

## 基于虚拟仪器技术的激光接收器测试系统

邢冀川

**摘要：**激光接收器为光学—电子部件，该部件的光学和光电性能必须进行严格的定量测试和分析，才能确保产品的质量,并为研究新产品获得可靠的实验依据。

本测试系统通过先进的虚拟仪器技术和 LabVIEW 7.0 编程，实现了对传统光学测试仪器的控制并利用信号源和 NI PCI-6104E 多功能采集卡进行激光接收器模拟仿真；该系统能实时地采集和分析相关测试数据，并能显示、保存和打印最终测试结果。由于使用选进的 LabVIEW 编程开发软件和虚拟仪器技术，该系统成为能自动化检测激光接收器各项参数的综合测试系统。实际的测试结果证明，这种方法实用、方便，测量精度高。

**关键词：**激光接收器，LabVIEW, 虚拟仪器

### (一) 激光接收器测试系统的功能

激光接收器通过 PIN 光电变换元件将光电信息转换成一定频率的编码信息，经过放大处理后输送至后续的电子处理系统。

主要和关键的光电性能测试内容有：

#### 1. 激光接收器整机的光谱响应特性测试

激光接收器工作时，它不仅能接收到激光器发射的波长为  $\lambda=1.06\mu\text{m}$  的激光，同时也能接收到阳光等其它光谱，为了提高接收系统的信噪比，其接收光学系统应使  $\lambda=1.06\mu\text{m}$  的光信号有效的透过，而将其他光谱成分尽可能阻断，这种光谱信噪比的优劣是接收器的关键性能指标之一，有必要进行定量的测试，考核和研究。

#### 2. 四象限光电探测元件的光谱响应特性测试<sup>[1]</sup>

四象限光电探测元件是激光接收器的核心元件，属外购品，为了记录和比较外购不同厂家和不同批次的四象限 Si 光电管（或其他光电管）的质量情况，例如光电管的光谱响应曲线，峰值波长位置，以及比较感兴趣的光谱点（如  $1.06\mu\text{m}$ ）的响应灵敏度等。

#### 3. 光学元件（滤光片，薄膜，光学玻璃材料等）的光谱透过率曲线测试

激光接收器中的光学滤光片，接收物镜等均为外购部件，入厂时必须验收，以确保产品质量。另外，产品改型和研发新产品时也往往要研究如何提高接收系统的信号光波透过率和提高光谱信噪比等技术问题，光学元件的光谱透过率，反射率，吸收率等测试是一般光学系统性能的基本检验要求。

#### 4. 接收器接收光信息随接收激光距离 R 变化的仿真试验

为了考核接收器的接收灵敏度以及接收器的动态线性范围，有必要在实验室内模拟激光距离变化导致接收光信号变化的规律。目前已在测试接收器应用的激光波长主要有  $\lambda=1.06\mu\text{m}$  和  $\lambda=0.9\mu\text{m}$  的两种激光模式。因此，本测试系统拟完成此两种波长激光发射距离规律的仿真。

