

基于智能手机的多通道光纤 LSPR 装置

李玉¹, 李明月², 田旸², 罗泽伟^{2*}, 段忆翔^{2*}

(1. 四川大学 生命科学学院 分析仪器研究中心; 2. 四川大学 机械工程学院 分析仪器研究中心)

摘要: 将智能手机与一转多扇出光纤束相结合, 搭建了多通道光纤局域表面等离子体共振 (LSPR) 装置。首先, 将透射光栅安装在手机的摄像头后, 利用手机镜头的聚焦功能和互补金属氧化物半导体 (CMOS) 传感器, 形成了可取代传统光谱仪作用的智能手机光谱仪; 利用一转三扇出光纤束实现三通道检测, 搭建了基于智能手机的三通道光纤 LSPR 装置。该装置成功实现了光纤表面 AuNPs 修饰过程和光纤的 RIS 的三通道测定, 与传统光纤 LSPR 装置相比, 搭建的 FOLSPR 装置不仅实现了多通道检测, 还具有成本低, 体积小的优点, 推动了光纤 LSPR 仪器的商业化。

关键词: 光纤; 智能手机; 局域表面等离子体共振; 多通道

Multichannel fiber optic LSPR devices based on smart phone

Yu Li¹, Mingyue Li², Ze Tian², Zewei Luo^{2*}, Yixiang Duan^{2*}

(1. Research Center of Analytical Instrumentation, College of Life Science, Sichuan University, Chengdu 610065, China; 2. Research Center of Analytical Instrumentation, School of Mechanical Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, Sichuan China)

Abstract: The multichannel FOLSPR device was designed and constructed by combining the smartphone or with the one to three fan-out fiber optic bundles. Firstly, a smartphone spectrometer was fabricated by combining the transmission grating, camera, and the complementary metal-oxide semiconductor (CMOS) of the phone. The smartphone spectrometer replaced the functions of the traditional spectrometer and the three-channel FOLSPP device was constructed through one to three fan-out fiber optic bundles. The three-channel detection for the AuNRs deposition process and the RIS of FO probes were realized. Compared with the traditional FOLSPR device, the constructed LSPR device not only realized the multi-channel detection but also had the advantages of low-cost and small size, which provides a reference for the commercialization of the FOLSPR instrument.

Keywords: Fiber optic, Smartphone, Localized surface plasmon resonance, Multichannel

1 研究背景

传统光纤 LSPR 装置主要包括电脑、光源、光谱仪和光纤传感探针三个部分。近些年来,智能手机因具有强大的数据采集处理能力、体积小、价格低廉等优势,已被广泛应用于生物传感和疾病诊断领域[1-3]。智能手机获取图像的速度快、精度高、且其镜头内安装了可以将光学信号转化为电信号的 CMOS 传感器,是替代传统光谱仪的良好选择[4]。在以 CMOS 为感光器件的智能手机中,结合手机自带的其他先进的自动亮度、伽马校正、边缘增强等先进影像技术,完全可以与光纤光谱仪的电荷耦合器件(Charge coupled device, CCD)相媲美。在手机摄像头前面放置一个光栅,搭配摄像头的摄像功能,即可基本实现光谱仪的功能。目前,基于智能手机的生化传感器体积小,具有良好的商业推广价值。

本文搭建了基于智能手机的多通道 FOLSPR 装置并探索了其传感能力。在智能手机的摄像头后安装了一个透射光栅,利用手机摄像头的拍照功能成像,读取图像灰度值,通过波长标定将像素点转化为对应的波长[5]。这是实现了智能手机代替光谱仪的作用。

