

文章编号: 1000-7032(2009)04-0509-06

# 基于 LabVIEW 的 LED 光源特性检测系统的研制

王巧彬, 任 豪, 罗宇强, 范力维

(广州市光机电技术研究院 广东省现代控制与光机电技术公共实验室, 广东 广州 510663)

**摘要:** 介绍了一种基于高级图像编程语言(LabVIEW)的LED光源特性检测系统。检测系统是基于运动导轨、多测试工位、计算机控制开发的,集成多种LED特性测试仪器,实现LED光源的光、电、色等综合发光特性的自动连续测试。该系统具有综合、自动、集成、连续、在线的突出优点,大大提高测试效率、测试数据和结果的可靠性、准确性,解决了传统测试方法的分散、效率低和测试误差大的缺点。还介绍了自主开发系统软件的设计原理,并分析了在此基于LabVIEW的检测系统中应用软件功能的实现,包括测试数据的汇总、计算、分析处理等。还附上相关的实验数据对检测系统加以验证说明。

**关键词:** LED; LabVIEW; 光电特性; 检测系统

**中图分类号:** TN312.8

**PACS:** 78.60.Fi

**PACC:** 7860

**文献标识码:** A

## 1 引言

LED是半导体发光光源<sup>[1]</sup>,具有发光效率高、耗电量少、使用寿命长、安全可靠性强<sup>[2]</sup>,有利于环保等特性。其应用日趋广泛<sup>[3]</sup>,因此对LED的质量和性能要求不断提高,促使对LED的检测也提出更高的要求。如何进行有效、准确地检测,评价LED应用产品的性能,是目前半导体照明领域所面临的重要问题之一。

与LED技术和应用的飞速发展形成鲜明对比的是,目前LED光源的标准、检测、评估等明显滞后,成为影响半导体照明产业发展的主要问题。由于所采用的LED检测仪器性能单一,使整个LED性能的检测过程需要依靠多台检测仪器分别完成,不但延长了测试时间,增加了测试的复杂性,而且降低了测试的准确性和可靠性。因此我们基于集成、同步、连续的研究思路,开发了一套LED光源特性综合检测系统,实现LED光源的光、电、色综合特性的自动连续检测,并初步建立评价体系,来提高LED检测仪器的集成度和自动化。

## 2 检测原理及设计方案

### 2.1 电特性:正向电压、正向电流、电功率

LED的电学特性可以用*I-V*特性来表征,*I-V*

特性具有非线性、整流性和单向导电性。主要参数是正向电压 $V_f$ 和正向电流 $I_f$ ,其电功率 $W$ 如式(1)所示。

$$W = I_f \cdot V_f \quad (1)$$

### 2.2 光特性:发光强度、光通量、发射光谱

发光强度是指光源在给定方向的单位立体角中发射的光通量。如公式(2),单位:cd(烛光)。

$$I = \Phi / \Omega \quad (2)$$

根据CIE标准,我们推荐“平均发光强度”,定义为照射在离LED一定距离处的光探测器上的通量 $\Phi$ 与由探测器构成的立体角 $\Omega$ 的比值。LED发光强度的测试装置如图1所示。组成部件有: D—被测LED器件; G—电流源; PD—包括面积为*A*的光阑*D<sub>1</sub>*的光度探测器; *D<sub>2</sub>*、*D<sub>3</sub>*—消除杂散光

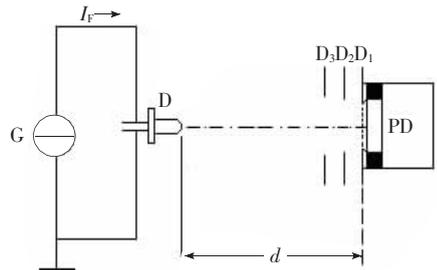


图1 CIE标准光强测试装置示意图

Fig. 1 Scheme of light intensity testing

收稿日期: 2008-10-14; 修订日期: 2008-11-04

基金项目: 广东省重点地市引导项目(2005B1600103)资助

作者简介: 王巧彬(1983-),男,广东揭阳人,主要从事应用光学、光电检测、光机电一体化等领域的科研开发工作。

E-mail: wqb612@163.com, Tel: (020)32068845

光栏;其中  $d$  为被测 LED 器件与光阑  $D_1$  之间的距离。

光通量  $\Phi$  定义为光源在单位时间内所发出的光量,单位是:lm(流明)。在此采用积分法测量 LED 光通量,测试装置如图 2 所示,被测 LED 器件发射的光辐射经积分球壁的多次反射,产生一个均匀的与光通量成比例的面出光度,再由探测器测量这个面出光度,即可换算成光通量。

