

# 利用近红外吸收光谱特性实现酒精浓度的非接触式测量系统的设计

王 添, 吴 卫, 张紫芸馨

(贵州师范学院 物理与电子科学学院, 贵州 贵阳 550018)

**摘要:** 酒精浓度的非接触式测量是一种新型的测量方法。对一些特殊行业有着很大的帮助, 比如酿酒业测量酒的酒精浓度, 工业上生产工业酒精等。为了便于测量不能接触的酒精溶液, 文中设计了一种基于近红外吸收光谱特性的酒精浓度测量系统, 可以对不同浓度的酒精溶液进行非接触式连续测量。对于酒精来说, 在 1300~1350 nm 的光谱段浓度定性反应非常明显, 使用处于该波段的红外 LED 发光二极管, 加上光电二极管、模数转换芯片、单片机和 LCD 屏幕组成该系统。通过使用该系统对不同浓度的酒精进行测量, 利用最小二乘法找到酒精浓度和电压信号之间的函数关系式。这样就能通过测量电压值来反推出酒精浓度值。实验表明, 在该红外波段下, 采集到的电压值和酒精浓度之间有良好的二次函数关系, 拟合优度达到了 0.99946。测量结果显示, 测量值和标准值之间的相关系数  $R$  为 0.999911, 平均绝对误差为 0.64。与传统酒精计的 0.5 相差不大, 重复测量和连续测量的方差分别为 0.0044 和 0.0056, 证明了该装置的稳定性和可靠性符合预期。而且通过优化电路和程序, 选择更为精确的酒精计作为标准, 可以使误差更小。该方案相比传统测量方法结构简单, 速度更快, 还可以进行连续测量。在现实生活中, 制酒业、医疗行业和工业生产等行业都对于测量酒精浓度有着很高的需求。该装置可以在不损坏产品的情况下进行酒精浓度测量, 它的连续检测能力对某些行业的批量生产有着很大的帮助。通过改良, 可以实现自动化检测。除了企业生产, 也可用于制造日常使用的便携式酒精浓度测量仪。

**关键词:** 酒精浓度测量; 近红外吸收光谱特性; 非接触测量; 光电二极管; 红外 LED 光源  
**中图分类号:** TN216      **文献标志码:** A      **DOI:** 10.3788/IRLA20230510

## 0 引 言

目前, 市面上可以购买到的电子式酒精浓度测量装置基本都是通过测量酒精的折射率来计算得出酒精浓度。普遍使用的是数显折光仪<sup>[1-2]</sup>进行测量, 此仪器使用的是折光率法进行测量。除了这个方法之外, 还有分光光度法<sup>[3]</sup>、酒精计法、气相色谱法<sup>[4]</sup>和密度计法等<sup>[5-6]</sup>。但这些方法要么使用的仪器价格昂贵, 要么就是体积比较大, 不利于携带; 有些测量方法也较为复杂。近红外光谱法<sup>[7]</sup>也是测量酒精浓度的方法之一, 文中将以此方法为基础, 介绍一种酒精浓度的非接触式测量方案。

已经有许多研究者做过利用近红外光谱法来测

量酒精浓度的相关研究<sup>[8-10]</sup>。比如王贞佐等提出使用短波近红外光谱和偏最小二乘法来测定白酒中乙醇的含量<sup>[11]</sup>, 使用的设备为日本岛津 UV-3150 型紫外可见近红外分光光度计, 适合用在实验领域。周杨等通过使用美国珀金埃尔默傅里叶变换红外光谱仪测量不同浓度的酒精溶液, 找到了对酒精浓度反应比较灵敏的光谱段<sup>[12]</sup>, 即 1250~1350 nm 之间。他们采用的是光频转换器 TSL245 作为接收器, 最后的测量结果的平均绝对误差为 1.439。

目前, 近红外光谱分析技术在各个研究领域都受到了广泛的应用, 使用现代化设备处理光谱信息也更加方便<sup>[13-15]</sup>。近红外吸收光谱法还适用于绝大多数

收稿日期: 2023-08-31; 修订日期: 2023-10-30

基金项目: 中央引导地方科技发展专项资金项目 (黔科中引地 [2019]4012 号)