2 研究内容

基于智能手机的三通道 FOLSPR 装置是在实验室现有的 FOLSPR 装置的基础上改建的,主要包括卤钨灯光源(SLS201/M, THORLABS, 美国)、升降台(TSA 50-C, Zolix, USA)、3D 打印的光纤支架、一转三扇出光纤束和自制手机光谱仪。图 1a 为手机光谱仪的结构示意图,透射光栅(20×20mm, 2400 线/mm, LTD, 中国)安装于智能手机(Galaxy S9+, 三星)主摄像头后部,整个光路被安装在手机背面的 3D 打印不透明光室覆盖。光信号由直径为 200 μm 的 PMMA 光纤引入光室,本装置为实现多通道检测,使用一组(3 根)光纤作为手机光谱仪光信号输入端,为实现在空间上区分不同通道的光谱,输入端光纤间距为 2 mm。考虑到获得更多的进光量从而保证光谱探测的灵敏度,同时考虑 LSPR 光谱分析受光谱分辨率影响较小,因此本装置未使用入口狭缝以提高光谱分辨率。色散后的光线通过手机自身的镜头组聚焦于 CMOS 传感器上,利用手机中自带拍照应用软件的手动对焦功能调整镜头聚焦位置,以获得最优光谱分辨能力。图 4.1b 为基于智能手机的三通道 FOLSPR 装置实物照片。光从卤钨灯出来,通过一转三扇出光纤束,分别将光传输到三根 Ω 形光纤中,然后通过手机光谱仪端口的聚甲基丙烯酸甲酯(Poly methyl methacrylate, PMMA)光纤传到光栅,最后经手机的 CMOS 摄像头进行图像信息的获取。

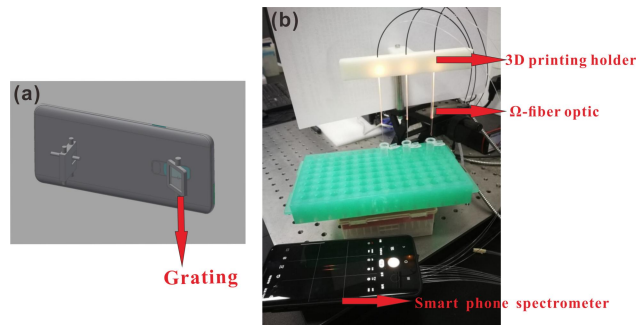


图 1 基于智能手机的三通道 FOLSPR 传感器。

(a) 手机光谱仪的结构模型图。(b) 基于智能手机的三通道 FOLSPR 装置实物图。

Figure 1 The three-channel smart phone FOLSPR sensor. (a) The schematic of the smart phone spectrometer. (b) The picture of the three-channel smart phone FOLSPR system.

3 结论

将智能手机或微型摄像头与一转多扇出光纤束相结合，设计并搭建了多通道 FOLSPR 装置。智能手机替代了传统光谱仪，将系统集成的同时，降低了装置成本。一转多扇出光纤束的使用，实现了光纤 LSPR 传感器的多通道检测，提高了传感器的检测效率。

参考文献

- [1] Yu L, Shi Z Z, Fang C, et al. Disposable lateral flow through strip for smartphone camera to quantitatively detect alkaline phosphatase activity in milk[J]. Biosensors and Bioelectronics, 2015, 69:307-315.
- [2] D. Zhang, Q.J.B. Liu, Bioelectronics, Biosensors and bioelectronics on smartphone for portable biochemical detection, 75 (2016) 273-284.
- [3] A. Priye, S.W. Bird, Y.K. Light, C.S. Ball, O.A. Negrete, R.J.J.S.r. Meagher, A smartphone-based diagnostic platform for rapid detection of Zika, chikungunya, and dengue viruses, 7(1) (2017) 1-11.
- [4] I. Hussain, A. Locke, E. Kight, J.D. Malone, F. Haselton, A.K.J.A. Bowden, A multi-channel smartphone-based spectroscopic system for high-throughput biosensing in low-resource settings, 147(13) (2022) 3007-3016.
- [5] Wang X, Chen S, Wu M, et al. Low cost smartphone based LIBS combined with deep learning image processing for accurate lithology recognition[J]. Chemical Communications, 2021 57(58):7156-7159.

中国仪器仪表学会