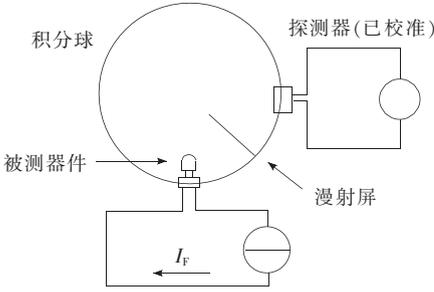


图 2 LED 光通量测试装置示意图

Fig. 2 Scheme of luminous flux testing

LED 光源的发射光谱分布是指在可见光区域内的相对光谱功率分布(发光光谱)曲线。其测试装置可采用图 2 所示的积分球装置,用光纤光谱仪器测量被测 LED 器件的发光光谱,并计算峰值波长和谱线的半峰全宽。

### 2.3 色参数:色度坐标、色温、色纯度

根据 CIE(国际照明委员会)1931-XYZ 标准色度图,如图 3 所示,任何一种颜色均可以用 CIE1931-XYZ 色度图中它的色度坐标  $x, y$  和刺激值  $Y$  来表示。根据公式(3)、(4),计算出物体颜色的三刺激值后,可计算出物体的色品坐标<sup>[4]</sup>。

$$\begin{cases} X = K \int_{380}^{780} P(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda = K \sum_{\lambda=380}^{780} P(\lambda) \bar{x}(\lambda) \Delta\lambda \\ Y = K \int_{380}^{780} P(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda = K \sum_{\lambda=380}^{780} P(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda \\ Z = K \int_{380}^{780} P(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda = K \sum_{\lambda=380}^{780} P(\lambda) \bar{z}(\lambda) \Delta\lambda \end{cases}$$

(3)

$$\begin{cases} x = \frac{X}{X + Y + Z} \\ y = \frac{Y}{X + Y + Z} \\ z = \frac{Z}{X + Y + Z} \\ x + y + z = 1 \end{cases}$$

(4)

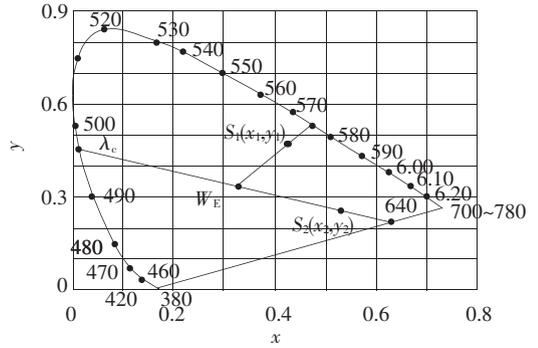


图 3 1931-XYZ 标准色度图

Fig. 3 Standard color chart of CIE1931-XYZ

式中  $P(\lambda)$  为相对光谱功率分布,  $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$  为光谱三刺激函数,  $K$  为常数,  $X, Y, Z$  为颜色的三刺激值,  $x, y, z$  为色品坐标。若已知器件的光谱功率分布,即可计算其色度坐标,还可以计算其它色度参数,比如主波长、色温、色纯度等。

## 3 硬件组成

### 3.1 系统硬件组成

本检测系统研究开发的基本思路是集成、同步、连续。系统硬件开发基于轨道式支架,电脑控制步进电机实现待测 LED 在导轨上移动。采用 2 个测量工位,集成光纤光谱仪、可编程直流电源、可编程光度计、光强计、CCD 摄像机、积分球等检测仪器,利用光电传感器和变频电机控制待测光源的精确走位,使整个 LED 的光、电、色等综合特性测试过程能够自动连续进行。LED 光源特性测试系统的总体硬件结构设计如图 4 所示。

