

文章编号:1007-2780(2013)01-0132-06

OLED 器件光电性能集成测试系统研制

刘 健, 谢文法*

(集成光电子学国家重点联合实验室 吉林大学实验区,
吉林大学 电子科学与工程学院, 吉林 长春 130012, E-mail: 499963628@qq.com)

摘 要: 为方便对 OLED 器件的各项性能进行测试, 研发了一种 OLED 器件光电性能集成测试系统, 实现了在同一个软件下的 OLED 器件的电压、电流、亮度、光谱、色坐标和寿命等特性的集成测试。介绍了计算机与各测试设备的通信方法, 通过计算机控制测量仪器对 OLED 器件进行测量。使用了 Microsoft Visual 2005 开发工具, 利用 MFC(Microsoft Foundation Classes)开发出了图形用户界面下的应用程序。利用 TeeChart(西班牙 Steema 公司研发的图表控件)控件实现了 OLED 器件性能特性曲线的实时动态显示, 并能够对不同器件的测试结果进行性能曲线的对比。编写了色坐标助手软件, 实现对测试软件测试的光谱数据的分析显示功能。

关 键 词: 有机发光器件; 集成系统; 器件测试

中图分类号: TM615 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20132801.0132

Integrated Optoelectronic Performance Test System for OLEDs

LIU Jian, XIE Wen-fa*

(State Key Laboratory on Integrated Optoelectronics; College of Electronic Science and Engineering,
Jilin University, Changchun 130012, China, E-mail: 499963628@qq.com)

Abstract: In order to test the performance of organic light-emitting devices(OLEDs), an integrated photoelectric performance test system for OLEDs was designed and developed. The performances of the OLEDs (such as voltage-current, brightness, spectrum, chromaticity coordinates, lifetime, etc) could be measured in the same software. The communication routine between personal computers and the individual test equipments was described. The electroluminescent(EL) properties of OLEDs can be successfully obtained through simple control in a general computer. Using MFC(Microsoft Foundation Classes), a development tool of Microsoft Visual 2005, one convenient graphical user interface was successfully developed. Real-time display of the test process about the devices was realized through TeeChart (a graphical software developed by Steema). Furthermore, the characteristics of different devices could be compared by showing their curves in the same diagram. In addition, one CIE chromaticity coordinates assistant tool was developed, thus we manage to analyze the EL spectra and obtain the CIE chromaticity coordinates of the devices.

Key words: OLED; integrated; test system

收稿日期: 2012-06-27; 修订日期: 2012-12-27
基金项目: 国家自然科学基金项目(No. 60937001, 11074096, 61177026); 教育部新世纪优秀人才支持计划(No. NCET-100446)
作者简介: 刘健(1988—), 男, 吉林大安人, 硕士研究生, 主要从事有机电致发光器件的相关研究工作。
* 通信联系人, E-mail: xiewf@jlu.edu.cn

1 引 言

有机电致发光器件(OLED)由于其自身具有能耗低、自发光、视角宽、成本低、温度范围宽、响应速度快、发光颜色连续可调、可实现柔性显示、工艺比较简单等优点而吸引了全世界信息显示技术研究领域的专家学者的目光,近年来得到了飞速的发展^[1-13]。研究 OLED 过程中需要测试 OLED 器件的各项性能,常见的 OLED 光电性能的评价有:

光谱:光谱是表征器件所发射的光的强度随着波长变化的物理量。

发光效率:有机电致发光器件效率的评价主要有流明效率、电流效率以及量子效率 3 种。

亮度:发光亮度(L ,单位: cd/m^2)是衡量器件发光明亮程度的物理量,我们可以用亮度计来对器件的发光亮度进行测试。

色坐标:色坐标是用来描述发光器件的发光色度的物理量。通常由(X , Y)来表示,通过对 X , Y 赋值就可以在色度图上确定一个点,这个点就可以精确表示发光颜色^[14]。

寿命:有机电致发光器件的寿命是表征器件持续工作能力的物理量。它是指持续点亮状态下的器件的亮度下降到器件刚开始亮度的 $1/2$ 时所消耗的时间^[15]。

通过测量 OLED 器件的电流(I)-电压(V)特性、发光效率-电压特性、色坐标以及电致发光光谱等,可判断器件发光性能的好坏。如果用传统手工方式对 OLED 器件进行测试,人工工作量大,测试时间长,测试容易出现误差,数据处理不方便。基于此,我们将 OLED 测试所需要的测量过程通过计算机编程来控制,开发了 OLED 器件光电性能集成测试系统。我们的测试系统集成了 OLED 测试所需的常见功能:电流-电压特性测试,电压-亮度特性测试,光谱以及色坐标测试等。能够自动测试,实时动态显示,保存数据,并且可以根据用户的保存自动画出电压-电流,电压-亮度,电压-电流效率等曲线图,方便对不同器件性能进行初步对比分析。