作者简介: 王添, 男, 副教授, 博士, 主要从事光学全息照相、数字全息成像、光电信息探测方面的研究。

物质的定量分析,比如原油的低含水量测量<sup>[16]</sup>、人体血液的酒精浓度检测<sup>[17]</sup>、食用酒精和工业酒精检测<sup>[18]</sup>、农业上物质的分析<sup>[19-20]</sup>、医学上药物的分析<sup>[21]</sup>等,发展空间广阔。

通过使用光电二极管作为光谱检测传感器,不局限于光谱仪和分光光度计。数据处理不依赖计算机,而是用体积小、方便集成的单片机。不仅降低了测量设备的成本,也降低了操作难度。用近红外光谱法测量酒精浓度的关键就是要找到合适波长的光源<sup>[22-23]</sup>,建立一个光谱信号和酒精浓度的数学模型。由于光电二极管的线性性能良好,所以将建立光谱信号和酒精浓度的数学模型转换成建立电压信号和酒精浓度的数学模型是可行的。

文中利用了酒精溶液的近红外光谱吸收特性,设计了一种便携式的酒精浓度测量装置。该装置拥有成本低、结构简单、响应快、精准度高、不接触溶液和使用方便等优点。除测量酒精溶液的浓度以外,此方案也适用于其他溶液的浓度测量,只需要找到合适波长的光源和相应的光电二极管即可,所以该设计方案具有很好的应用前景。

## 1 设计思路

酒精溶液不同于水溶液的地方是多了甲基和亚甲基两个基团,近红外光谱法一般是根据不同的基团对不同的近红外波长有不同的吸收效果,或者是同一基团在不同的化学浓度下对同一波长的近红外光的吸收率也不同的这两种现象来实现的,所以可以利用甲基和亚甲基这两个基团的特征吸收谱带找到适合的光源。

在该设计中,使用波长范围在 1300~1350 nm 的红外发光二极管作为光源,如图 1(a)所示。为了能够接收该光源发出的光信号,使用了对该波段灵敏度高的钢镓砷光电二极管<sup>[24-25]</sup>作为接收器,如图 1(b)所示。它是由一个 PN 结组成的半导体元器件,通常工作在反向偏置状态。在施加反向电压的状态下有光照射时,会产生微弱的反向电流,通过跨阻放大电路<sup>[26-29]</sup>将此微弱的电流信号放大并转换为电压信号。然后使用 ADC1115 模数转换芯片<sup>[30-32]</sup>接收此电路输出的电压信号,通过 IIC 总线<sup>[33]</sup>将数据传输到 STC89C52RC 单片机并由单片机处理数据,最后由

LCD1602 液晶显示模块显示测得的电压值。通过大量实验得到电压值和浓度值之间的对照表,利用 python 中的 matplotlib<sup>[34-35]</sup> 函数库拟合电压值和酒精浓度值之间的函数关系式,将得到的函数关系式写入单片机程序。由单片机直接利用该函数关系式处理采集到的电压值计算出酒精浓度值,输出到显示模块上显示出来。



图 1 光源和传感器。(a) 红外 LED 光源;(b) 钢镓砷光电二极管  
Fig.1 Light sources and sensors. (a) Infrared LED light source; (b) InGaAs photodiode

## 2 系统介绍

采用近红外吸收光谱特性实现酒精浓度的非接触式测量的实验装置示意图如图 2 所示。光源采用国产优晶光电的 1300~1350 nm 波段的红外发光二极管,该发光二极管有功率低、发热小、价格便宜和体积小等优点。使用 3D 打印机打印一个专门放置比色皿的凹槽,将其固定以确保每次放入比色皿的位置不变。盛装待测溶液的比色皿是光程为 1 cm 的石英比色皿。光电二极管使用博科斯光电的钢镓砷光电二极管,光敏面积为 1 mm<sup>2</sup>。该光电二极管有高响应、高稳定度、低暗电流、低电容、可靠性高和使用寿命长等优点。

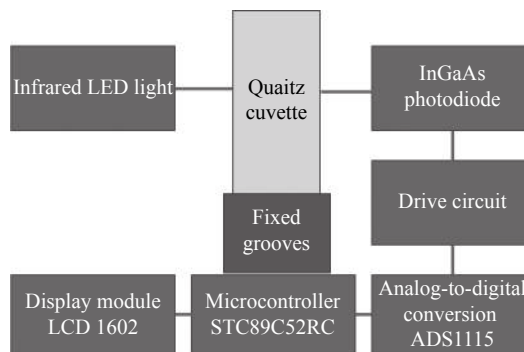


图 2 实验装置示意图

Fig.2 Schematic diagram of the experimental setup

驱动电路是一个跨阻放大电路,由它来将光电二极管产生的微弱电流放大并转换为电压信号输出。在该电路中使用的运算放大器是 LT1793 低输入偏置放大器,它是一款低噪声、微微安偏置电流、JFET 输入的运算放大器。

