

· 光电工程系统技术 ·

## 红外辐射强度测量系统设计

华振斌, 孟凡斌

(东北电子技术研究所, 辽宁 锦州 121000)

**摘要:**详细阐述了以辐射源为基准, 基于虚拟仪器的物体红外辐射强度测量系统的设计. 分析了探头、控制器、信息处理器等各组成部分的原理及器件选择. 给出了软件的流程. 通过对环境温湿度的采集, 计算了大气透过率, 最大限度地控制了周边环境对测量结果的干扰. 系统运行稳定、测量精度高, 可应用于多种物体的红外辐射强度测量.

**关键词:**红外辐射强度; 标定; 虚拟仪器

中图分类号: TN216

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2009)02-0010-03

## Design of Measuring System for Object Infrared Radiation Intensity

HUA Zhen-bin, MENG Fan-bin

(Northeast Research Institute of Electronics Technology, Jinzhou 121000, China)

**Abstract:** The design of measuring system based on virtual instrument for object infrared radiation intensity is described in accordance with the radiation source. The components selection and the principle of the compositions such as detector, controller and processor are analyzed. The flow chart of the software is given. The atmospheric permeation rate is calculated by collecting environmental temperature and humidity information in order to extremely control the ambient environment influencing the measured results. The system is capable of measuring various objects infrared radiation intensity with running stability and high accuracy.

**Key words:** infrared radiation intensity; calibration; virtual instrument

随着红外物理及相关技术的发展, 红外技术已得到迅速推广. 物体的红外辐射强度测量目前在工业、农业、医学、交通等很多行业有着广泛的应用. 通过对不同目标和背景红外辐射特性的研究, 不仅能预言各种技术应用方案的可行性, 而且在产品研制、生产、检测等各个阶段对安全生产和产品质量都起到很好的辅助和监控作用. 对于以红外辐射为主要应用的产品, 红外辐射强度更是最重要的技术指标. 为此设计了以辐射源为基准, 基于虚拟仪器的物体红外辐射强度测量系统, 能够有效地测量物体的红外辐射强度, 并给出红外辐射强度随时间变化的曲线, 通过曲线可以方便、快捷、精确地了解物体的红外辐射特性, 为科研、生产、检验给出有力的依据.

### 1 测量原理

测量的基本原理是通过探测器对标准辐射源与被测物体的不同输出电压响应进行比较. 根据距离平方反比定律求得被测物体在  $\lambda_1 \sim \lambda_2$  波段上的辐射强度. 标准辐射源的腔口面积为  $A_{BB}$  的黑体, 绝对温度为  $T$ , 在  $\lambda_1 \sim \lambda_2$  波段上, 探测器在其法线方向距离为  $d$  处测得的电压为  $V_c$ . 用相同探测器测量物体时, 在距离被测物  $D$  处测得的电压为  $V_s$ . 则被测物体的辐射强度为

$$I = \frac{V_s}{V_c} \cdot M \cdot \left(\frac{D}{d}\right)^2 = A_{BB} \cdot \frac{V_s}{V_c} \left(\frac{D}{d}\right)^2 \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{hc(\lambda k_B T)} - 1} d\lambda \quad (1)$$

收稿日期: 2009-03-18

作者简介: 华振斌(1982-), 男, 山东潍坊人, 学士, 研究方向为光电工程.

式(1)中,  $M$  为黑体的光谱辐射出射度;  $\lambda$  为波长 ( $\mu\text{m}$ );  $T$  为黑体温度 ( $\text{K}$ );  $c$  为光速 ( $\text{m/s}$ );  $K_B$  为玻尔兹曼常数;  $h$  为普朗克常数<sup>[1]</sup>.

用测试系统测量标准辐射源的过程称为标定<sup>[2]</sup>, 标定过程主要是采集并记录探测器的电压响应  $V_c$ , 并长期保存. 进行物体红外辐射强度测量时, 系统采集探测器的电压响应  $V_s$ , 根据式(1)求得被测物体的辐射强度.

## 2 测量系统设计

### 2.1 硬件构成及设计分析

测量系统由3部分组成: 探头、控制器、工控机, 如图1所示.