本文中所研发的 OLED 器件光电性能集成测试系统,使用了 Microsoft Visual 2005 开发工具,利用 MFC(Microsoft Foundation Classes)开发出了图形用户界面(GUI)下的应用程序。利用 TeeChart 控件实现了 OLED 器件性能特性曲线

的实时动态显示。通过使用本系统可以完成 OLED 器件的电压、电流、亮度、光谱,色坐标和寿命等特性的集成测试。

2 系统的硬件组成

为测量器件的电压-电流-亮度特性,光谱特性等,需要电压源、亮度计和光谱仪等仪器的协调工作,本系统采用 Keithley2400 Source Meter, Maya-2000 Pro 型光纤光谱仪,美能达 LS-110 型亮度计等做为 OLED 器件的测试仪器。系统的硬件组成如图 1 所示。

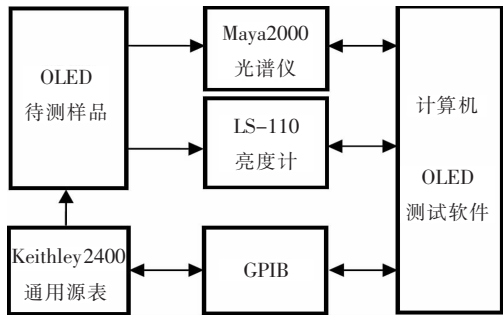


图 1 系统硬件组成示意图

Fig. 1 Hardware components of the test system

本系统选择的 Keithley 公司 2400 型通用源表可以作为电压源、电流源、电压表或电流表来使用。通用源表为 OLED 器件测试提供稳压/稳流电源,并能精确测试电流/电压,充分满足了 OLED 器件电学特性测试的需求。本系统采用了 Agilent 公司生产的 Agilent 82357B 型 GPIB 卡,该卡使用标准 USB 和 IEEE 488 接口,能简便地连接计算机与通用源表。系统测量光谱采用的是美国海洋光学公司生产的 Maya-2000 Pro 型光纤光谱仪,该光谱仪具有高达 90 的量子化率,和高动态范围等特点,能充分达到测试 OLED 光谱特性所需,该光谱仪附带的 Ominidriver 驱动平台,为我们的软件编程带来了方便。但光谱仪本身不提供亮度和色坐标数据,对于亮度数据我们采用柯尼卡美能达公司生成的 LS-110 型亮度计进行测试,该亮度计设计轻便,响应时间快,测量准确。符合 OLED 测试系统的测试要求。

3 系统中计算机与仪器的通信

3.1 计算机与光谱仪的通信

Maya-2000 Pro 光谱仪提供了 Ominidriver

驱动平台,该平台极大方便了对光谱仪的编程操作。不需要了解底层的通信协议,只需要连接 Omnidriver,并使用其提供的函数即可完成对光谱仪的设定以及数据的读取。

以下是 omnidriver 中的常用接口函数:

```
wrapper. setIntegrationTime ( 0, integration-
Time);
```

功能:将光谱仪的积分时间设定为 integrationTime 的数值,该函数用于初始化光谱仪。

```
spectrumArray= wrapper. getSpectrum(0);
wavelengthArray = wrapper. getWavelengths
(0);
```

这两个函数分别将光谱仪中的波长数据和对应的相对光强数据赋予 wavelengthArray 和 spectrumArray 两个数组,以便软件对其进行进一步的处理。

3.2 计算机与亮度计的通信

LS-110 型亮度计使用 RS-232 串行接口与计算机进行通信。通常在 Microsoft Windows 下开发串口通信程序既可使用 Windows API 通信函数,也可以使用 MSComm(Microsoft Communications Control)等串口通信组件。但是使用 API 函数编程较为专业复杂。MSComm 是微软公司提供的简化 Windows 下串口通信编程的 ActiveX 控件,它通过串行端口传输和接收数据,为应用程序提供串行通信功能,此控件使用简单,性能安全可靠^[16]。完全可以满足 OLED 测试中对串口通信的要求,在本测试软件中即使用 MSComm 控件进行计算机和亮度计的通信操作。