模数转换模块是一块 ADS1115 芯片,用于测量光电二极管驱动电路输出的电压。通过 IIC 总线将数据发送到 STC89C52RC 单片机,由单片机处理得到的数据计算出浓度值并驱动显示模块显示出浓度值。显示模块是 LCD1602 液晶显示屏,由单片机进行控制。单片机和 LCD1602 的电路文中不做介绍。

根据 LT1793 运算放大器的数据手册提供的电路图建立光电二极管的驱动电路。如图 3 所示,里面的 LT1097 是一个互阻放大器,起到抑制暗电流减小环境光干扰的作用。

ADS1115 芯片的电路图如图 4 所示,输入端接到

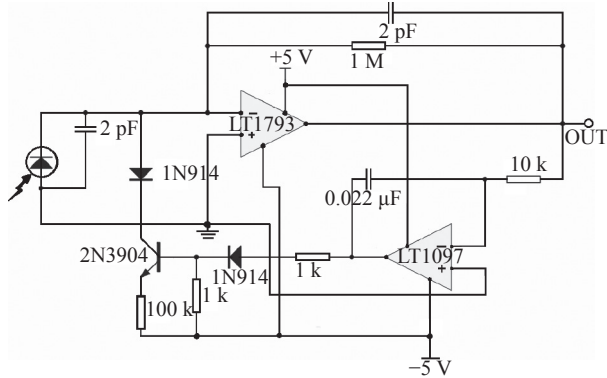


图 3 光电二极管驱动电路

Fig.3 Photodiode drive circuit

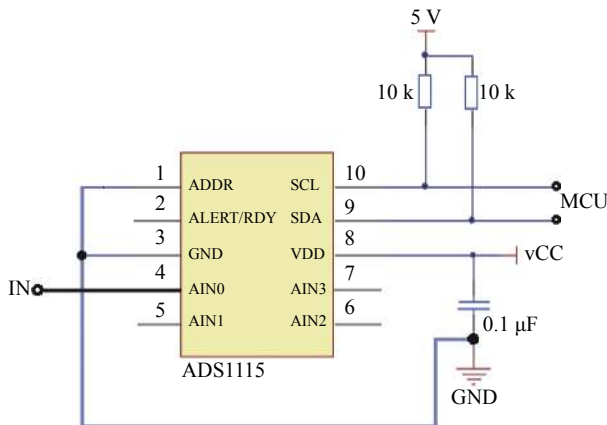


图 4 ADS1115 电路

Fig.4 ADS1115 circuit

光电二极管驱动电路的输出端。

将各元器件整合后的实物图如图 5 所示。

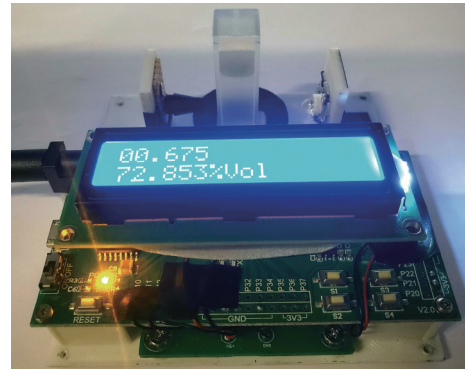


图 5 装置实物图

Fig.5 Actual diagram of the installation

### 3 测量原理与最小二乘法

使用无水乙醇和去离子水进行混合得到不同浓度的酒精溶液,浓度范围在 0%~75% 之间。以 DR403 数显酒精浓度计为标准仪器测量标准值,此酒精浓度计测量范围为 0%~80%,测量精度为  $\pm 0.5\%$ ,分辨率为 0.1%。使用设计的系统测量不同浓度对应的电压值,酒精溶液浓度值和电压值的对应关系如表 1 所示。

