

基于辐射度的光谱校正与自适应拟合相结合的 SPR 共振波长确定方法

尹涛^{1,2}, 刘紫薇^{1,2}, 蔡宸¹, 祁志美^{1,2*}

1. 中国科学院空天信息创新研究院传感技术国家重点实验室, 北京 100190
2. 中国科学院大学, 北京 100049

摘要 表面等离子体共振(SPR)传感技术因其灵敏度高、无需标记、可原位实时监测的特点,被广泛应用于生物医学、化学检测、食品安全、环境监测等领域。对于波长调制型 SPR 传感器,由于光谱测量系统各部件对不同波长响应度不同,从而对光谱共振波长的实际位置产生干扰,影响到实验检测结果。为消除这种影响,提出了一种基于辐射度空间的 SPR 相对反射率校正方法,并使用阶数自适应拟合算法对共振波长进行精确测定。通过标定光谱测量系统的仪器响应曲线,将光谱仪得到的原始光谱转换成辐射光谱,进而计算出不依赖于光谱仪系统中任何部件的 SPR 相对反射率。相比于传统的反射率校正方式(以共振光谱除以非共振光谱的结果作为反射率光谱),此方法校正后的光谱在光谱形状上具备半峰宽更窄和共振峰更对称的优势,从而为精确确定共振波长提供了可靠的保障。随后基于拟合误差最小化的目标,对共振区域采用阶数自适应多项式拟合算法确定共振波长。实验测量了不同入射角度下的 SPR 共振光谱,使用此方法校正得到反射率光谱的半峰全宽保持在(100±10) nm,表明此方法的光谱峰形优势具备普适性;连续采集了 4 000 组光谱并计算共振波长,其相对标准偏差为 0.007 8%,处理速度为每个光谱 12 ms,表明此方法具备良好的抗噪声波动鲁棒性和光谱数据处理的实时性;测量了不同浓度下 NaCl 溶液的 SPR 共振光谱,其共振波长与溶液折射率线性相关系数为 0.998 5,品质因数为传统校正方式的 3 倍,表明此方法具备良好的可靠性,并且从光谱的处理算法层面提高了传感性能,相比于从工艺制备上提高品质因数的传统方式,处理简便,效果更突出。结果表明,基于辐射度空间的相对反射率校正与阶数自适应拟合相结合的 SPR 共振波长检测方法具备可靠性好、运算速度快、分辨率高、抗噪声、品质因数高等特点,能够有效提高 SPR 传感器的数据处理与传感性能。

关键词 SPR 传感; 基于辐射度的光谱校正; 自适应拟合; 共振波长

中图分类号: TH744 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2021)01-0032-07

引言

表面等离子体共振传感技术是一种基于物理光学现象的检测技术,具备稳定性好、灵敏度高、样品无需标记、可选择性检测以及原位实时检测等优点,被广泛地应用于生物医学、化学检测、食品安全、环境监测等领域^[1-3]。光谱信号处理分析是传感检测过程中极为重要的一个环节,但由于光谱仪采集的原始光谱受诸如环境噪声、光源波动等因素影响,可能引入某些非表面等离子体共振(surface plasmon reso-

nance, SPR)固有的特征^[4]对实验结果造成误差。因此,需先对原始光谱减去暗背景并除以非共振参考光谱以消除这些影响,然后对校正后的反射率光谱进行计算以确定其共振波长位置。常用的计算方法有:一阶导数零点法、质心法及其各种演变方法^[5-6]、局部相似性匹配法^[7]、函数拟合法^[8-9]等。其中一阶导数零点法和局部相似性匹配法运算简单快速但易受噪声影响;质心法对光谱波形非对称性敏感,从而导致计算的共振波长产生不可预知的偏移;函数拟合法可以有效降低噪声波动的影响,并提供更高的分辨精度,但基本上都是用固定阶数的函数对共振区域进行拟合,运算速度和准确性

