

·测试、试验与仿真·

电容测压器的光触发与红外通信设计

舒跃飞¹, 李新娥¹, 刘雪飞¹, 潘保青²

(1. 中北大学 电子测试技术国家重点实验室, 太原 030051; 2. 北京跟踪与通信技术研究所, 北京 100094)

摘要:针对内触发的壳体电容电子测压器易发生误触发与不触发, 插线通信方式繁琐且通信插口易磨损等缺点, 设计了光触发与红外通信的壳体电容测压器。设计了高强度透明屏蔽关窗复合结构与光电触发电路, 保证测试场中光能触发测压器采集存储压力信号, 同时屏蔽对测试电路有害的干扰电磁场波段。设计了红外通信接口, 实现了测压器与上位机的正常通信。测试实验表明, 改进后的测压器能可靠工作。

关键词:压力测试; 光触发; 红外通信; 电磁屏蔽

中图分类号: TN929.1

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2015)-04-0066-04

Design of Optical Trigger and Infrared Communication for Capacitive Manometer

SHU Yue-fei¹, LI Xin-e¹, LIU Xue-fei¹, PAN Bao-qing²

(1. National Key Laboratory for Electronic Measurement Technology, North University of China, Taiyuan 030051, China;

2. Beijing Institute of Tracking and Communication Technology, Beijing 100094, China)

Abstract: The shell capacitive electronic manometer with internal trigger has some shortcomings, such as error trigger and no trigger, complicated plug line communication and communication socket easy to be worn. According to the shortcomings, the shell capacitive manometer and infrared communication for capacitive manometer is designed. The high strength transparent shield window and photoelectric trigger circuit are designed to ensure the manometer with light energy trigger to collect and storage pressure signals in a testing field. And the electromagnetic interference affected to the testing circuit is shielded. The infrared communication interface is designed. The normal communication between the manometer and the host computer is realized. Test experiments show that the improved manometer can operate reliably.

Key words: pressure test; optical trigger; infrared communication; electromagnetic shielding

电子测压器广泛应用于膛压测试。壳体电容式测压器由于具有微体积、低成本、高精度、传感器不依赖进口等优点, 将发展为下一代传感器^[1-3]。目前电容式测压器采用内触发与插线读数。早期的内触发原理是若连续十次采集的电压信号都比前一次大, 则系统认为是有效触发, 并在采集存满预留存储空间后测试仪停止采样进入低功耗态。由于测试仪基于电容传感, 壳体构成了传感器的一极, 往往由于壳体装配的差异导致传感初始电容发生变化, 导致

测试结果发生偏差, 严重时甚至发生不触发或提前触发的现象。同时插线通信的方式繁杂且插口易磨损, 从而使通信不便, 为此设计了保密性强的非接触红外通信方式^[4]。

1 改进后的测压器结构

基于电容充放电原理而设计的微小电容调理电路, 构成了压力测试仪的重要组成部分。测试电

路其主要由电源管理模块、模拟调理电路、SoC处理器、高频晶振、光触发电路和非接触式接口电路组成。测压器内面板上光触发电路感知通过关窗的触发光信号,SoC开始采集存储压力信号。具体的,压力由壳体感知后,形变信号将变为电容信号并由模拟调理电路转换和放大为电压信号,输入到SoC内部进行采集与存储。数据存满预留的存储器空间后采样结束,并自动复位。当系统满足正常的通信条件时,就可以把压力测试仪内部的测试数据通过非接触式接口很方便地上传到上位机中,进行后续数据处理。压力测试仪结构图如图1。

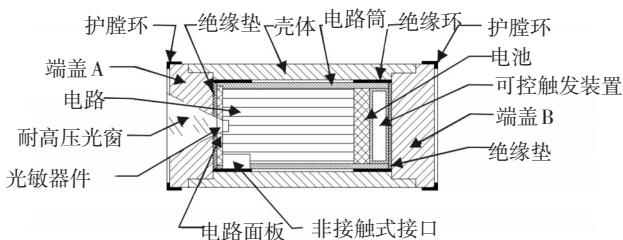


图1 压力测试仪结构图

2 光触发电路

由于采用光触发,可靠的光电转换电路将是测试系统的重要组成部分。光电检测部分包括有透明屏蔽薄膜的光窗、光电检测器件、信号放大与处理模块、单片机。其中光电检测器件是将光信号转变为电信号的器件,在光电检测系统中占有非常重要的作用,同时对系统质量、体积、可靠性等影响较大。考虑测试环境与压力测试仪的固有特性,所选取的光电器件的工作频谱范围应与火药燃烧的光信号频谱相匹配,在强度上也应较好吻合。同时光电器件还应当具有快速响应的特点。而对于光触发电路,则要求设计的电路体积小(易集成)、低功耗、响应速度快、光电转换能力强、可靠性高等特点。