观察数据可以得出酒精浓度值和采集到的电压值存在一定的线性关系,验证了该装置的可行性。从数据中看到,浓度值越大,电压值也就越大,呈单调性变化,所以可以使用 python 中的 polyfit 函数拟合酒精浓度值和采集到的电压值之间的函数关系式。在实验过程中也使用了其他函数进行多次拟合,拟合结果大同小异,最后使用了效果最好的 polyfit 函数。

polyfit 函数是一个曲线拟合函数,它的原理是最小二乘法曲线拟合。最小二乘法是一种统计学方法,可用于傅里叶变换红外光谱分析中。原理是计算出数据真实值和预测值的最小化误差的平方和,使用该最小化误差的平方和来找出数据的最佳匹配函数,简单来说就是按最小二乘原则找出函数曲线。对于有单调性的函数拟合效果较好,而从表 1 中的数据可以看出,电压值和酒精浓度值之间是呈单调性的,所以在该模型中使用最小二乘法拟合是可行的。

设真实值为  $p(x_j)$ ,与实验数据一一对应,其对应的预测值为  $y_j$ ,与实验数据越接近越好。则有:

表 1 不同酒精的浓度值和对应电压值的对照表

Tab.1 Comparison table of different alcohol concentration values and corresponding voltage values

Sample number	Concentration value	Voltage value/V
1	75.0%	0.767
2	74.6%	0.736
3	73.7%	0.703
4	71.8%	0.664
5	70.0%	0.630
6	65.3%	0.575
7	60.6%	0.524
8	58.3%	0.514
9	46.0%	0.429
10	35.3%	0.371
11	28.8%	0.340
12	22.1%	0.312
13	15.7%	0.291
14	9.50%	0.266
15	7.00%	0.259
16	4.10%	0.245
17	0%	0.237

$$E = \sum_{j=0}^n [p(x_j) - y_j]^2 \quad (1)$$

式中:  $n$  为实验的次数;  $E$  为真实值和预测值的误差的平方和。拟合曲线时应使得  $E$  最小。

线性拟合出的函数图像如图 6 所示。

由图 6 可以看出, 使用线性拟合发现真实值和拟合值之间的线性关系较差, 拟合优度为 0.94271。观察真实值的分布特征, 更符合二次多项式的特征。使

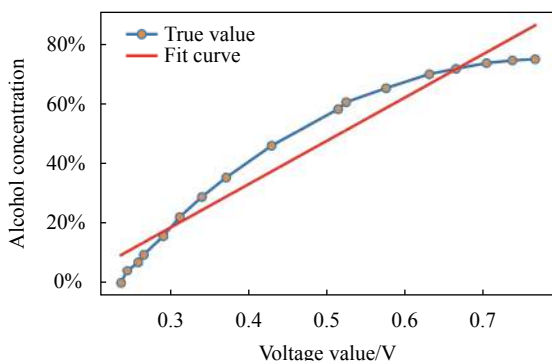


图 6 酒精浓度值和电压值之间的线性关系

Fig.6 The linear relationship between alcohol concentration value and voltage value

用了二次多项式拟合后, 得到的函数曲线如图 7 所示, 拟合优度为 0.99946。可以看出, 酒精浓度值和电压值之间有很好的二次多项式关系, 得到的关系式如公式 (2) 所示:

$$C = -278.2U^2 + 416.9U - 81.8 \quad (2)$$

式中:  $C$  为酒精浓度;  $U$  为采集到的电压值。利用得到的函数关系式编写单片机程序, 使用中位值滤波法<sup>[36]</sup>将采集到的电压值进行滤波, 以减少电路电压波动造成的干扰。

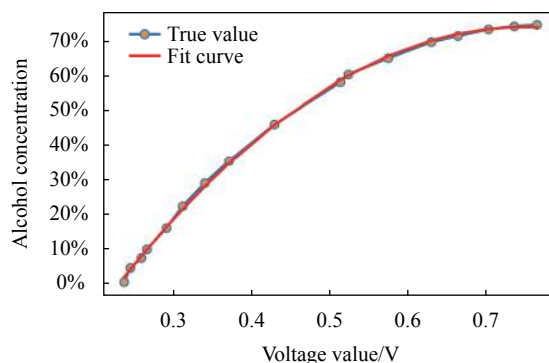


图 7 酒精浓度值和电压值之间的二次多项式关系

Fig.7 A quadratic polynomial relationship between alcohol concentration values and voltage values

