

The Fiber Optical Refractive Index Sensing System Based on Virtual Instrument

Chunhua Tan^{#1}

1. Guangdong Provincial Key Laboratory of Nanophotonic Functional Materials and Devices, South China Normal University, Guangzhou 510000, China

[#]Email: tch@scnu.edu.cn

Abstract

In this paper, a dual-channel data acquisition and display system based on LabVIEW platform and optical power meters, which can operate the communication with each other via RS232 port is explored. The system carries out the management tasks, including serial port communication control, the data acquisition control, compute, display and storage of the refractive index. The system is easy to implement and operate. Experiments prove that this system works in stabilization, and the collected data is credible. Theory analyses, software and hardware design of the system are introduced in detail. The system can be used for online monitoring the refractive index of the factory and laboratory.

Keywords: Optical Power Meter; Virtual Instrument; RS232; Data Acquisition; Refractive Index

基于虚拟仪器的光纤折射率传感系统

谭春华

1. 华南师范大学广东省微纳光子功能材料与器件重点实验室, 广州 510000

摘要: 本文开发了一种以光功率计进行数据采集, LabVIEW 为开发平台, 两者之间通过串口进行通信的双通道数据采集显示系统。该系统可实现通信控制, 信号采集, 折射率计算、显示和存储的功能。系统容易实现, 操作简单。实验表明该系统工作稳定, 结果可靠。文中详细介绍了相关理论和软硬件设计方案。系统可用于工厂和实验室中溶液折射率的在线监测。

关键字: 光功率计; 虚拟仪器; 串口通信; 数据采集; 折射率

引言

折射率是表征透明物质光学性质的基本物理量之一, 在各种光透明物质中, 诸如密度、浓度、温度、应力等物理量的变化, 均会引起折射率的变化。因而可通过测量折射率来间接测量这些相关参量。测量物质折射率, 在许多研究领域都有广泛的应用^[1-3]。目前, 测量折射率的方法有许多, 其中比较有代表性的有布儒斯特角法^[4], 阿贝折光仪, 椭偏仪, 干涉法^[5], 最小偏向角法^[6]、彩虹法^[7], 分光度计^[8]等。上述这些方法都有或多或少的缺点。

随着光纤通信的发展, 光纤传感技术已成为一门崭新的测量技术。光纤传感器是通过被测物理量对光纤内传输的光进行调制, 使传输光的强度、相位、频率、偏振态等特性发生变化, 再对被调制过的光信号进行检测, 从而得出被测物理量的一种新型传感器, 其测量的环境参量主要有应力、温度、振动、化学浓度及电磁场等等。

光纤传感技术用于液体折射率的测量研究受到越来越多的关注。研究表明, 用光纤传感系统测量溶液折射率在灵敏度、精度方面都有较大的改善, 并可实现在线连续测量。

LabVIEW (Laboratory Virtual instrument Engineering) 是一种图形化的编程语言, 它是一个面向最终用户

的工具^[9,10]。它可以增强相关人员构建自己的科学和工程系统的能力, 提供了实现仪器编程和数据采集系统的便捷途径。使用它进行原理研究、设计、测试并实现仪器系统时, 可以大大提高工作效率。LabVIEW 和光纤传感技术的结合可以大大增强光纤传感的在线监测能力, 系统的灵活性也得到提高, 相关报道日益增加^[11-13]。

本文介绍了一种专门为光纤折射率传感器进行在线测量而研制的数据采集系统, 并基于 LabVIEW 软件开发平台开发了测量控制软件, 能够完成数据的采集、处理、测量结果的显示、存储和打印等功能。

1 系统结构

如图 1 所示为系统的装置图, 该传感系统由作者所在光通信与传感实验室开发。整个装置由 2 个光纤传感头(一个监测待测液体, 另一个监测空气)、3 个光纤耦合器、半导体激光源(波长 1549nm)、2 个光功率计等组成。其中传感头为简单的端面垂直的裸光纤或者 FC/PC 接口。激光被分光比为 10%: 90% 的耦合器 3 分成两路, 其中 90% 的一路经过分光比为 50%: 50% 的耦合器 1 进入探头 1, 部分被反射、分光由光功率计 1 接收; 同样, 另一部分经过耦合器 2 进入探头 2, 被反射、分光由光功率计 2 接收。整个数据采集系统由上位机 LabVIEW 显示控制程序和光纤传感系统组成。光功率计对两路反射光信号进行采集, 进行 A/D 转换后把采集到的数据通过 RS232 串口传送到上位机。上位机对光功率计发送握手以及控制信号, 并对采集的数据进行分析处理、显示和存储。详细测量原理请见参考文献^[14]。