### (二) 激光接收器测试系统的设计方案

根据系统的功能和主要技术指标要求，我们对测试系统的方案进行了设计，规划了测试系统的构架，说明如下：

### 1. 激光接收测试系统的构架

共三个测试台来完成全系统的测试任务：

光谱响应测试台

光谱透过率，反射率测试台

距离仿真模拟测试台

实验室的总体布置初步规划如下：

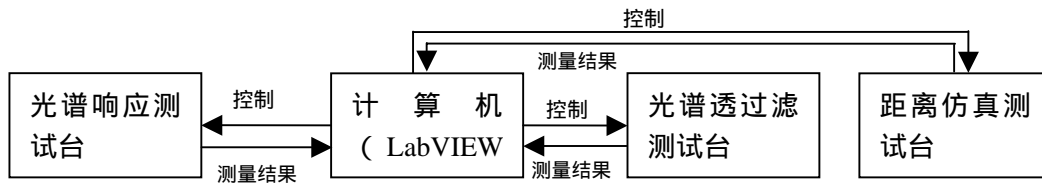


图 1 激光接收器测试系统总体布置

三个测试台的布置构想如下：

光谱响应测试台

本测试台将可完成：

- (a) 激光接收器整机的光谱响应曲线测试；
- (b) 光电四象限接收器的光谱响应曲线测试；

框图如下：

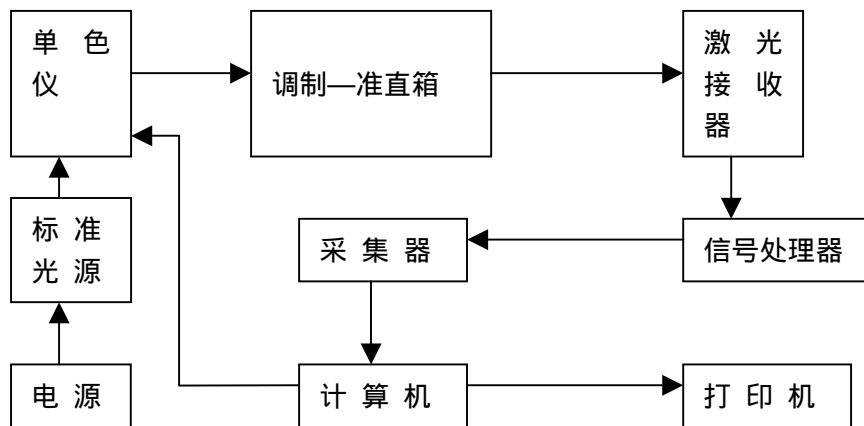


图 2 激光接收器光谱响应特性测试系统

光谱透过率，反射率测试台

本测试台的组成部分框图如图 4 所示

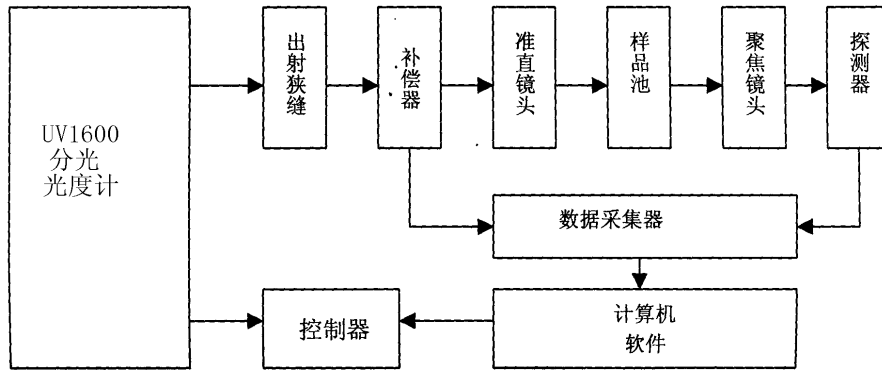


图 3 光谱透 - 反测试系统图

距离仿真测试台

本测试台有电源箱，调制信号发生器箱，半导体激光发射头，可变光阑，功率头，被检接收系统等六个工作组件组成。其中半导体激光发射头，可变光阑，功率计及接收系统均要配置合适的调整和夹持装置。测试台的平面布置如下：