## 4 系统实验与分析

预先准备 10 份不同浓度的酒精样品, 使用制作的装置和 DR403 数显酒精浓度计分别对准备好的酒精样品进行测量, 测量结果如表 2 所示。根据测量数据, 计算得相关系数  $R$  为 0.999911, 平均绝对误差为 0.64, 和标准数显酒精浓度计的绝对误差 0.5 相差很小, 证明了该装置的可行性。

随机购买一款 75% 医用酒精消毒液, 此款医用酒精的酒精浓度为  $75\% \pm 5\%$ , 使用 DR403 数显酒精浓度计测得其浓度为 73.3%。使用设计好的装置对其浓度进行多次检测, 再使用该装置对同一份酒精溶液进行 10 min 的连续测量, 每隔 1 min 记录一次数据, 得到的结果见表 3, 计算得到重复测量的方差为 0.0044, 连续测量的方差为 0.0056, 抖动的原因与环境光干扰和供电电压的稳定性有关。测量数据的稳定性良好, 证明该设备的总体稳定性较高, 同一溶液的重复测量和连续测量结果都符合实验预期。

表 2 测量值和标准值比较

Tab.2 Comparison of measured and standard values

Sample number	Standard value	Measurements	Absolute error
1	75.2%	74.6%	0.6%
2	72.7%	71.8%	0.9%
3	71.4%	70.3%	1.1%
4	64.7%	64.2%	0.5%
5	53.5%	52.9%	0.6%
6	42.5%	43.1%	0.6%
7	39.5%	39.7%	0.2%
8	35.3%	35.7%	0.4%
9	26.1%	26.9%	0.8%
10	18.5%	19.2%	0.7%

表 3 同一浓度的重复和连续测量结果

Tab.3 Repeat and continuous measurements at the same concentration

Sample number	Repeat the measurement	Continuous measurements
1	72.8%	72.8%
2	72.8%	72.8%
3	72.7%	72.7%
4	72.7%	72.8%
5	72.7%	72.7%
6	72.6%	72.7%
7	72.8%	72.6%
8	72.7%	72.8%
9	72.8%	72.7%
10	72.8%	72.6%

## 5 结 论

文中设计了一种新型的酒精浓度测量装置,对于不能接触的酒精溶液有较好的测量效果。由于酒精浓度和光谱吸收率有一定的线性关系,为制作该装置打下了一定的基础。在该装置中,创新性地使用光电二极管和跨阻放大电路对透射过酒精溶液的红外光进行光谱分析,将得到的酒精浓度值和跨阻放大电路的输出电压值进行多项式拟合。实验结果表明,该装置的准确度和稳定性都能达到预期效果,而且该装置的总体成本较低。与传统的酒精浓度测量方式相比,拥有测量速度快、结构简单、测量精度高和便携等优点。

在后续的改进中,可以通过使用更为精确的测量

装置作为标准,测量更多的数据进行拟合来提高拟合优度,改用更加精确的模数转换芯片来使测量的电压值更加准确,更换处理速度更快的 MCU 可以使装置的测量速度更快,加入整形和滤波电路来减少电压波动和环境光的干扰。以上问题的优化可以提高设备的分辨率,让测量结果更加准确。

### 参考文献:

- [1] Xiao Jingwen. Research and development of intelligent digital refractometer[D]. Shanghai: Shanghai University of Engineering Science, 2014. (in Chinese)
- [2] Mitsushio M, Higo M. Properties of a gold-deposited surface plasmon resonance-based glass rod sensor with various light-emitting diodes and its application to a refractometer [J]. *Optics Communications: A Journal Devoted to the Rapid Publication of Short Contributions in the Field of Optics and Interaction of Light with Matter*, 2012, 285(18): 3714-3720.
- [3] Tipparat P, Lapanantnoppakhun S, Jakmunee J, et al. Determination of ethanol in liquor by near-infrared spectrophotometry with flow injection [J]. *Talanta: The International Journal of Pure and Applied Analytical Chemistry*, 2001, 53(6): 1199-1204.
- [4] Rhodes N C, Heaton K, Goodall I, et al. Gas chromatography carbon isotope ratio mass spectrometry applied to the detection of neutral alcohol in scotch whisky: an internal reference approach [J]. *Food Chemistry*, 2009, 114(2): 698-702.
- [5] Yu Jingming, Xie Qinguan, Yang Fenghua. Methods for the detection of ethanol content in wine [J]. *Chinese Journal of Health Laboratory Technology*, 2008, 18(9): 1930-1932. (in Chinese)
- [6] Wang Qiujin, Zhang Ping. Advance of ethanol content detection methods in liquor [J]. *Modern Food*, 2020, 3(5): 14-17. (in Chinese)
- [7] Yan Y L, Zhao L L. Fundamentals and Applications of Near-infrared Spectroscopy [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2005. (in Chinese)
- [8] Chen Yuxing, Wang Liping, Guan Jun. Determining ethanol in alcoholic beverages with the method of infrared absorption [J]. *HIET Journal*, 1996, 19(1): 124-127. (in Chinese)
- [9] Tang Weizu, Li Li, Zhang Hui. Rapid detection of alcohol content and density of Huangjiu by near-infrared spectroscopy [J]. *Liquor-Making Science & Technology*, 2023(4): 121-125. (in Chinese)
- [10] Fan Mingming. Development of online detection device for