在测试软件中对于 MSComm 控件的使用主要应用在发送对仪器的控制命令以及对仪器测量返回结果的监听:

串口控件的初始化:

```
bbc. put_CommPort(1);选择 com1 端口
bbc. put_InputMode(1);设置接收数据为二进制
bbc. put_Settings("4800,e,7,2");设置波特率为
4800,偶校验,7 个数据位,2 个停止位。
bbc. put_RThreshold(17);接收 17 个字符(亮度
计返回一次数据的长度)时响应。
```

命令的发送

```
bbc. put_Output(ColeVariant("MES\r\n"));
向仪器发送测试指令("MES")[17]。
```

测量结果的接收的主要命令:

```
if(bbc. get_CommEvent() == 2) //事件值为 2
表示缓存区内有数据。
```

```
variant_inp=bbc. get_Input(); //读取缓冲区中
数值
```

3.3 计算机与通用源表的通信

系统与 Keithley2400 型通用源表间的通信是通过 GPIB(General Purpose Interface Bus)来实现的。它的主要作用就是协调仪器之间的通信。GPIB 由 GPIB 卡和相应的 IEEE-488 数据线组成^[17]。我们所使用的 GPIB 卡提供了 Agilent VISA(Agilent Virtual Instrument Software Architecture)来方便计算机与 GPIB 仪器的通信,Agilent VISA 是 Agilent 公司开发的一种用来与各种仪器总线进行通信的高级应用编程接口。可以通过它来对 GPIB 进行配置、编程和调试^[18]。下面是在 C++ 语言下对 GPIB 的基本操作程序:

```
viPrintf (vi, ": * rst\r\n");//初始化电流源
viPrintf (vi, ":SOUR:FUNC VOLT\r\n");
viPrintf (vi, ": SOUR: VOLT: RANG: AUTO
ON\r\n");
.....
viPrintf (vi, ":SENS:FUNC 'CURR\r\n");
viPrintf (vi, ": SENS: CURR: RANG: AUTO
ON\r\n");
viPrintf (vi, ":FORM:ELEM CURR\r\n");
//设置测试参数。
viPrintf (vi, ":OUTP ON\r\n");//开启电源
viPrintf (vi, ":READ? \r\n");//测试数据
viScanf (vi, "%t", &buf); //读取数据
```

4 软件的界面及主要功能介绍

本系统的测试软件功能丰富,界面友好。能够同时测量 OLED 器件的电压-电流特性和电压-亮度/电流-亮度特性曲线,并在软件中动态实时显示该曲线。软件可以自定义测试电压(电流)的范围和步长。能够测试指定电压(电流)下的光谱数据并绘制光谱图像和色坐标,还可以通过色坐标分析软件对测试数据进行后期分析。

软件的界面力求简单明了,出于方便用户的操作考虑,尽量让所有操作在同一面板上完成。由于 OLED 光电测试要在暗室中进行,光线有

限,使用键盘操作非常不便。软件为每个需要输入的参数都设计了增加/减少按钮,全部参数修改操作可以仅凭鼠标完成。在光谱测试输入区设计了 6 个快捷电压输入按钮,为光谱测试模块和点亮电压模块提供参数输入,能够快速设定光谱测试电压和点亮电压。图 2 是软件界面的示意图。

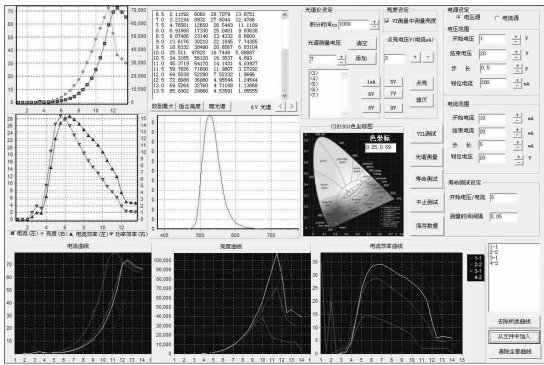


图 2 OLED 测试软件的工作界面

Fig. 2 User interface of the software

在软件中需要进行大量的图形曲线绘制工作,直接调用 Windows GUI 函数来绘制图形繁琐复杂,且速度缓慢。软件中使用西班牙 Steema SL 公司开发的图表类控件 TeeChart 来完成图形曲线绘制的任务。TeeChart 是个强大的图表控件,可以用来生成各种复杂的图表并能无缝的融入到应用程序中^[19]。