收稿日期: 2019-12-24, 修订日期: 2020-05-22

基金项目: 国家自然科学基金项目(61675203, 61871365, 61931018)和中国科学院科研仪器设备研制项目(YJKYYQ20180004)资助

作者简介: 尹涛, 1994年生, 中国科学院大学硕士研究生 e-mail: yintaol7@mails.ucas.ac.cn

* 通讯作者 e-mail: zhimei-qi@mail.ie.ac.cn

无法兼顾。

提出了一种基于辐射度的光谱校正和自适应拟合相结合的 SPR 共振波长确定方法,通过标定光谱测量系统的仪器响应曲线,将光谱仪得到的原始光谱变换到辐射度空间,进而计算出不依赖于光谱仪系统中任何部件的 SPR 相对反射率,相比于传统的反射率校正方式,本校正方法得到的反射率曲线具备半峰宽更窄和共振峰更对称的优势,从而为精确确定共振波长提供可靠的保障。随后基于最小化拟合误差的目标,对共振区域采用阶数由低到高的自适应多项式拟合算法确定共振波长,运算速度和决断准确性得以兼顾,极大地提高了 SPR 传感器的数据处理性能。

1 方 法

1.1 基于辐射度空间的反射率校正

传统的 SPR 反射率校正使用 TE 偏振模式光谱或其他非共振光谱作为参考光谱^[4]。校正后的反射率光谱消除了光源波动的影响,但无法完全独立于光谱仪系统响应效率的影响,从而导致共振峰形变异,产生更宽的半峰宽以及恶化的不对称性,对后续共振波长的准确判定造成干扰。

为消除这种影响,提出了一种基于辐射度空间的反射率校正方法。我们知道,光谱仪对不同波长有不同的响应,称

为仪器响应函数(instrument response function, IRF),它是入射光子辐射功率与仪器显示数值的一个映射关系。而整个光谱测量系统的仪器响应函数不仅包括光电探测器的检测效率,还受系统中其他部件如棱镜、光纤、光栅等影响。因此需要借助一个仪器响应函数已知的设备对整个光谱测量系统进行标定,从而获取系统的仪器响应曲线,即本文提出的基于辐射度空间反射率校正的过程分为如下三步:

第一步,使用仪器响应函数已知的标准设备对光源进行定标,获取光源功率谱。如图 1 所示,图 1(a)是标准设备获得的光源光谱,通过其已知的校准文件将光谱转换到辐射度空间得到的辐射度曲线如图 1(b)所示,此时得到的是不依赖于任何测量仪器的光源固有的功率特征谱。

第二步,使用 SPR 系统在相同的条件下对光源进行标定,获取测量系统的仪器响应函数。SPR 光谱仪得到的光源原始光谱如图 1(c)所示,对比与图 1(a)的差异性可以看出不同仪器响应函数引起的波形差异,这可能导致不同光谱仪设备得到的 SPR 光谱共振波长不一致,从而佐证了让校正光谱独立于测量系统的必要性。结合图 1(b)的光源功率谱与图 1(c)的 SPR 系统响应谱,可以得到如图 1(d)所示的 SPR 系统响应函数。此响应函数是 SPR 光谱测量系统对不同波长光的固有特征曲线,仅需获取一次。