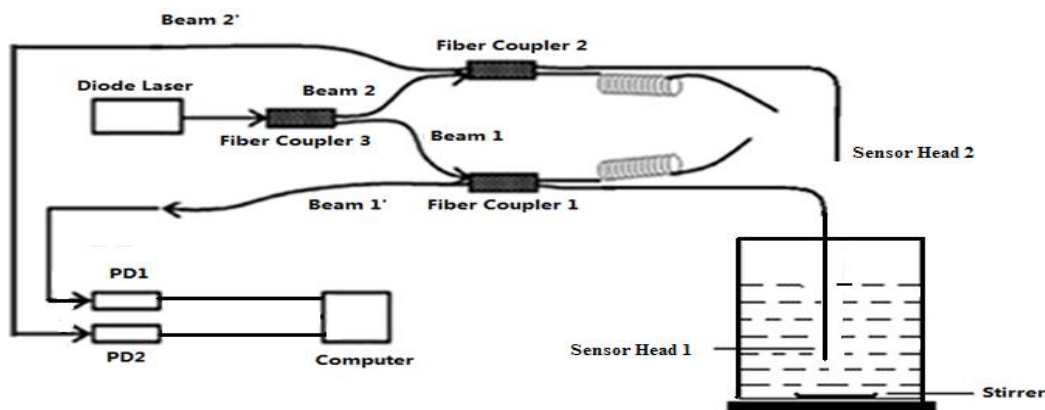


图 1 系统装置图

2 系统实现

2.1 数据采集与串行通信的实现

虚拟仪器的软件系统框架包括三个部分:VISA 库、仪器驱动程序、应用软件。VISA 作为测试程序和数据传输总线的中间层, 为应用程序和仪器总线的通信建立了通道^[15]。

考虑到软件的实用性和开放性, 系统采用 VISA(Virtual Instrument Software Architecture)接口模块来进行编程。采用该模块所编程序灵活方便, 当外部设备变更时, 只需要更换几个程序模块即可, 开发效率高。

软件主要包括参数配置模块、读模块和数据处理模块, 显示模块, 写模块等五大部分, 流程图如图 2 所示。

本功率计的 RS-232 接口命令基本方式为主从式: 即从 PC 机为命令主体, 向功率计发送各种参数设置命令或读数命令, 功率计响应命令, 并回送给 PC 机相应的应答信号或数据。

命令的基本结构次序为三个部分: 握手——命令主体——命令应答。

“命令应答”部分只存在于部分命令中, 而前两个部分在每个命令中都存在。各部分发送接收的都是 ASCII 标准字符。

握手部分: PC 端发送“?”, 若握手成功, 功率计端应响应“.”。若 CPU 忙(只有在调零操作时才有这种

情况，这时不会响应任何命令），会响应“B”。非上述两种响应信号或超时（响应时间在 ms 数量级），意味着连接或功率计有问题（如未开机或死机）。

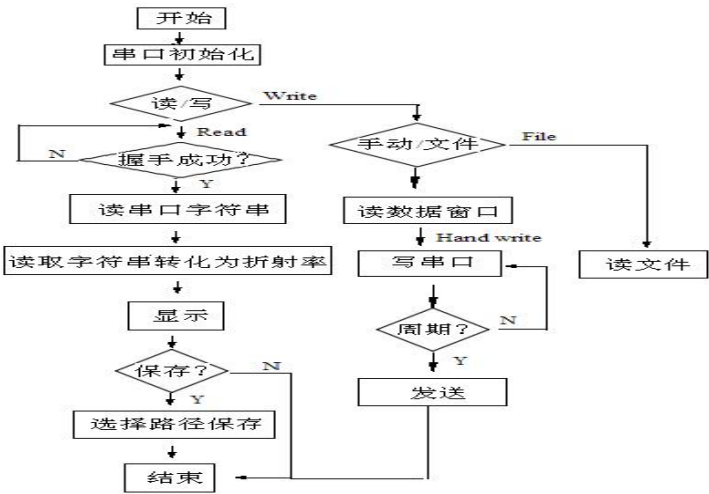


图 2 软件流程图

光功率计的功能模式设置：两个通道分别连接两个光功率计设备。整体流程是先配置 VISA 模块，具体参数是波特率 57600bps, 8 位无校验；建立握手后，通过写入命令“Z”调零，成功后再次握手，并写入测量模式，最后写入测量时间。