4.1 按步长进行 V-I-L 测试。

对器件的 V-I-L 测试通过协调计算机,亮度计与通用源表的同步工作来完成。首先用户通过勾选亮度测试按钮来决定是否在 V-I 测试中测试器件的亮度变化,然后选择通用源表的工作方式,是恒压源或是恒流源。最后通过设定测试的起始电压/电流,终止电压/电流,测量步长,钳位电流/钳位电压,来完成测试参数的设定。之后即可开始测试,开始测试后,用户可以随时终止测试,并且保存测试数据到 txt 格式的文件中。

4.2 光谱测试和色坐标计算

在直接读取光谱仪的光谱数据时,由于光谱仪的仪器本身影响,会对测试数据产生暗噪声。程序将在相同光谱仪积分时间下对无光状态的光谱采样,保存为暗光谱,通过光谱数据去除暗光谱来达到了消除暗噪声的目的。光谱测试的操作过程是:用户首先设定光谱仪的积分时间,然后在输

入框内输入相应的电流/电压以测试相关电流/电压下的光谱。之后就可以开始光谱测试,测试结束后数据将保存在 txt 格式的文件中以供查看。

由于 Maya-2000 Pro 型光纤光谱仪并不能测出发光器件的色坐标数据,所以为得到 OLED 器件的色坐标需要根据所测光谱自行计算。色坐标的计算方法是光谱函数 $P(\lambda)$,与三刺激函数 $X(\lambda)$ 、 $Y(\lambda)$ 、 $Z(\lambda)$ 的乘积在可见光内积分,得出三刺激值: X 、 Y 、 Z ,那么色坐标 $x = X / (X + Y + Z)$, $y = Y / (X + Y + Z)$ 。软件中先采用差值方法得到对应坐标的函数值,然后使用梯形积分的方法来计算相关光谱对应的色坐标。通过数据对比,使用本方法计算得出的色坐标数据与实验测的的色坐标符合的很好。

在常用作图软件中并没有直观的绘制色坐标图的功能,因此我们制作了色坐标助手软件来对测试软件存储的数据进行显示和分析。该色坐标助手软件能够读取并显示测试软件所保存的色坐标数据,也可以显示用户自己输入的色坐标并观察其在 CIE 坐标中的位置。色坐标助手软件能够将存储的光谱数据显示为色坐标和光谱图像,并计算出光谱峰值。通过计算相应光谱对应的 RGB 颜色,色坐标助手软件能够模拟光谱的颜色变化从而更形象直观的显示光谱,如图 3 所示。

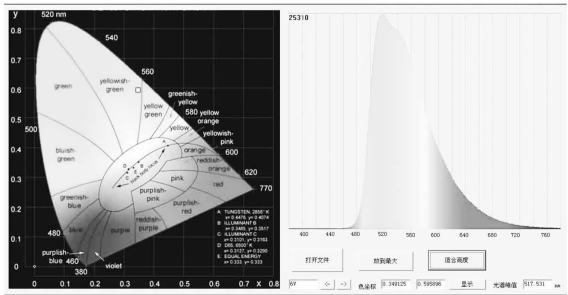


图 3 色坐标助手软件工作界面

Fig. 3 User interface of color coordinate

4.3 寿命测试

图 4 中所示的是软件的寿命测试功能。测试软件通过 GetTickCount() 函数来获取时间, GetTickCount() 是在 Windows 下获取从操作系统启动到现在所经过的毫秒数的函数。测试软件能够依据用户设定来维持通用源表的恒压/恒流源输出,按照用户设定的时间间隔来定期获得器件的亮度值。测试软件能够测试从开始测试时间到无