实际设计时,采用了北京敏光科技有限公司的LSSPD-SMDBlue1.5PIN硅光电二极管。该光电二极管的响应波长为300~1250 nm,与火药燃烧的光谱范围匹配较好^[5],灵敏度为0.5 mA/mV,峰值波长在940 nm。同时该型号光电器件,具有微体积的特点,大小仅为1.5 mm×1.5 mm,易于安装在测压器面板上,安装图如图2所示。

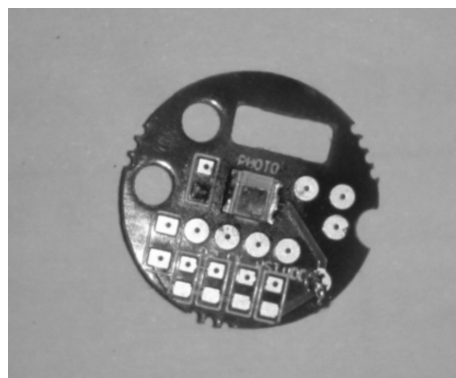


图2 光电器件安装图

基于此所设计的光电触发电路如图3所示。

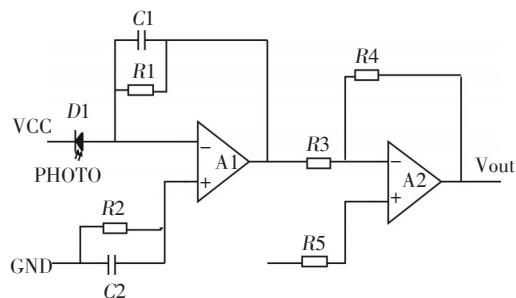


图3 光电触发电路图

图3所示的光电转换电路实现了光电转换,并与控制单片机实现信号通信。当系统在循环采样时,单片机检测到该电路输出的高电平信号后,系统便进入触发态实现对膛压信号的采集存储。

3 红外通信设计

红外通信是利用950 nm近红外式波段的红外线作为传递信息的媒体,即通信信道。发送端采用脉冲调制(PPM)方式,将二进制数字信号调制成某一频率的脉冲序列,并驱动红外发射管以光脉冲的形式发送出去;接收端将接收到的光脉转换成电信号,再经过放大、滤波等处理后送给解调电路进行解调,还原为二进制数字信号后输出,其传输速率为115.2 Kb/s。测压器与红外通信接口传输实物图如图4。

测压器中的SoC系统本身不具备非接触式通信接口^[6],但可以利用SoC的串行接口与片外的红外发射和接收电路,组成一个应用于SoC系统的非接触式串行半双工通信接口,与工作站的非接触式接口

实现通信,用来取代点对点的线缆连接,以此可靠实现点对点直线数据传输,保密性极强,在试验前实现对测试仪参数的设置,在试验后实现数据的回读。该收发器的封装尺寸为 $1.8 \times 7.2 \times 2.75 \text{ mm}^3$,在关闭模式下,电流最大消耗仅为 $0.1 \mu\text{A}$ 。在 $-40 \text{ }^\circ\text{C} \sim +85 \text{ }^\circ\text{C}$ 的范围内可正常工作。本系统选用了惠普公司生产的HSDL-7001编解码器,其编解码原理如图5与图6所示。

