

基于虚拟仪器和激光技术的气体浓度检测

李冬梅¹, 黄元庆²

(厦门大学机电工程系 厦门 361005)

摘要: 本文针对目前用光电技术检测气体浓度存在精度较低、可靠性较差等问题,提出了一套新的光电检测气体浓度的方案。该方案基于迈克尔逊干涉仪在不同的气体中光程差的不同,会导致干涉条纹的移动和强度的变化的原理,采用激光双光路干涉法其中一路干涉光参考,一路光测量,通过两路干涉条纹的比较,消除系统误差和外界环境干扰,提高测量精度。实验利用 UNIQ UM201 的 CCD 和 PCI 总线的图像采集卡在 LabVIEW 环境下采集干涉条纹,并对采集到的图像进行数据处理,在外界微弱的变化下,图像发生改变,该实验方案有很高的灵敏度和响应速度。

关键词: 迈克尔逊干涉; 激光; CCD; 图像采集

中图分类号: TP274 TG806 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.20

Gas concentration detection based on LabVIEW and laser technique

Li Dongmei, Huang Yuanqing

(Department of Mechanical and Electrical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: Based on the principle that the position and intensity of Michelson interference fringes change due to different optical path lengths in different gases, a new system is designed, which applies two interferometers, one is used for test and the other is used as reference. The problems of low precision and bad reliability existing in detecting gas concentration are solved. In this system UNIQ UM201 Charge Coupled Device and Matrox Meteor-II image grab card are used to acquire the interference fringes and the images of the obtained fringes are processed in the LabVIEW environment. As the surroundings change faintly, the images will also change, and this test scheme has high sensitivity and fast response.

Key words: Michelson interferometer; laser technique; CCD; image grab

1 引言

随着社会的发展,生态环境保护意识的提高,环境污染指数是衡量人们生活水平的一个重要指标,因此气体浓度检测变得越来越重要。气体浓度检测有很多种,用得较多的是光干涉法、气敏元件和气相色谱法。气敏元件容易中毒而导致测量不准,气相色谱法多用于检测变压器中的气体浓度,气相色谱定期检测法作业程序十分复杂而且价格昂贵,测量气体速度较慢,运行人员难以及时全面地测量。光干涉法得到的是干涉条纹,读取光干涉条纹不够直观,而如果采用光电转换元件获取干涉条

纹强度变化量,就可得到直观的浓度显示值。这种检测装置使用简单、检测范围广、响应速度快,对气体的选择性高,使用寿命长^[1-2]。

2 系统组成

根据光干涉后的强度变化来检测气体浓度的变化。本实验光源选用了 He-Ne 激光器和两组干涉光路,系统的结构如图 1 所示。

激光器通电后产生激光,光路经过半反半透分束镜 1 后分成等光强的两路光,透射光经过分束镜 2 分成光路 1、2,反射光经分束镜 3 分成光路 3、4。光路 1、2,光

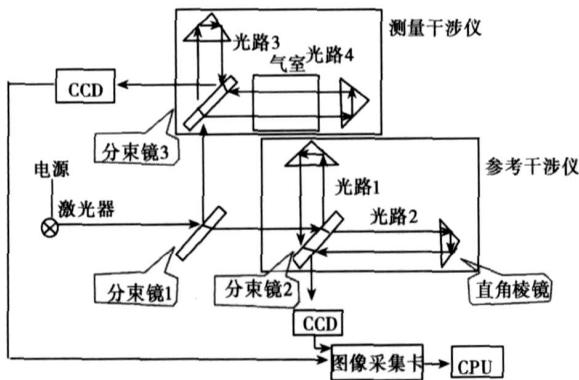


图 1 瓦斯检测仪的光学系统

Fig 1 Optical system of the methane detector

路 3、4 分别在分束镜处相遇干涉相成干涉条纹。其中一组光路作为参考量,另一组光路作为测量值。实验中采用激光分束法,保证了相干涉的两束光的偏振方向相同,即 $\theta = 0^\circ$ 。同时在理想情况下,认为在外界条件不变时,四条光路完全相同,没有光程差。本文将 3 条光路置于外界环境中,1 条光路放在气室中,当外界环境变化时,也就是其中只有 1 路光强不发生变化,而其他 3 条光路的光强变化相等。