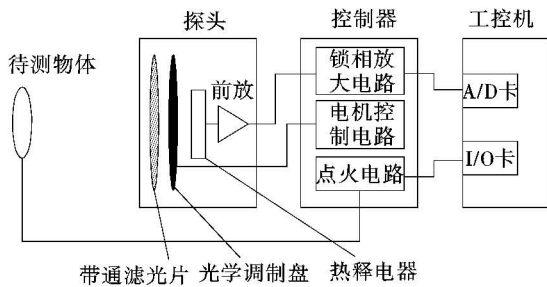


图1 硬件设计框图

探头的作用是完成光信号到电信号的转换, 其主要由4个部分组成, 带通滤光片, 光学调制盘, 光电转换器件, 以及前置放大器. 如果测量物体在波段  $3\sim 5\ \mu\text{m}$  的辐射强度, 那么可以用1片  $3\sim 5\ \mu\text{m}$  的带通滤光片, 以过滤  $3\sim 5\ \mu\text{m}$  以外的辐射光, 使得到达探测器的入射光仅为  $3\sim 5\ \mu\text{m}$  之间的辐射光. 热释电器件只响应变化的光信号, 所以需要有一个光学调制盘来对入射光进行调制. 热释电器件的光谱是近乎均匀的, 符合应用需要, 选用的热释电器件光敏材料为钽酸锂晶体, 窗口材料为 KRS-5, 光敏元直径为  $5\ \text{mm}$ , 其相对光谱响应曲线如图2所示. 前置放大器用来把光电转换器输出的微弱信号进行初步放大, 便于传输及进一步放大. 以上4个部分装于一个封闭的小金属机箱内, 机箱上安装一个瞄准镜, 用于对准被测目标, 底部三角架以便于调整高度及朝向.

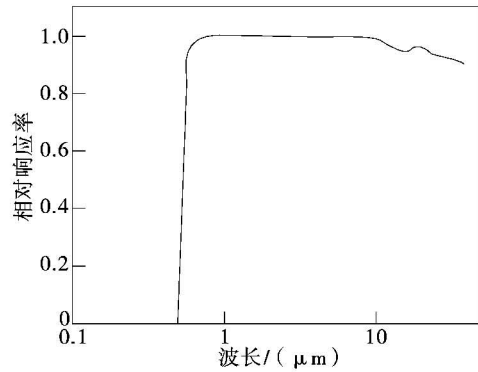


图2 热释电器件光的相对响应率

控制器部分负责信号放大, 驱动光学调制盘和采集触发. 包括: 锁相放大电路、电机控制电路和采集触发电路. 锁相放大电路, 可把探头输出的信号进行高质量的放大, 使输出的信号幅度高, 噪声低; 电机控制电路, 用于驱动光学调制盘转动; 采集触发电路, 用于向信息处理器发送一个采集触发信号, 然后系统由处理器进行数据采集、计算和分析.

信息处理器主要由工控机, I/O卡, A/D卡, 以及打印机, 显示器等相关附件组成. 工控机用来处理采集数据, 测量结果显示及打印等功能, 选用 CPU 为 P42.4 G 以上, 内存 512 M 以上, 硬盘 80 G 以上即可满足要求. I/O卡用带隔离输入输出的板卡, 采集控制器发送过来的触发信号, 保证系统能够及时有效地开始数据采集. A/D卡选用采样速率在 250 K/s, 精度 16 位的板卡, 实现实时、高精度的模拟信号采集.

### 2.2 软件流程

软件采用 LabVIEW 图形化编程语言设计开发完成. LabVIEW 是虚拟仪器的著名开发平台, 可充分发挥计算机的运算能力, 有强大的数据处理功能, 在数据采集和数字信号处理方面有着得天独厚的优势<sup>[3]</sup>. 软件包含2个部分内容, 即标定和测量.

标定主要用来测量和记录探测器在黑体法线方向距离为  $d$  处测得的电压  $V_c$ . 以便在测量物体红外辐射强度时使用. 首先设定辐射仪参数, 初始化数据采集卡. 为了计算准确, 先连续采集探测器对环境的电压响应, 记录该电压  $V_1$ , 然后在相同的环境条件下采集探测器在黑体法线方向距离为  $d$  处测得的电压  $V_2$ , 由  $V_2 - V_1$  计算得出实际需要的电压  $V_c$ . 最后