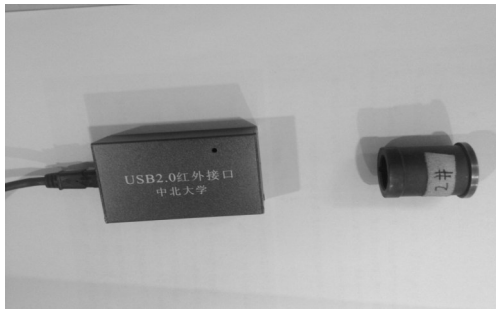


图4 红外通信实物图

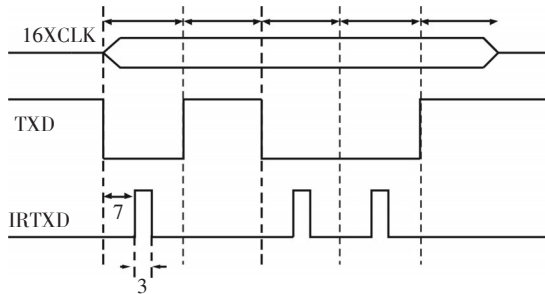


图5 HSDL-7001 编码时序图

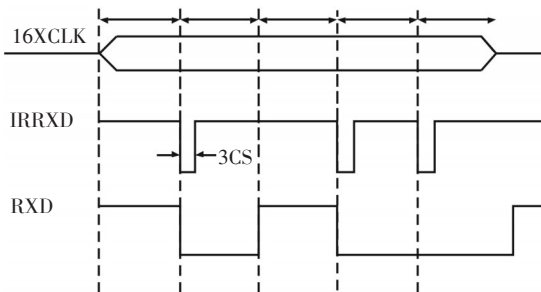


图6 HSDL-7001 解码时序图

4 高强度光窗的设计

要实现光触发,必须在测压器的外壳某一区域开窗,以使触发光信号通过具有感压与保护功能的

壳体,作用于壳体内的光电器件。由于光窗将直接处在瞬时强温度场与压力场中,这要求光窗的材质必须抗高冲击与高温。选取的光窗材料为南京神童特种玻璃技术有限公司生产的铝硅玻璃,能抗 $1500 \text{ }^\circ\text{C}$ 高温和 1150 MPa 高压。

开窗将破坏原先由外壳体构成的屏蔽体的完整性,进而使测试环境的一部分电磁干扰通过辐射形式进入测压器内部,如果不采取措施,该电磁干扰将对内部敏感设备造成严重的干扰。实际测试时,发现由于光窗的开设,压力测试仪很容易受到燃爆场中的电磁干扰而误触发,为此应当加强屏蔽措施。

一般用屏蔽效能来表示屏蔽体电磁屏蔽效果的好坏。公式表示为

$$SE = 20 \lg \frac{E_0(\text{无屏蔽})}{E_s(\text{有屏蔽})} (\text{dB}) \quad (1)$$

$$SE = 20 \lg \frac{H_0(\text{无屏蔽})}{H_s(\text{有屏蔽})} (\text{dB}) \quad (2)$$

式中, E_0 、 E_s 、 H_0 、 H_s 分别表示屏蔽前后的电场与磁场强度。理想状态下,应使用较厚的金属屏蔽体,并且该屏蔽体是一体连续的结构,尽量没有开孔和接缝。由于在要求屏蔽材料具有较好电磁屏蔽效果的同时,还希望屏蔽材料对光敏器件工作的电磁波段具有低损耗的特性。这里选择透明电磁屏蔽材料。常见的透明电磁屏蔽材料有薄膜型材料。薄膜型材料利用薄膜的透明性传光,利用薄膜中的导电粒子形成的导电通道达到屏蔽的目的。导电膜的方块电阻(X)与膜对电磁波的反射率(R)及屏蔽效能有如下关系式

$$R = \frac{377 - X}{377 + X} \quad (3)$$

$$S_E = 20 \lg(1 - R) \quad (4)$$

由于氧化物膜系中的氧化锡薄膜(ITO膜),技术成熟,性能稳定,且具有低电阻率、与玻璃有较强附着力、较好的透光率、较好的化学稳定性及耐磨的特点,最终选取一种方块电阻为 $5 \sim 3 \ \Omega/\square$,透光率为 $76.3\% \sim 71.6\%$,屏蔽效能为 $54.8 \sim 63.2 \text{ dB}$ 的高性能ITO膜。由于镀膜的速度对电磁屏蔽效果也有着较大影响,给光窗镀膜时,控制好速度十分重要。透明电磁屏蔽薄膜与开孔透光薄铁片一起,保证光触发压力测试仪在强电磁场环境下正常触发与采集存储压力数据。