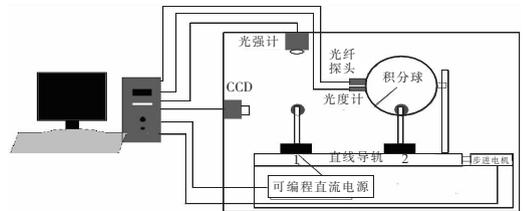


图 4 测试系统硬件结构设计图

Fig. 4 Hardware structure blueprint of the testing system

## 4 软件设计及功能实现

系统专用测试软件是基于 LabVIEW 平台开发的。LabVIEW 虚拟开发平台是美国 NI 公司推出的一种基于图形化编程语言(G 语言)的软件开发工具,也是一种业界领先的工业标准软件工具,用于开发测试、测量和控制系统。它提供了丰

富的数据采集、分析和存储的库函数,及大量现代的高级信号分析工具,集开发、调试、运行于一体,使用高集成化的 LabVIEW 开发环境,可以大大提高开发效率,缩短开发周期。

测试软件设计流程如图 5 所示。软件采用模

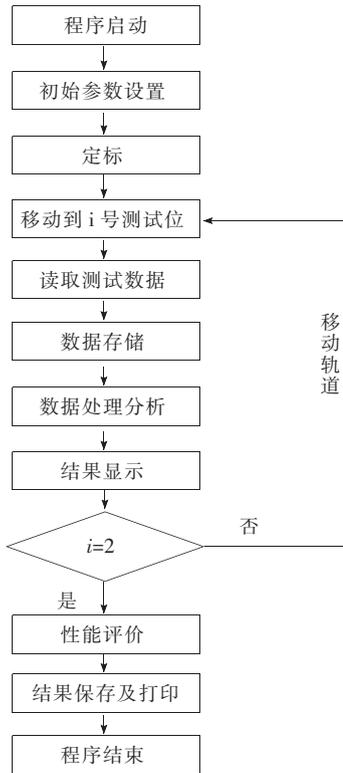


图 5 测试软件设计流程图

Fig. 5 Software design flow chart

块化设计,由初始化设置模块、移动控制模块、特性测试模块、结果显示模块、初步评价模块、测试结果打印模块及预留扩展模块等模块组成。

本测试系统主要分为两个工位进行检测,分别是测试一号位和测试二号位,软件界面如图 6 所示。测试一号位是基于光强检测,测试的是 LED 器件的外观和发光图像、电特性(电压和电流)、发光强度。测试二号位基于积分球检测,测试的是 LED 器件的电特性(电压和电流)、光通量、发光光谱、色度参数等。

本检测系统对光谱曲线、色度参数、光通量的测试是测试的重点,特别在光谱测试和色度分析时,信号采集和数据分析更加复杂。积分球内壁涂多层中性漫反射材料( $BaSO_4$ )<sup>[5]</sup>,在 LED 和探测器之间有一个遮挡屏,积分球和遮挡屏都喷涂了高反射材料。遮挡屏的作用是防止 LED 的光直射到探测器上,保证光源发出的光都射到球壁上,然后无吸收地在整个球里进行多次漫反射。这样通过积分球后,射到探测器的光的强度减弱了很多,从而降低了所测光谱曲线的信噪比,特别对功率越小的 LED,噪声的影响越明显。于是在不改变原来光谱曲线波型的基础上,综合采用了多层滤波,以达到消除噪声的影响。由于影响采集光谱的噪声主要是白噪声,所以用多次采集求平均的方法可以将大部分白噪声互相抵消,平均次数越多,效果就越好。而考虑到效率,不能无限制的增加平均的次数,这里只采集 40 次曲线进行平