限久的时间里的亮度变化,并且通过波形图实时监测器件亮度随时间变化的曲线,在测试结束后保存测试数据在 TXT 文件中。

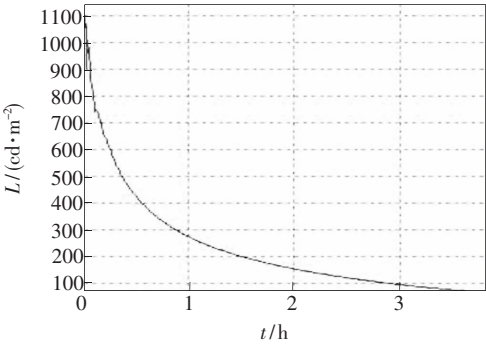


图 4 寿命测试中的亮度-时间曲线

Fig. 4 Luminance-time curves of the OLED

4.4 数据分析

在 OLED 实验中常常需要针对不同器件的电

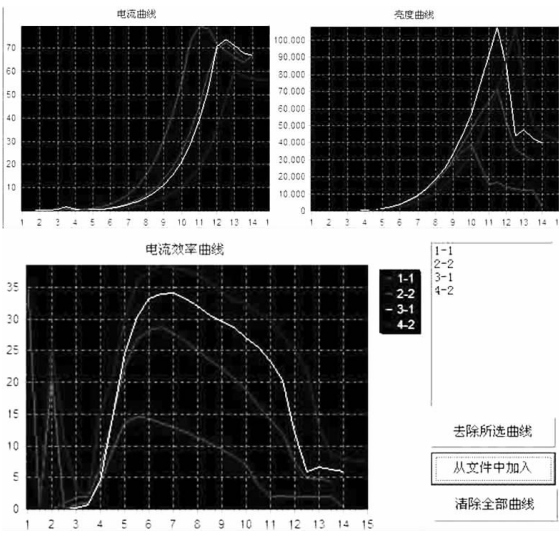


图 5 使用软件对不同 OLED 器件进行初步分析

Fig. 5 Preliminary analysis of different OLEDs

压-电流特性、电压-亮度特性、效率特性等进行对比分析,以往这些工作都是由独立的绘图软件来实现的。需要对数据的二次处理,本系统可以在测试时一次性完成上述需求。在测试软件中利用 TeeChart 控件和软件的测试数据,给出了 OLED 器件的电压-电流,电压-亮度,电压-电流效率曲线的对比分析图。每一次通过软件测试的数据在保存之后,软件的曲线分析窗口将自动添加以用户保存的文件名来命名的曲线,来展示相应的电压-电流,电压-亮度,电压-电流效率曲线。除了软件自动添加外,用户可以从文件中自行添加,删除器件的性能曲线来观看不同 OLED 器件的特性对比^[20]。如图 5 所示为软件对不同 OLED 器件进行初步分析。

5 结 论

使用 Microsoft Visual 2005 开发工具,利用 MFC 设计开发了具有可视图形用户界面的 OLED 器件光电性能集成测试系统。使用该系统能够自动测试 OLED 器件的电压-电流关系,电压-亮度关系,电流-亮度关系,电压-光谱关系,以及各种情况下 OLED 的色坐标。系统拥有简洁友好的图形用户界面;实时数据采集,显示,保存功能;保存的数据文件可直接导入专业数据分析软件或者通过色坐标分析软件进行分析;测试软件本身带有 OLED 器件特性曲线的初步分析功能,通过实际使用证实了测试系统具有较高的稳定性和可靠性。该系统能够充分发挥计算机的优势,简化了繁杂的手动操作,免去了大量的数据纪录,集成了 OLED 研究所需的各项性能的测试,并且具有人性化的操作界面,极大地提高了测试的准确性和工作效率。

参 考 文 献:

[1] Baldo M A,O'Brien D F,You Y,*et al.* Highly efficient phosphorescent emission from organic electroluminescent devices [J]. *Nature*, 1998,395(10):151-154 .
[2] Tang C W,Vanslyke S A.Oranic electmluminescent diodes [J]. *Appl. Phys. Lett.*,1985,51(12):913-915.
[3] 王琦,马东阁.白光有机发光二极管的制备方法[J]. *液晶与显示*,2009,24(5):617-629.
[4] 杨少鹏,居秀琴,王利顺,等.以 CBP 为主体的高色纯度红色磷光有机电致发光器件 [J]. *发光学报*, 2010,31(1): 25-30.
[5] 王振,陈双文,周翔.高效率有机蓝光和白光电致发光器件 [J]. *发光学报*, 2011,32(7):715-719.
[6] 马颖,韩薇,张方辉,等.发光层混合掺杂的白光 OLED 器件[J]. *液晶与显示*, 2011,26(1):40-43.
[7] 高永慧,姜文龙,丁桂英,等.基于 NPBX 掺杂 CzHQZn 的黄色有机电致发光器件[J]. *液晶与显示*, 2011,26(1):44-48.