3 数据采集系统软件设计

利用图形化编程语言 LabVIEW 作为软件开发平台开发数据采集系统软件。其操作界面如图 3 所示。

系统操作界面由虚拟光功率计、校正、虚拟示波器、信息提示和数据存储等 5 个部分组成，开始前先确保两个通道的串口设置是否正确，需根据实验室的设备连接而定，虚拟光功率计可采集光纤头端面的原始反射光强并显示，通道及光功率单位可选，一般测试下通道 1 为测量空气的探头所连接的光功率计，通道 2 为测量液体的探头所连接的光功率计。正式采集数据前需对系统进行校正，点击校正按钮，进行常数 C 的定值操作（此时确保探头 2 与探头 1 都置于空气中）。待采集到的数值较稳定时可停止校正，之后将探头 2 放入待测溶液中，设置需要保存的实验数据保存路径，点击“开始采集”按钮，系统开始采集数据，此时在虚拟示波器就可以看到折射率的实时变动情况，示波器上方的显示框可显示实时的折射率值。

系统通过串口通信可实现两个光纤头端面原始反射光信号的在线采集、处理、显示和存储。

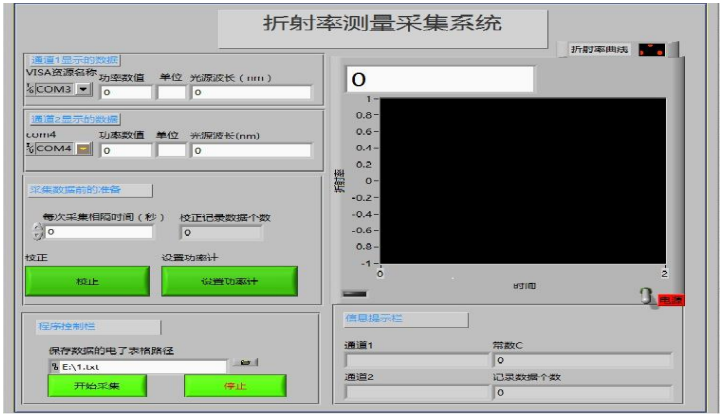


图 3 程序操作界面

4 测量结果及分析

测量系统安装调试好后,将光纤头2置于水中,启动测试软件,设置初始参数之后进行水的折射率测量实验。点击面板的开始采集按钮,采集10分钟后,输出如图4所示的水的的折射率在一段时间内的变化曲线。

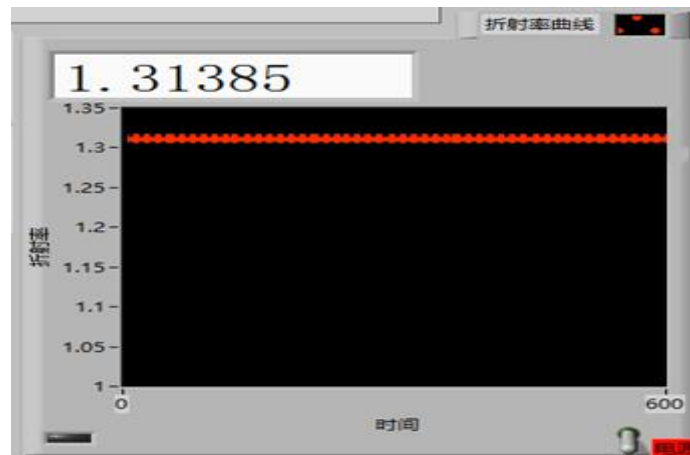


图4 水的折射率测量实验

由采集到的数据可得到水的折射率平均值为1.31375,所对应的标准偏差为 8.00641×10^{-5} 。水的折射率随光波波长增大而减小,根据报道^[16]波长为600nm时,折射率为1.332,1100nm的波长对应的折射率为1.324,波长为1550nm(实验时的光波长)时,折射率应趋近于1.3135。综合上述实验结果,我们可得出结论:系统稳定可靠,所测结果准确。