- liquor picking based on near-infrared technology [D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2019. (in Chinese)
- [11] Wang Zhenzuo, Lu Jiahui, Guo Weiliang, et al. Determination of ethanol content in distilled spirits using short-wave near infrared spectroscopy with partial least square regression model [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2005(11): 158-160. (in Chinese)
- [12] Zhou Yang, Liu Jie, Wang Jiyuan. Absorption mechanism and application of infrared spectra of ethanol [J]. *China Brewing*, 2013, 32(12): 128-130. (in Chinese)
- [13] Yan Yanlu, Zhao Longlian, Li Junhui, et al. Information technology of modern nir spectral analysis [J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2000, 20(6): 777-780. (in Chinese)
- [14] Xu Guangtong, Yuan Hongfu, Lu Wanzhen. Development of modern near infrared spectroscopic techniques and its applications [J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2000, 20(2): 134-142. (in Chinese)
- [15] Zhou Xueqiu, Zhu Yujie, Liu Xu, et al. Instrument technology and applications of modern fourier transform near infrared spectrometer [J]. *Modern Instruments & Medical Treatment*, 2002, 8(4): 29-33. (in Chinese)
- [16] Zhao Yong, Yang Jian, Wang Jinqi, et al. High-accuracy low-water-content measurement of crude oil based on a near-infrared spectral absorption method [J]. *Optical Engineering*, 2004, 43(10): 2216-2217.
- [17] Luo Site. Non-destructive detection of near-infrared spectroscopy of human blood alcohol concentration and key technologies [D]. Jinan: Shandong University, 2013. (in Chinese)
- [18] Yan Feng, Yang Junjie, Shi Jiulin. Detection of edible alcohol and industrial alcohol by spectral technique [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2016, 7(7): 2828-2834. (in Chinese)
- [19] Li Junhui, Zhao Longlian, Lao Cailian, et al. Modern near infrared spectral analysis technology of farm products [J]. *Modern Scientific Instruments*, 2005(1): 17-19. (in Chinese)
- [20] He Xusheng. Application of near infrared reflectance spectroscopy to soil and fertilizer and its directions [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2004, 35(4): 487-492. (in Chinese)
- [21] Zhou Ying, Li Dongyun. Advantages and application development of near infrared spectroscopy in screening of illegal chemical additives in health food and chinese patent medicine [J]. *Guangzhou Chemical Industry*, 2023, 51(5): 135-138. (in Chinese)
- [22] Ge Jianxian, Liu Yi, Liu Wei, et al. Selection of sensitive bands for determination of alcohol concentration by near-infrared spectroscopy [J]. *Technology Outlook*, 2017, 27(23): 147, 149. (in Chinese)
- [23] Chu Xiaoli, Yuan Hongfu, Lu Wanzhen. Progress and application of spectral data pretreatment and wavelength selection methods in NIR analytical technique [J]. *Progress in Chemistry*, 2004, 16(4): 528-542. (in Chinese)
- [24] Mizumoto I, Mashiko S. Low noise near infrared detection system using InGaAs pin photodiode [J]. *Electronics Letters*, 1993, 29(2): 234-236.
- [25] Chengdu Weikexin Microelectronics Co., Ltd. Spectral detection method and device based on single photodiode: CN201910888313.8[P]. 2019-11-26. (in Chinese)
- [26] Opto Semiconductor Co., Ltd. in Oslam. Transimpedance amplifier and receiver circuit with photodiode and transimpedance amplifier for optical signal: CN201980077033.7[P]. 2021-07-23. (in Chinese)
- [27] Wang Shaofeng, Xiang Xiao, Zhou Conghua, et al. Simulation of high SNR photodetector with L-C coupling and transimpedance amplifier circuit and its verification [J]. *Review of Scientific Instruments*, 2017, 88(1): 013107-1-013107-7.
- [28] Huang Guopeng. Research on key technologies of transimpedance amplifier applied to infrared detector[D]. Shaanxi: Xi'an University, 2020. (in Chinese)
- [29] Liu Hao, Dong Chunhui, Yang Xinying, et al. A high-bandwidth low current transimpedance amplification circuit [J]. *Journal of Instrumentation*, 2021, 16(11): P11032.
- [30] Chen Nan. ADS1115: Ultra-small ADC chips less than 2 mm [J]. *Global Electronics China*, 2009(9): 74. (in Chinese)
- [31] Jan Buiting. ADS1115-eBoB [J]. *Elektor electronics worldwide*, 2014, 40(456): 44-45.
- [32] Yang Shu. Another space-saving option-ADS1115 [J]. *Electronic Design & Application World for Design and Application Engineers*, 2009, 7(10): 107. (in Chinese)
- [33] Wu Ying. Computer-to-chip control based on IIC protocol [J]. *China New Telecommunications*, 2012, 14(7): 77-79. (in Chinese)
- [34] Li Baoyuan. The application of matplotlib in visualisation of computing result [J]. *Modern Computer*, 2007(1): 81-84. (in Chinese)
- [35] Zhong Zhiqiang. The research of university physics experiment data processing method based on Python language [J]. *Journal of Anshan Normal University*, 2016, 18(2): 77-81. (in Chinese)
- [36] Cui Jiaqian, Li Chang'an, Song Xiulei. Realization of digital filtering algorithm in single chip microcomputer [J]. *Intelligent Computer and Applications*, 2006(1): 43-45. (in Chinese)