5 实测数据

某次实测利用膛压发生器产生模拟膛压的,测试曲线如图7。

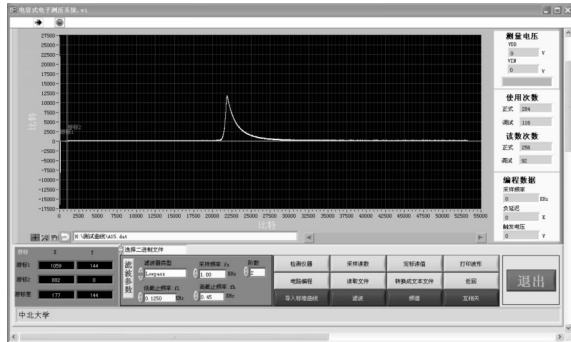


图7 上位机软件实测数据界面

6 结论

光触发的电容测压器有效解决了由于装配过程导致电容变化造成的工作异常,同时光窗结构的

设计兼顾了光触发与电磁屏蔽需求。设计的红外通信方式以非接触方式,避免了插线通信由于频繁插拔造成的损伤。拥有光触发与红外通信的壳体电容测压器将能更好服务于国防建设。

参考文献

[1] 李新娥,祖静,马铁华,等.用于火炮膛内压力测试的电容式传感器的设计[J]. 仪器仪表学报,2011,32(3):640-645.

[2] 李新娥,祖静,马铁华,等.一种新型电容式压力传感器的研究[J]. 兵工学报,2011,32(4):476-481.

[3] 刘飞.基于壳体电容的高压传感器仿真和实验技术研究[D]. 太原:中北大学,2012.

[4] 韩慧,曹帮琴,倪荣军.基于MSP430单片机的红外光通信装置的设计与实现[J]. 科技通报,2014,30(11):72-74.

[5] 陈明华,阎建平.发射药燃烧光谱测试技术[J]. 光电技术应用,2011,26(4):86-88.

[6] 沈建华,杨艳琴.MSP430系列16位超低功耗单片机原理与实践[M].北京:北京航空航天大学出版社,2008:2-50,265-266.

(上接第61页)

of a density function with applications in pattern recognition [J]. IEEE Trans. Information Theory,1975,21(5):32-40.

[2] 高文,陈熙霖.计算机视觉-算法与系统原理[M].北京:清华大学出版社,2000:5-11.

[3] 侯晴宇,张伟,武春风,等.改进的均值移位红外目标跟踪[J]. 光学精密工程,2010,18(3):764-770.

[4] Dorin Comaniciu, Visvanathan Ramesh, Peter Meer. Kernel-based object tracking[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,2003,25(5):564-577.

[5] Dickmanns E D. The development of machine vision for road vehicles in the last decade[J]. IEEE Intelligent Vehicle Symposium,2002,6(1):268-281.

[6] KAILATH T. The divergence, Bhattacharyya distance measures in signal selection[J]. IEEE Trans. Comm. Technology, 1999,15(2):253-259.

[7] 崔文超,金钢,柳建.一种灰度成像扩展目标跟踪方法[J]. 光电工程,2005,32(7):18-22.

[8] 江增伟.融合区域颜色和纹理特征的Mean Shift目标跟踪

方法研究[D]. 合肥:合肥工业大学,2012,38-44.

[9] 苏先文,王庆贤.融合纹理信息的均值偏移跟踪算法[J]. 信息技术,2011(2):57-59.

[10] 韩兆福,曾令伟,黄晨,等.结合运动目标轮廓提取的均值漂移算法[J]. 激光与红外,2010,40(11):1258-1262.

[11] 张恒,李立春,于起峰.尺度方向自适应Mean Shift跟踪算法[J]. 光学精密工程,2008,16(6):1133-1139.

[12] 张伟平,赵楠楠,李培华.一种改进的EMD目标跟踪方法[J]. 计算机工程与应用,2010,46(33):151-154.

[13] 刘晴,唐林波,赵保军,等.改进的mean shift目标跟踪算法[J]. 系统工程与电子技术,2013,35(6):1318-1323.

[14] Lei Y, Ding X, Wang S. AdaBoost Tracker Embedded in Adaptive Particle Filtering[C]. In Proc. of ICPR, New York: IEEE Press,2006,4:939-943.

[15] 虞旦,韦巍,张远辉.基于单目视觉的移动机器人跟随[J]. 仪器仪表学报,2010,31(3):659-664.

[16] 王国良,刘金国.基于粒子滤波的多自由度运动目标跟踪[J]. 光学精密工程,2011,19(4):864-869.