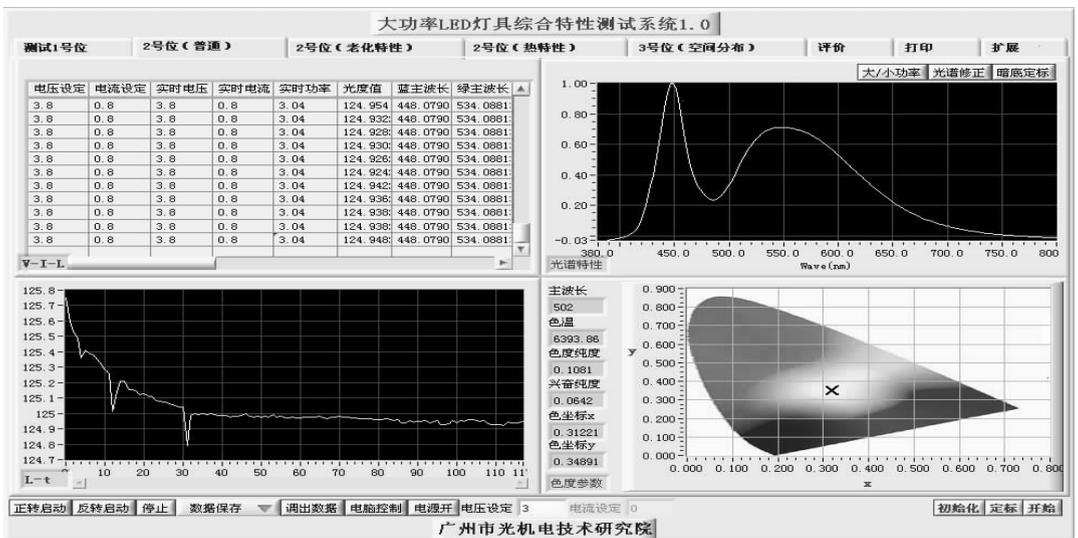


图 6 测试软件界面

Fig. 6 Software interface

均,但在进行暗底定标时是采集 200 次进行平均。再利用 LabVIEW 提供的中值滤波器(Median Filter)进行平滑处理,专门除去高频噪声。在用中值滤波器时,一定要根据实际情况设定好“左阶数”和“右阶数”,阶数决定着单次参与滤波的点数,阶数设定值过大会使一些波峰和波谷发生失真现象,但阶数过低又达不到滤波的效果。单靠前面两项平滑处理还没达较理想的效果,最后还利用多项式滤波器(Savitzky-Golay Filter)进行更加全面的滤波,但在滤波器参数设定时,注意设定“单侧数据点数”必须大于“多项式阶数”,否则就会出现错误,并且“单侧数据点数”也要根据实际情况而定,“点数”与“阶数”不能相差太多,否则很容易发生失真现象。通过以上信号处理就可以得到平滑而又不失真的光谱曲线了。

传统检测色度参数一般是采用色度仪以及人工查表相结合的方法。而这里采用计算方法,基于 LED 的发光光谱,利用 CIE 相关的计算公式得到色度参数。软件自动执行计算时涉及到相关的查表及实时计算功能,需要对很多数据做计算处

理,有很大的计算量。若在普通的软件开发平台实现这些功能,需要很大的工作量,但利用 LabVIEW 开发平台就可以大大缩短软件开发周期。因为 LabVIEW 不但采用图型化编程,还提供了很多实用的计算工具包,大大提高开发效率。计算得到色度参数的原程序图如图 7 所示,软件编程时将一些原始数据表格(包括 CIE1931 标准色度观察者光谱三刺激值表、CIE1964 补充标准色度观察者光谱三刺激值表、CIE1931 色度图标准光源 E(等能光源)恒定主波长的斜率、黑体轨迹等温线的色品坐标表)预先保存到程序中的数组中,再利用软件自动查询数组来代替了人为查表的操作。结合测得的光谱数据,由软件通过对预先保存的前两个数据表格进行查表、比较、调出、计算等步骤就可以得到色度坐标  $x$  和  $y$  值;利用第三个数据表格并结合计算得到的色度坐标  $x$ 、 $y$ ,由相关公式计算得到主色波长以及色度纯度等;同理利用第四个数据表格计算得到相关色温。软件编程时,由于需要的公式较多,并且公式的表达式较复杂,不像一般公式利用几个控件与计算