同时需要记录的数据还有黑体的温度  $T$  和腔口面积  $A_{BB}$ 。

测量部分主要是采集探测器对物体的输出电压响应,采集环境的温湿度,结合标定过程记录的各项参数计算出物体的红外辐射强度.其软件框图如图 3 所示。

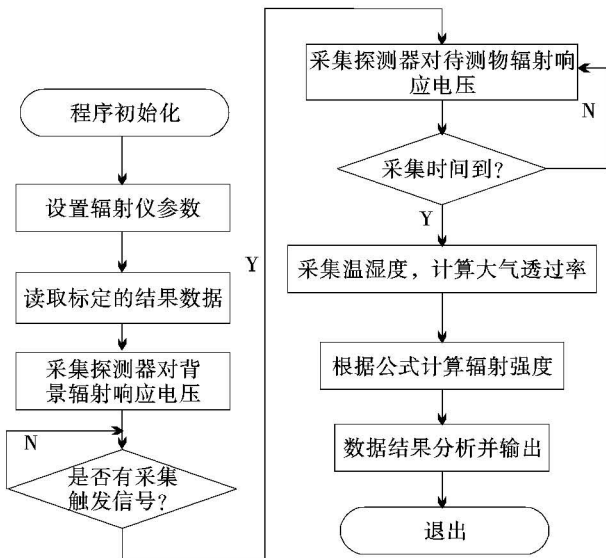


图 3 测试软件流程图

### 3 系统工作过程

#### 3.1 标定

标定过程在初次测试前执行,将黑体及探头放于固定支架上,使黑体腔口正对探测器,将黑体升温到指定温度,打开测试系统电源,探头、控制器上电,开始工作,在工控机上执行标定操作,系统保存从 A/D 卡上采到的电压.整个标定操作应在室内进行,应避免阳光直射,探头前方及两侧不应有其他热源.同时标定时应连续采集数据,对多次采集的数据取平均值,减少各种噪声对标定结果的干扰.黑体距探测器的距离不应太远,以保证器件有足够的响应量.如图 4 所示。

#### 3.2 辐射强度测试

将探头置于三角架上,用瞄准镜对准被测物,打

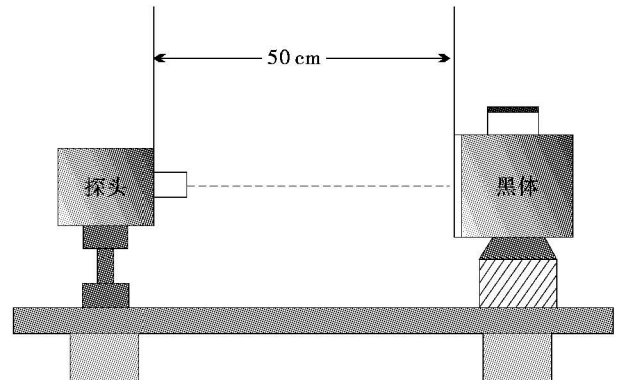


图 4 标定示意图

开测试系统电源及测试软件,准备就绪以后按下控制器的采集触发按钮,系统通过 I/O 卡给测试软件一个触发信号,软件开始通过 A/D 卡采集数据.数据采集完成后进行分析和计算,给出辐射强度-时间曲线图.为避免探测器饱和,可根据被测物的不同适当调整被测物与探头之间的距离,大气衰减需根据情况不同而做相应处理.当距离较远时不可忽略,这是需要采集测量环境的温湿度,并结合当地的海拔等自然条件计算出测量环境的大气透过率。

## 4 结束语

详细介绍了以辐射源为基准的物体红外辐射强度测量方法.设计了基于该方法的测量系统,论述了系统的硬件构成、工作原理和软件流程.充分考虑了外界因素对系统测量结果的影响,使测量结果更加准确.系统精度高,实时采集性好,稳定可靠,操作简单,达到了预期的设计目标.系统适用于多种红外应用领域,对科研、生产和产品质量检测都有着重要的作用,有着广泛的应用前景。

#### 参考文献

- [1] 张建奇,方小平.红外物理[M].西安:西安电子科技大学出版社,2004.
- [2] 郑丽,高秀伟,李世诚.基于 LabVIEW 的红外辐射强度测试系统中标定的实现[J].光电技术应用,2008,23(6):57-59.
- [3] 侯国屏,王坤,叶齐鑫.LabVIEW7.1 编程与虚拟仪器设计[M].北京:清华大学出版社,2005.