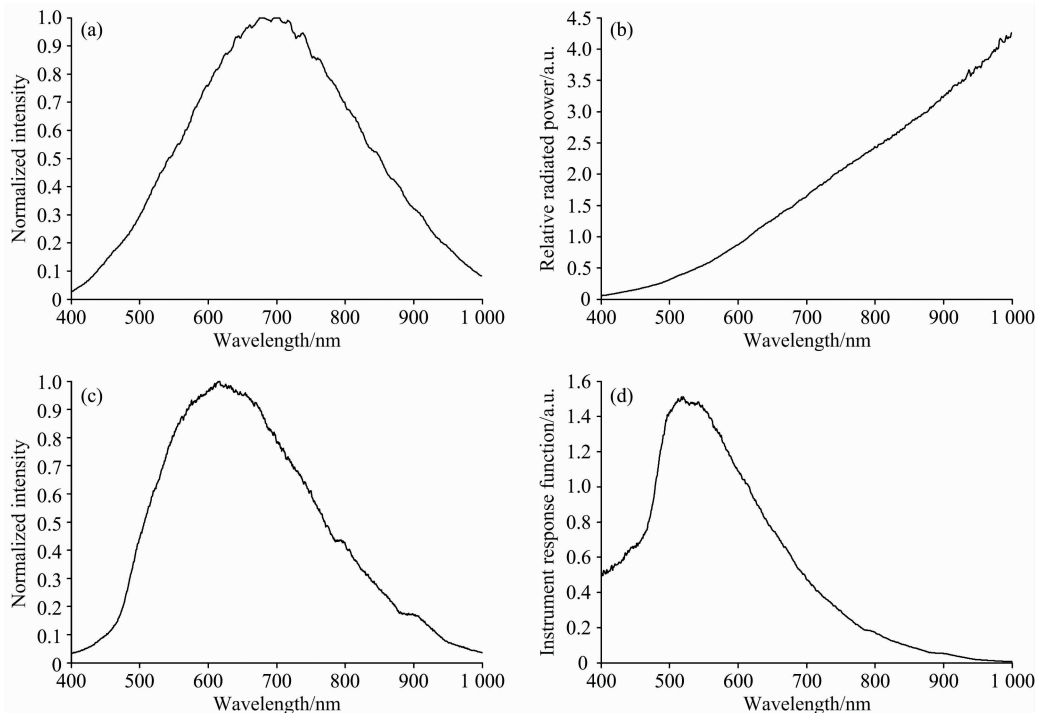


图 1 (a) 标准设备获取的光源原始光谱; (b) 经辐射度校正后的相对功率谱;
(c) SPR 光谱测量系统获取的光源原始光谱; (d) 光谱测量系统的相对仪器响应函数

Fig. 1 (a) Raw spectrum of light source obtained by standard instrument; (b) Relative power spectrum after radiation-based spectral correction; (c) Raw spectrum of light source obtained by SPR measurement system; (d) Relative instrument response function of SPR system

第三步,对采集到的 SPR 光谱进行辐射校正,获取相对反射率曲线。基于第二步得到的系统响应函数,将原始光谱

变换到辐射度空间得到 SPR 辐射谱,此辐射谱各特征不依赖于测量系统的任何部件,反映了最纯粹的 SPR 共振,如图

2(a)蓝色曲线所示。对其趋势进行拟合作为参考光谱[图 2(a)红色曲线],将 SPR 辐射谱除以参考光谱即得到相对反射率光谱。如图 2(b)红色曲线所示,相较于常规的反射率校正

方式(黑色曲线),基于辐射校正的反射率具备半峰宽更窄和共振峰更对称的优势,从而为精确确定共振波长提供可靠的保障。

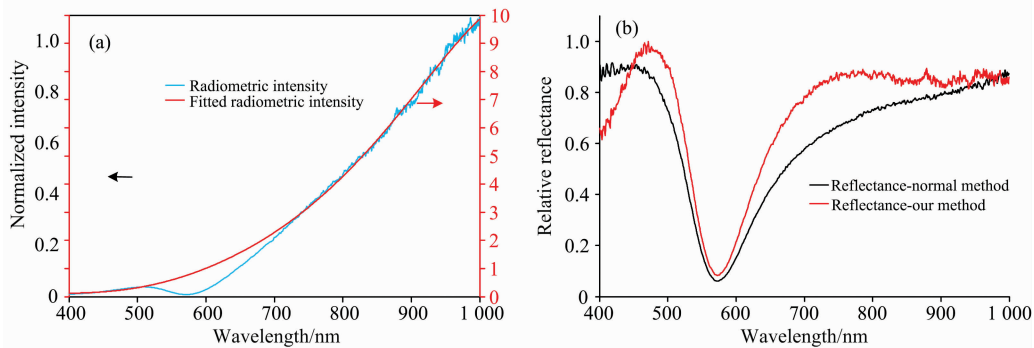


图 2 (a) SPR 共振原始光谱及其辐射功率谱与拟合曲线; (b) 常规校正与基于辐射校正的相对反射率曲线

Fig. 2 (a) Raw SPR resonance spectrum and its radiation spectrum and corresponding fitting curve;