设两组光干涉后的光强分别为: $I_o(x, y)$ 和 $I_e(x, y)$, I_i 为各路光的光强, θ 为相干涉的两个偏振光之间的夹角, ϕ 为相位角。在实验中将得到的两组数据进行减法处理,消除外界干扰。由迈克耳逊干涉光强式得式 (1):

$$I_o(x, y) - I_e(x, y) = I_3(x, y) + I_4(x, y) + 2\sqrt{I_3(x, y)I_4(x, y)} \times \cos \cos[\phi_4(x, y) - \phi_3(x, y)] - [I_1(x, y) + I_2(x, y) + 2\sqrt{I_1(x, y)I_2(x, y)} \times \cos \cos[\phi_2(x, y) - \phi_1(x, y)]] \quad (1)$$

式中: $I_1(x, y) = I_2(x, y) = I_3(x, y)$ 3 个光强相等,当外界环境变化时 3 路光强变化为 $I_1、I_2、I_3$ 且相等,而 $I_4(x, y)$ 不发生变化,则公式简化为:

$$I_o(x, y) - I_e(x, y) = I_4(x, y) - I_3(x, y) + 2\sqrt{I_3(x, y)I_4(x, y)} \cos \phi - 2\sqrt{I_1(x, y)I_2(x, y)} \cos \phi \quad (2)$$

由于当激光通过气体时,由于气体的浓度变化,导致光通过时的光程不同,也就是产生了一个光程差,出现了相位角 ϕ 。而 $\phi = 2\pi l/\lambda = 2\pi l n/\lambda_0$, n 即是由于气体浓度的变化导致的折射率的变化量, l 为引起的光程差。

3 图像处理

CCD (charge coupled device)以其体积小、重量轻、功耗低、精度高等特点,被广泛应用于摄像、图文识别以及非接触测量等领域。

本实验采用的是 um201 的 CCD,它具有异步采集,

高灵敏度,结构紧凑,质量轻等特点,输入电源为 12 V 直流电源,快门速度 $1/60 \sim 1/31000$ s 可调,能感测的最低照度为 0.05 lux,工作温度在 $-10 \sim +55$,像素为 752×582 。其波长响应峰值在 $500 \text{ nm}^{[3]}$ 。实验选取的激光器为 He-Ne 激光器,波长为 632.8 nm 。图像采集卡采用的是 Matrox Meteor-II/Standard^[4]。在后续实验中,选用线阵 CCD 芯片^[5]和 LD 作为光源, LCD 液晶显示, am 处理芯片实现检测系统的便携式^[6]。拍摄到其中一路干涉条纹在外界环境的变化下,浓度相差 1% 时,条纹发生的变化,实验结果如图 2、图 3 所示。

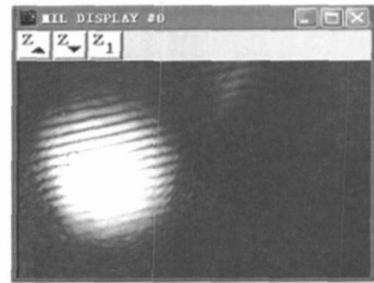


图 2 干涉条纹 1

Fig. 2 Interference fringe 1

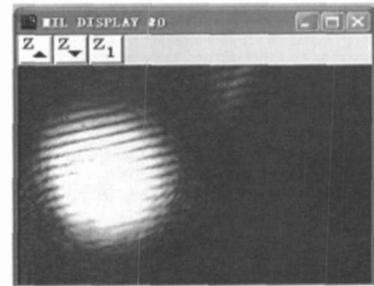


图 3 干涉条纹 2

Fig. 3 Interference fringe 2

对两图进行处理,处理流程如图 4 所示。灰度值对应光强度,根据公式可以计算出浓度值。

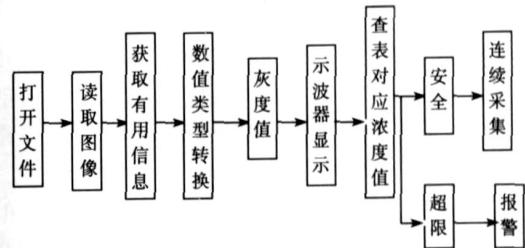


图 4 处理框图

Fig 4 Flow chat of the image processing

利用 LabV IEW 调用 matrox mil 提供的动态链接库函数,包括 MappA lloc, M sysA lloc, M digA lloc, M dispA lloc, M bufA lloc2d, M dispSelect, M digGrabContinuous, M bufExport 等^[7-9],进行实时图像采集和定时保存,并对图像进行处理,其部分背面板和对应图 2、3 处理后灰度数据如图 5、6 所示。