5 结论

基于LabVIEW的光纤折射率传感数据采集系统通过与光功率计的通信,采集到数据,并通过虚拟界面的示波器显示,可以实时动态的观察实验数据变化过程,实现溶液折射率的在线监测,让实验人员在实验过程中对一段时间内折射率的变化有一个全景认识,有助于分析导致折射率信号变化的内在规律。实验结果表明,研制的测量系统稳定可靠,测量结果准确。此外,测量系统的自动化程度高、操作简便、可提高测量效率,降低操作人员的工作强度。该系统可广泛应用于工厂和实验室中溶液折射率的在线监测。

REFERENCES

- [1] Guangan Deng, Zhigang Cai, Yunhua Zhang. "Refraction index measurement of transparent materials by using diffraction grating and CCD." *Acta Optica Sinica*, 2004, 1(24): 99-103
- [2] Bo Yu, Weiming Wang, Zaisheng Cai. "Measurement of saltiness of reactive dyed wastewater using light refractive index method." *Journal of Textile Research*, 2015, 36(1): 114-118
- [3] Peizhe Zhang, Ruosu Zhang, Aiyun Fan, etc. "Application of Microwave Refractometer in Detection of Evaporation Duct over the Sea." *Radio Engineering*, 2010, 40(5): 13-15
- [4] Xin Yin, Huaijin Zhang. "A simple method for measuring refractive indices Of crystals—brewster's angle method." *Piezoelectrics & Acoustooptics*, 1998, 20(5): 344-346
- [5] Maohe Li, Meidun Zhang. "Refractive Index measurement by optical fiber Michelson interferometer." *Acta Optica Sinica*, 2000, 9(20): 1294-1296
- [6] Tang Zhou, Daofan Zhang, Huaguang Yang, etc. "Measurement of refractive index of the crystal with angle of minimum deviation method." *Journal of Synthetic Crystals*, 1997, 26(3-4): 377
- [7] Fuquan Huang, Shanyin Lu, Shaomin Wang. "The refractive index measurement of high refractive index glass beads." *Acta Photonica Sinica*, 2001, 6(30): 753-756

- [8] Tianya Tan, Kui Yi, Jianda Shao. "Measurement of refractive index of the optical crystal with spectrophotometer."Chinese Journal of Lasers,2005,12(32):1678-1682
- [9] Manli Cha, Mingxing Lin. "Development of testing laboratory based on LabVIEW."Chinese Journal of Scientific Instrument,2006,27(6):453-454
- [10] Tao Ning. "Virtual instrument technology and new developments."Chinese Journal of Scientific Instrument,2007,28(4):252-255
- [11] Zhenshan Lei, Fengmei Zhang, Zhaoni Liu. "Research of bridge monitoring technic based on fiber bragg grating and virtual instrument."Microcomputer information,2005,21(9-1):128-130.
- [12] Yiping Wang, Anmin Li, Binfeng Yun,etc. "Fiber bragg grating sensor system based on virtual instrument and tunable Laser technology."Acta Optica Sinica,2006,26(8):1133-1136
- [13] Zhanfeng Gao, Yanliang Du. "Optical fiber strain-testing system based on virtual instrument."Chinese Journal of Sensors and Actuators,2006,19(6):2395-2398
- [14] Hui Su, Xuguang Huang, Huawei Zhao. "Fluid refractive-index sensor base on return strength from fiber end."Chinese Journal of Lasers,2007,34(1):109-112
- [15] Caoyuan Ma, Shuangqiang Guo, Guozheng Li. "Serial port debugging and its data analysis based on LABVIEW."Industry and Mine Automation,2005,4:74-76
- [16] Liangguang Jiang, Peng Sun. "Models of the wavelength dependence for the index of refraction Of water."Chinese Journal of Spectroscopy Laboratory,2002,19(4):554-556

【作者简介】



谭春华（1969 年-），男，汉族，博士，副研究员，研究方向为光纤传感及纳米材料。学习经历：1995 年 6 月毕业于湖南教育学院化学系，2000 年 6 月毕业于中国地质大学应用化学系，获分析化学硕士学位，2005 年 6 月毕业于华南师范大学信息光电子科技学院，获光学博士学位。Email:tch@senu.edu.cn