(b) Relative reflectance curves of conventional correction method and our radiation-based method

1.2 自适应拟合的峰值定位算法

函数拟合法能够有效降低噪声波动的影响,并且提供超仪器分辨率,因此被广泛采用。但该算法往往使用固定阶数的函数拟合,比如固定 2 阶^[8]或 7 阶^[9]的多项式拟合,固定 3 阶的高斯函数拟合等。理论上阶数越高,拟合误差越小,但随之运算量也急剧增长;若拟合阶数不够,由于拟合效果受共振区域的波形影响较大,对于对称性较差波形无法适用,从而产生较大误差。为兼顾拟合准确性和运算速度,本文采用阶数自适应的多项式拟合方法,计算步骤如下:设定起始拟合阶数如 2 阶,拟合优度目标值如 0.99,其中拟合优度的计算公式如式(1)所示, y 与 \bar{y} 分别为原始数值, \hat{y} 为拟合数值。

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y - \hat{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2} \quad (1)$$

基于最小二乘法思想对共振区域进行拟合,如果当前阶数的拟合优度达到目标值,则停止计算,返回极小值对应的横坐标即为共振波长;否则阶数增加 1,重新拟合。如此,可在优先保证拟合准确度的前提下,加快运算速度。

2 实验部分

2.1 试剂与仪器

光源: AVALIGHT-HAL-S-MINI 型卤钨灯(北京爱万提斯公司),透镜/线性偏振片(北京大恒光电技术公司)。

标准设备: GaiaField Pro-V10E 型高光谱成像仪(对波长的响应函数已严格标定,四川双利合谱公司)。

SPR 结构: 45°/45°/90°玻璃棱镜(633 nm 波长对应的折射率为 1.799,北京北东光电自动化开发公司)、硅橡胶测试槽(南京永润橡塑公司)、SK-BQ50 蠕动泵(保定兰格恒流泵公司)、金银合金/PMMA 传感芯片(1 mm 厚的传感基片玻璃,633 nm 波长对应折射率为 1.522,日本 Matsunami 株式会社;射频溅射 3 nm 铬膜和 50 nm 厚的金银合金薄膜,使

用浸渍提拉法制备 PMMA 薄膜),数字阿贝折射仪(上海光学仪器研究所)。

光谱测量系统: USB2000 + 光谱仪(2048 像素线阵 CCD,分辨精度~0.35 nm,美国 Ocean Optics 公司),多模石英光纤(浙江雷畴科技有限公司),透镜(北京大恒光电技术公司)。

试剂: 十六烷基三甲基溴化铵(CTAB,纯度 99%,上海阿拉丁生化科技股份有限公司),实验用水为去离子水, Milli-Q 纯净水机制备。

2.2 方法

(1) 折射率传感实验: 以去离子水作为溶剂,按照质量比分别配制得到浓度分别为 0.00%, 0.57%, 1.08%, 2.01%, 3.00%, 4.14%, 5.10%, 6.06%, 7.16% 和 7.91% 的 NaCl 标准溶液,使用阿贝折射仪[室温(21±0.3) °C]得到它们的折射率(测量三次取平均值)分别为 1.333 0, 1.334 1, 1.334 8, 1.336 5, 1.338 2, 1.340 2, 1.341 8, 1.343 5, 1.345 5 和 1.347 0。通过蠕动泵依次将溶液样品泵入样品槽进行基于 Kretschman 棱镜结构的 SPR 检测,每次检测结束,使用去离子水反复清洗液路与样品槽,以免残留溶质影响后续实验结果。

(2) 分子吸附动力学实验: 配置浓度为 1 mmol·L⁻¹ 的 CTAB 溶液。将样品槽中去离子水泵出,并泵入 CTAB 溶液,整个过程由光谱仪连续采集光谱。