# Design of non-contact measurement system for ethanol concentration using near infrared spectrometry characteristics

Wang Tian, Wu Wei, Zhang Ziyunxin

(School of Physics and Electronic Science, Guizhou Education University, Guiyang 550018, China)

## Abstract:

**Objective** The non-contact measurement of ethanol concentration represents a novel approach to concentration measurement, offering significant advantages for specialized industries such as medical, wine, and industrial alcohol. To facilitate non-contact ethanol measurement, a dedicated ethanol concentration measurement system has been designed based on the characteristics of infrared spectrometry. This system enables continuous and contactless measurement of varying concentrations of ethanol.

**Methods** In the context of ethanol, the spectral characteristic response is highly sensitive in the 1,300-1,350 nm range of the near-infrared band. Therefore, an infrared LED light-emitting diode emitting in this band is employed as the light source, and a photodiode sensitive to this band is chosen as the receiver. When exposed to light, the photodiode generates a weak reverse current, which is then converted into a voltage signal by the transimpedance amplifier. Subsequently, an A/D converter chip is utilized to collect the voltage signal. Using this system, the relationship between ethanol concentration and the voltage signal can be determined by measuring different concentrations of ethanol. Consequently, the ethanol concentration value can be obtained by measuring the corresponding voltage value.

**Results and Discussions** The experiment demonstrates a robust quadratic function relationship between the voltage and ethanol concentration in the infrared band. The results reveal a high correlation coefficient of 0.999 11, with an average absolute error of 0.64. This level of error is comparable to that of traditional ethanol measurement devices (0.5), affirming the feasibility of the device. Further optimization of the circuit and program has the potential to reduce errors. Compared to traditional measurement methods, this approach boasts advantages such as a simple structure, faster operation, and the capability for continuous measurement.

**Conclusions** The device designed for measuring ethanol concentration holds significant value in various industries such as winemaking and medicine, where precise measurements are crucial. Its non-contact measurement capability ensures that the product remains undamaged during the testing process. Moreover, the device's continuous detection capability is particularly advantageous for industries requiring real-time monitoring. With further enhancements, there is potential for achieving automated detection, adding another layer of efficiency to the measurement process.

**Key words:** measurement of ethanol concentration; near infrared spectrometry characteristics; non-contact measurement; photodiode; infrared LED light source

**Funding projects:** Central Guiding Local Science and Technology Development Foundation of China (QK ZYD [2019]4012)