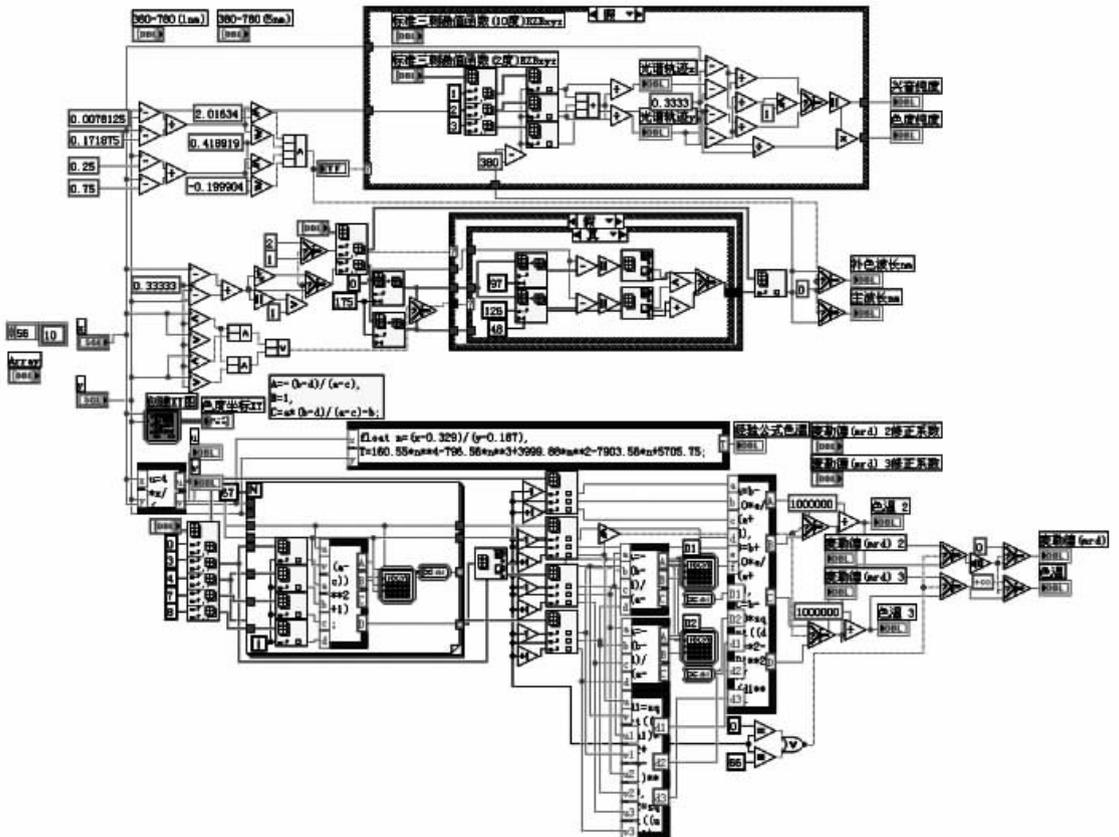


图 7 色度参数计算的程序图

Fig. 7 Program schematic of color parameter calculation

符号即可实现公式的编写,但可用 LabVIEW 提供的公式工具包与公式节点来调用或输入公式表达式,即可把复杂问题简单化,大大减小编写公式表达式的工作量。

另外,在进行 LED 光源特性测试之前必须对测试软件进行初始化设定(包括:光源信息、测试项目、数据处理、操作方式及硬件端口设定)及定标操作,防止环境因素对测试结果的影响。还有,测试样品放在由步进电机控制的运动导轨上,上位机软件通过串口通讯控制变频器,而变频器控制步进电机的运动状态,这样就可以方便实现测试样品的移动与准确定位。为了准确的实现运动导轨的正转、反转、停止等操作,并且达到精确定位,要求软件响应快速及时,于是在此编程时必须采用循环结构与事件结构相结合的方法,代替简单的循环结构和反复扫描相结合的方法。用事件

结构可以准确的对外界某些特定的动作做出及时响应,避免了程序在反复扫描过程中的时间延迟。在此还必须提高这个事件结构的软件执行优先级。在 LED 光源特性检测数据分析结果的基础上,本软件还对其作出简单的评价,显示由综合测试而得到的能效、照明质量等指标组成的 LED 光电性能评价结果。

## 5 实验数据对比

在研发本测试系统的过程中,为了证明测试方法的正确性和测试结果的准确性,结合我研究院的 LED 检测服务平台已有的几套独立的 LED 检测仪器,针对相同的 LED 器件,对其进行光电特性测试对比。实验数据如表 1 所示,实验结果证明本测试系统的测试方法的可行性,以及测试结果的准确性和可靠性。

表 1 3 W 的 LED 光源实验数据对比表格

Table 1 The contrast form for the test experimental result of 3 W's LED light source