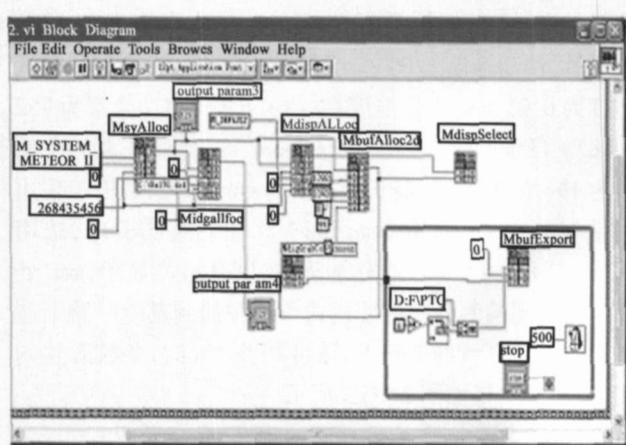


图5 图像采集

Fig. 5 Image grab

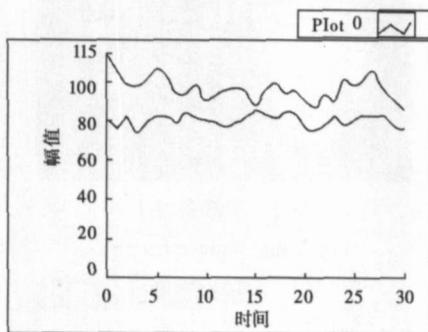


图6 图像处理

Fig. 6 Image process flow chart

其中, MappAlloc是在 windows进程里分配任务,必须先设立。MsysAlloc分配系统, MdigAlloc摄像机分配物理地址, MdispAlloc、MbufAlloc2d、MdispSelect、MdigGrab-Continuous、MbufExport,分别是显示,设置缓存,数据显示文件格式,采集方式设置和保存。根据自己使用的采集卡进行相应的设置即可。

4 实验中的影响误差源

1) 激光的稳定性: 本实验采用 632.8 nm 的激光光源,在稳定电压下工作产生的光强度为 0.22 mW,若电压源不稳定会导致产生激光光强的变化。但采用双光路可以减少光源漂移产生的误差。

2) 两干涉仪之间也有一定的误差,系统误差。但是可以在外界环境相同境况下,调整使得到的图像完全一致,消除误差。

5 结论

采用激光干涉的方法,使用 CCD 作为光电转换器件能提高测量的精确度,利用 labVIEW 进行实时图像处理,可以直观看到采集到的图像数据,并能处理成灰度显示,对应反映出浓度的变化。激光干涉法检测气体浓度在工

程中使用广泛,特别是结合图像处理技术的发展将会得到更加广泛的应用。

参考文献

- [1] YANG X L. Photoelectron basic technology[M]. Beijing: Beijing Post & Electron University Publishing Company, 2005: 275-308
- [2] MEI S H. Photoelectron technology-the new information equipment[M]. Beijing: National Defence Industry Publishing Company, 2004: 146-175.
- [3] Matrox Electronic Systems Ltd. Matrox meteor-II Installation and Hardware Reference[Z]. Canada, 1998.
- [4] LU L, JIANG J, ZHANG G J. Driving and data acquisition of linear array CCD based on CPLD[J]. Journal of Electronic Measurement and Instrument, 2006, 20(4): 107-110
- [5] LI D M. Research on optoelectronics detecting system of methane concentration[D]. Xiamen: Xiamen University, 2007, 7.
- [6] Matrox Electronic Systems Ltd. Intellicam mil[Z]. Canada, 1998.
- [7] LI G S H, ZHOU D M, HE J G, et al. Buildig and application of DLL files in LabVIEW[J]. Modern Electronics Technique, 2005, (5): 24-30.
- [8] LI X S H, DA I B. Design of DLL-based Labview data acquisition system[J]. Journal of Beijing Institute of Petrochemical Technology, 2005, (2): 24-26
- [9] TANG B, XIA M. The development of image processing system based on matrox pulsar image grabbing card[J]. Microcomputer Information, 2004, 20(4): 41-42

作者简介



李冬梅, 2004年于重庆大学获得学士学位, 2007年于厦门大学获得硕士学位。

E-mail: dongmli@tom.com

Li Dongmei got bachelor degree from Chongqing University in 2004 and master degree from Xiamen University in 2007.

E-mail: dongmli@tom.com



黄元庆(通信作者), 厦门大学机电工程系, 教授, 博士生导师, 主要研究方向是光电检测技术。

E-mail: yphuang@jinxian.xmu.edu.cn

Huang Yuanqing is a professor and supervisor for PhD student in Department of Mechanical and Electrical Engineering, Xiamen University. His main research direction is optoelectronic detection technology.

E-mail: yphuang@jinxian.xmu.edu.cn