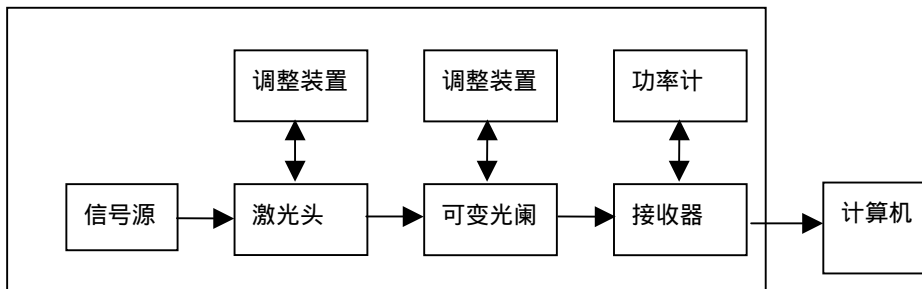


图 4 距离仿真台平面布置

本测试系统的结构原理于图 5

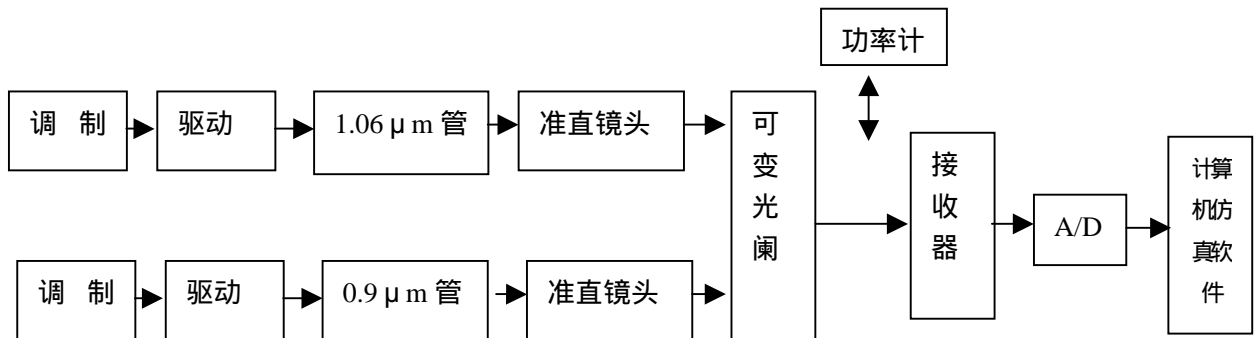


图 5 距离仿真模拟测试系统原理

(三) 基于虚拟仪器技术

在过去 20 年中，PC 机应用的迅速普及促进了测试测量和自动化仪器系统的革新，其中最

显著的一点就是虚拟仪器概念的出现与发展，虚拟仪器已为工程师和科学家们提高生产率、测量精度及系统性能方面做出巨大的贡献<sup>[2]</sup>。

虚拟仪器就是工业标准计算机配上强大的应用软件、低成本硬件及驱动软件，共同完成传统仪器的功能。另一方面，它也可以通过驱动来控制传统的仪器，使它们融入整个自动化测试测量控制系统。本激光接收器测试系统正是采用了虚拟仪器技术，通过图形化的 LabVIEW 编程，应用软件环境成为整个系统自动化控制，测试和测量的核心。通过 LabVIEW 开发的软件，在和传统仪器通信方面，我们不仅能控制光谱仪进行光谱测试，还可以返回光谱数据并进行分析处理。在使用 NI 的虚拟仪器方面，我们在计算机上插入 NI PCI-1407E 多功能采集卡，并通过 RS 232 串口控制信号源来实现激光接收器模拟仿真。激光接收器模拟仿真部分的软件界面如图 6 所示。

