontinuum generation in a highly birefringent microstructured fiber[J]. *Appl Phys Lett*, 2003, **82**(14): 2197—2199.
- [10] Agrawal G P. *Nonlinear fiber optics, Third Edition & Applications of Nonlinear Fiber Optics*[M]. Elsevier Science, 2001(贾东方 余震虹等译. *非线性光学原理及应用*. 第一版, 北京, 电子工业出版社), 2002, 208—211.
- [11] JIA Ya-Qing, YAN Pei-Guang, LV Ke-Cheng, *et al.* Experimental study and numerical analysis of femtosecond propagation and supercontinuum generation in high nonlinear photonic crystal fiber[J]. *Acta Physica Sinica*(贾亚青, 严培光, 吕可诚等. 高非线性光子晶体光纤中飞秒脉冲的传播特性和超连续谱产生机制的实验研究及模拟分析. *物理学报*), 2006, **55**(04): 1809—1811.
- [12] YAN Pei-Guang, RUAN Shuang-Chen, DU Chen-Lin, *et al.* Supercontinuum generation in photonic crystal fiber pumped by femtosecond pulses[J]. *Acta Photonica Sinica*(闫培光, 阮双琛, 杜晨林, 等. 飞秒脉冲作用下光子晶体光纤超连续谱的产生. *光子学报*), 2003, **32**(11): 1209—1300.
- [13] ZHOU Bing, JIANG Yong-Liang, CHEN Xiao-Wei, *et al.* Numerical simulation on propagation of ultra-short laser pulse in photonic crystal fibers with different group velocity dispersion parameters[J]. *Acta Optica Sinica*(周冰, 姜永亮, 陈晓伟, 等. 超短激光脉冲在不同色散参量光子晶体光纤中传输的数值模拟. *光学学报*), 2007, **27**(2): 324—327.
- [14] Rabin H, Tang C L. *Quantum electronics; A Treatise. volume 1-nonlinear optics. part A*[M]. New York, Academic press. Inc, 1975.

(上接 447 页)