[9] 姜文龙,赵雷,张刚,等. 基于 DSA ph 的高效蓝光有机电致发光器件[J]. 液晶与显示, 2011,26(5):616-619.

[10] 冉峰,何林奇,季渊. 无线 OLED 微显示器件的设计与实现[J]. 液晶与显示, 2012,27(5):633-637.

[11] 刘春波,赵静,苏斌,等. 基于 Re(I) 配合物有机电致发光器件的研究进展[J]. 液晶与显示, 2012,27(6):742-751.

[12] 朱棣,贺英,潘照东,等. 聚芴类发光材料的制备及其在柔性电致发光器件中的应用[J]. 发光学报, 2012,33(1): 12-16.

[13] 赵波,苏子生,晋芳铭,等. 基于量子阱结构的高效磷光有机电致发光器件[J]. 发光学报, 2012,33(8):803-807.

[14] 王定兴. 光源色坐标的测定 [J]. 物理实验, 1990,10(4):154-157.

[15] 余数福,胡典钢. 多通道 OLED 器件寿命分析测试系统研制[J]. 液晶与显示, 2011,26(4):532-537.

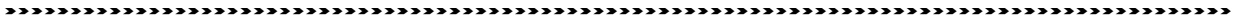
[16] 王华,邱丽全,岳志高. MSComm 控件在 VC++6.0 串口通信中的应用 [J]. 长春工程学院学报(自然科学版), 2009. 10(1)72-73.

[17] 罗光坤,张令弥,王彤. 基于 GPIB 接口的仪器与计算机之间的通讯 [J]. 仪器仪表学报, 2006,27(6):634-637.

[18] Agilent Technologies, Inc. Agilent VISA User's Guide [EB/OL]. [2012-10-1] //http://www. home. agilent. com/ en/pd-1985909-pn-E2094/io-libraries-suite-162.

[19] 梁增欣,李维嘉. TeeChart 控件介绍及在实时监控中的应用[J]. 工业控制计算机, 2010,23(12):9-10.

[20] 孙鑫,余安萍. VC++深入详解 [M]. 北京 电子工业出版社,2006:219-307.



欢迎订阅 欢迎投稿

《光学 精密工程》

《光学 精密工程》是中国仪器仪表学会一级学术期刊,中国科学院长春光学精密机械与物理研究所主办,科学出版社出版。由国内外著名科学家任顾问,陈星旦院士任编委会主任,国家科技部副部长曹健林博士担任主编。

《光学 精密工程》坚持学术品位,集中报道国内外现代应用光学、光学工程技术、光电工程和精密机械、光学材料、微纳科学与技术、医用光学、先进加工制造技术、信息与控制、计算机应用以及有关交叉学科等方面的最新理论研究、科研成果和创新技术。本刊自 2007 年起只刊发国家重大科技项目和国家自然科学基金项目及各省、部委基金项目资助的论文。《光学 精密工程》竭诚欢迎广大作者踊跃投稿。

本刊获奖:

- 中国科学技术协会择优支持期刊
- 中国百种杰出学术期刊
- 第一届北方优秀期刊
- 吉林省双十佳期刊

国际检索源:

- 《美国工程索引》(EI Compendex)
- 《美国化学文摘》(CA)
- 《英国 INSPEC》(SA)
- 《俄罗斯文摘杂志》(PЖ)
- 《美国剑桥科学文摘》(CSA)

国内检索源:

- | | |
|-------------|----------------|
| 中国科技论文统计源期刊 | 中文核心期刊要目总览(北大) |
| 中国学术期刊(光盘版) | 中国学术期刊综合评价数据库 |
| 万方数据系统数字化期刊 | 中国光学与应用光学文摘 |
| 台湾华艺中文电子期刊网 | 中国科学期刊全文数据库 |
| 中国科学引文数据库 | 中国光学文献数据库 |
| 中国物理文献数据库 | 中国学术期刊文摘 |
| 中国期刊网 | 中国物理文摘 |

地 址: 长春市东南湖大路 3888 号

《光学 精密工程》编辑部

邮 编: 130033

电 话: (0431)86176855

传 真: (0431)84613409

E-mail: gxjmgc@ciomp. ac. cn

gxjmgc@sina. com

http://www. ope. net. cn

国内邮发代号: 12-166

国外发行代号: 4803BM

定 价: 50.00 元/期

帐 户: 中国科学院长春光学
精密机械与物理研究所

银 行: 中行吉林省分行营业部

帐 号: 220801471908091001