测试项目	开发系统测试数据	比对数据	比对仪器说明
电压(V)	3.8	3.7	远方 WY 精密数显直流稳流稳压电源
电流(A)	0.7	0.7	远方 WY 精密数显直流稳流稳压电源
法线光强(mcd)	20 062	21 040	远方仪器 LED622 LED 光强测试仪
光通量(lm)	124.942	126.12	远方仪器 PMS-50 光谱分析系统
色坐标	$x=0.312\ 21, y=0.348\ 91$	$x=0.312\ 2, y=0.348\ 0$	远方仪器 PMS-50 光谱分析系统
峰值波长(nm)	448.70	450	远方仪器 PMS-50 光谱分析系统
色温(K)	6 393.58	6 388	远方仪器 PMS-50 光谱分析系统
主波长(nm)	502	500.9	远方仪器 PMS-50 光谱分析系统
色纯度%	6.420	6.4	远方仪器 PMS-50 光谱分析系统

## 6 结 论

LED 光源特性检测系统配合基于 LabVIEW 开发的软件,组建了一套对 LED 光源综合特性的检测系统,综合了对 LED 光源的光、电、色的检测,并且实现了集成、同步、连续的检测。选择 LabVIEW 作为本系统的开发平台是由于 LabVIEW 能够为用户提供简明、直观、易用的图形编程方式,能够将繁琐复杂的语言编程简化成为以菜单提示方式选择功能,并且用线条将各种功能连接起来,十分省时简便。与传统的编程语言比较,它具有极高的开发效率,还提供了丰富的数据

采集、分析和存储的库函数,和大量现代的高级信号分析工具,集开发、调试、运行于一体,有助于缩短研发周期。

基于 LabVIEW 开发软件的 LED 光源特性检测系统,能够实现对 LED 光源光、电、色参数的集成、同步、连续检测,在保证测试数据和结果的可靠性和正确性的基础上,在测试过程的连续性、方便性以及综合测试性能方面都具有显著的优点。对 LED 光源特性综合测试及评定具有较高应用价值。对 LED 光源特性综合测试以及连续检测设备的研发具有积极意义。

## 参 考 文 献:

- [ 1 ] Zhou Xiaoli, Liu Muqing, Qian Yong, *et al.* Study on the LED's total flux measurement system [J]. *J. Optoelectronics · Laser* (光电子·激光), 2008, **19**(6):728-730 (in Chinese).
- [ 2 ] Wang Qiaobin, Ren Hao, Luo Yuqiang, *et al.* Study on tridimensional characteristic measure of LED based on LabVIEW [J]. *J. Appl. Opti.* (应用光学), 2009, **30**(3):460-464 (in Chinese).
- [ 3 ] Pan Jiagen. LED photometric,chromatic,electric characteristics analysis system [J]. *Chin. J. Liquid Crystals and Displays* (液晶与显示), 2003, **18**(2):138-140 (in Chinese).
- [ 4 ] Yu Chuanqi, Hu Weijie. *Radiancy Degree, Luminosity, Chroma and Meterage* [M]. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 2006,126-127.
- [ 5 ] Guan Zhongsu. Introduction to optical and color measurement system for light-emitting diode [J]. *Chin. J. Lumin.* (发光学报), 2003, **24**(6):642-644 (in Chinese).

## Measuring System of LED Characteristic Based on LabVIEW

WANG Qiao-bin, REN Hao, LUO Yu-qiang, FAN Li-wei

(Guangzhou Tech-academy of Optics-Mechanics-Electricity, Guangdong Public Laboratory of Modern Control and Optics-Mechanics-Electricity Technology Guangzhou 510663, China)

**Abstract:** The study on measuring system of LED characteristics based on the high-level image programming language (LabVIEW) was described in this disquisition. The measuring system was designed based on removable guideway, multi-testing locations and computer control, making the comprehensive LED-light-source properties including electrical, photometric and colorimetric characteristics be measured automatically and continuously. This measuring system displays some remarkable merits, such as synthesis, automatization, intergration, continuity and on-line and is further able to improve the efficiency of testing, reliability and accuracy of testing data, results, solving the shortcomings of traditional test methods, such as scattered, low efficiency and high-test errors. The study also introduced design principles of the self-developed system software and elaborated on how to realize the function including the collection of test data, calculation, analysis treatment, *etc* based on LabVIEW in this measuring system with emphasis. Interrelated experiment data is also attached for demonstrated farther for measuring system.

**Key words:** LED; LabVIEW; photoelectricity characteristic; measuring system

**CLC number:** TN312.8

**PACS:** 78.60.Fi

**PACC:** 7860

**Document code:** A