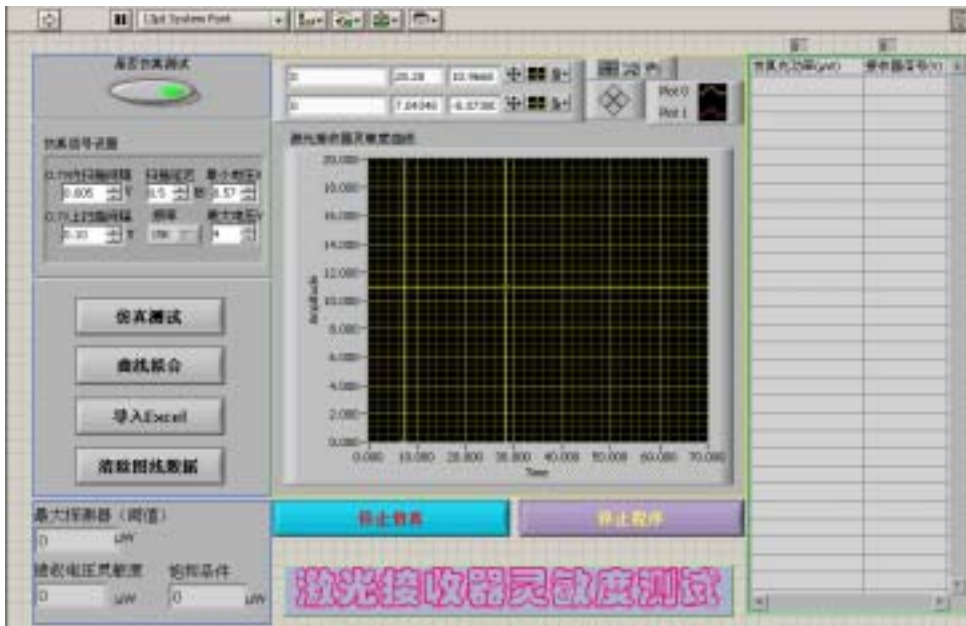


图 7 激光接收器模拟仿真部分的软件界面

#### (四) 测试结果与误差分析

##### 测试结果

大量的实验和实际的测试表明，该激光接收器测试系统使用方面，测试精度高，性能稳定。

图 8 是一激光接收器的整机响应度曲线

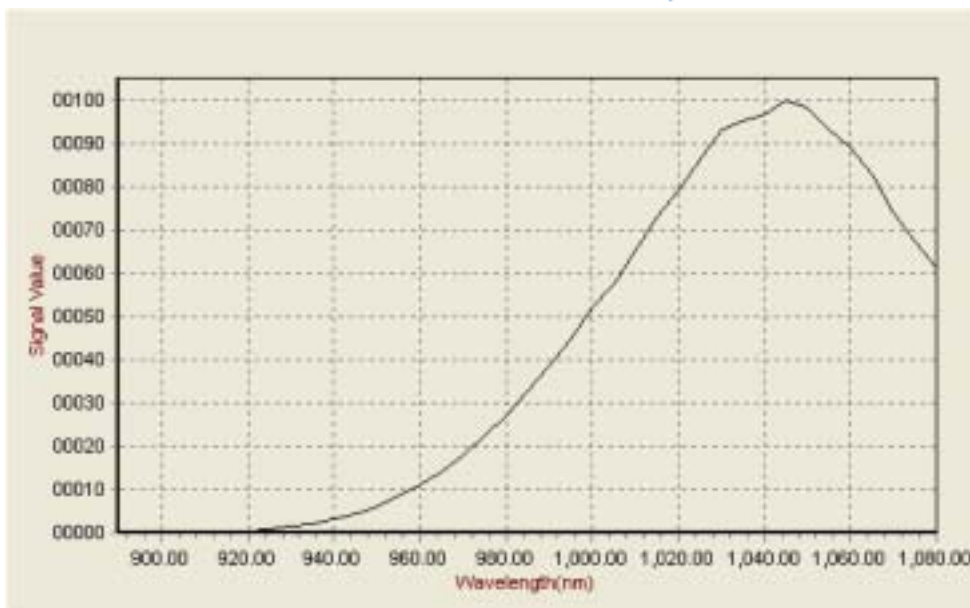


图 8 激光接收器模拟仿真部分的软件界面

从图 8 中看出，激光接收器的整机在光波波长为 1,045nm 处有最大的响应值，曲线反映了激光接收器整机的响应特性。

从激光接收器的距离灵敏度曲线可得出，当激励信号电压为 0.5 V，即光功率为 25mW 时，激光接收器的输出电压为 0.14mV，此处为激光接收器响应阈值，通过所响应的最小光功率即可算出最大的探测距离（不同外部环境下，如大气能见度，温度，湿度等，最大探测距离有所不同）。又可看出当激励信号电压为 19.5V，即光功率为 0.9W 时，激光接收器的输出电压趋于饱和，此时接收器的响应已达到饱和状态。

#### 误差分析

对于激光接收器响应度测试，其误差来源主要有三方面<sup>[4]</sup>：

- (1) 测量激光接收器响应曲线时，受光谱仪采样速率的影响导致的误差，可以计算出由于采样点偏离采样值造成的误差 $\sigma_t$ ；
- (2) 光谱仪信号模拟量转化为数字量时产生的误差 $\sigma_{ad}$ ，此误差取决于光谱仪采集器的 A/D 位数，但在多次测量求平均值情况下，此误差可以大大减小；
- (3) 进行光谱扫描时，电机驱动光谱仪光栅旋转，这也会造成误差 $\sigma_d$

所以，考虑以上四项误差影响后，根据误差计算理论，在多次测量的条件下，激光接收器响应度测试总误差 $\sigma_a$ 为

$$\sigma_a = \sqrt{\sum (\sigma_i)^2} = \sqrt{\sigma_t^2 + \sigma_{ad}^2 + \sigma_d^2}$$

对于激光接收器距离灵敏度仿真测试，其误差来源也主要有三方面：

- (1) 驱动激光器的信号源本身电压波动所带来的误差 $\sigma_s$ ；
- (2) 由于测试方案采用光功率计标定光能量，因此会有激光光功率计稳定性导致的误差 $\sigma_l$ ，
- (3) 数据采集采集卡模拟量转化为数字量时产生的误差 $\sigma_a$ ，此误差取决于采集卡的 A/D 位数

所以，多次测量时，激光接收器响应度测试总误差为

$$\sigma_b = \sqrt{\sum (\sigma_j)^2} = \sqrt{\sigma_s^2 + \sigma_l^2 + \sigma_a^2}$$

\*图中程序软件界面因涉及激光接收机具体参数机密，无法给出数据

1. 雷玉堂,王庆有,何加铭等.光电检测技术[M].北京:中国计量出版社,1997.
2. 美国国家仪器公司.虚拟仪器白皮书, 2002
3. 高稚允,高 岳.光电检测技术[M].北京:国防工业出版社,1995.

---

#### 作者介绍

邢冀川 男 1974 年 北京理工大学信息科学技术学院在读博士 硕士课题：红外双波段热像仪测温  
博士研究方向：光电信息处理和光电检测

通信地址：北京理工大学信息科学技术学院光电工程系 431 教研室 邮编：100081

电话：010-68912568

### **Based on virtual instruments Laser receiver test system**

**Michael Hsing**

**Abstract:** The laser receiver is an important opto-electrical component. In order to ensure the quality of laser receivers , we need to rigidly take quantitative test and analysis for them. Furthermore, we can get reliable experiment data for developing new product.

With the advanced virtual instrument technology, the application made by LabVIEW 7.0 can control the traditional optical testing instruments and signal source. By using the NI PCI-6104 E DAQ the simulation of laser receiver had build successfully. This system can real-time sample and analyze the measurement, the visualization, storage and printing of results. The system can be executed to test a variety of parameters of laser receiver, because of LabVIEW tools and NI DAQ product elaborately selected. The final testing result prove this system provide a easy, practical solution which can achieve the high precise measurement for testing laser receiver .