3 结果与讨论

3.1 不同入射角下 SPR 反射率光谱分析

前面我们提到,基于辐射度空间校正的反射率光谱比常规校正方法得到的反射率光谱具备半峰宽更窄和波形更对称的优势。为验证此优势的普适性与稳定性,改变入射角,使得共振波长在较大的范围内移动,并采集对应的 SPR 共振光谱,如图 3(a)所示。

对原始光谱进行基于辐射空间的反射率校正,如图 3(b)

所示。可以看到,随着共振波长红移,波形的对称性得以保持,并且半峰全宽经测量稳定在 (100 ± 10) nm。在这样的前提下,无论是使用何种峰值检测算法,以及无论是以绝对共振波长还是相对偏移量为传感参数,都得到了更为精确的保障。

为作比较,计算了常规校正方法的反射率光谱如图 3(c) 所示。随着共振波长红移,不对称性愈发严重,同时其半峰全宽测量从 120 nm 增大至 295 nm。这样的结果将对后续峰值定位算法造成干扰,比如对于质心法及其各种演变算法,其计算结果将相对于实际值更加向右偏移。这对以绝对共振波长为参数的应用影响极大,如使用仿真与实验相结合确定多孔薄膜的孔隙率与厚度^[10]等,使用常规校正的反射率光谱将对测量结果引入更大偏差。

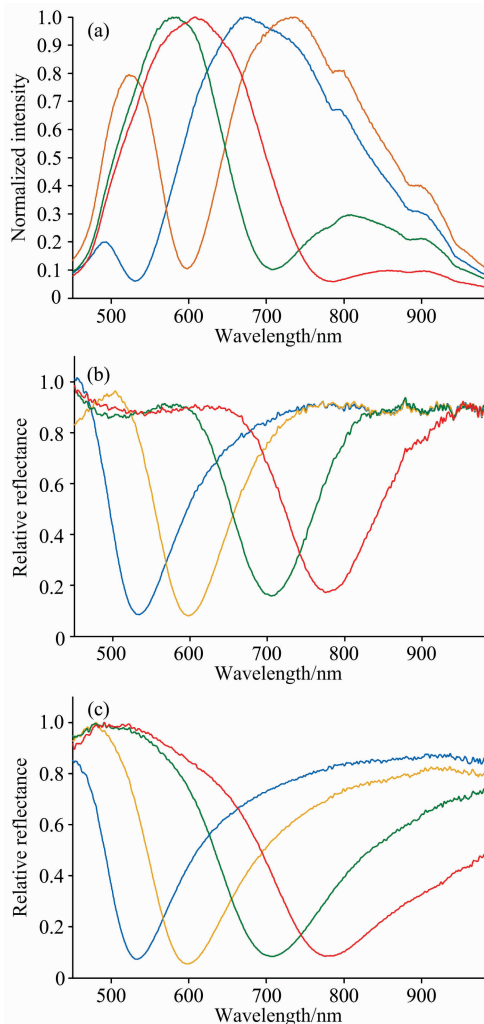


图 3 (a) 不同入射角度下得到的 SPR 光谱; (b) 基于辐射空间的校正; (c) 常规反射率校正

Fig. 3 (a) SPR raw spectra under different incident angles; (b) corrected by radiation-based method; (c) corrected by conventional method

3.2 运算速度与抗噪声鲁棒性分析

固定其他条件不变,设定光谱仪以 150 ms 的间隔连续

采集了 4 000 个 SPR 共振光谱,并使用本文提出的基于辐射度空间的反射率校正方法和阶数自适应拟合算法对其进行共振波长的检测。

平均运算时间为每个光谱 12 ms(具体数值与所使用的计算处理器有关,本实验使用普通便携式计算机),表明此方法具备 SPR 信号实时处理与分析的能力。而常规反射率校正方法的平均运算时间为 19 ms,这是因为其波形的不对称导致拟合需要更高阶以及更多迭代次数才能收敛,从而耗费较长运算时间。

本方法计算结果的噪声水平如图 4 所示,均值为 597.40 nm,数据极差约为 0.18 nm,仅为光谱仪仪器分辨精度(0.35 nm)的一半,同时相对标准偏差为 0.007 8%,与常规反射率校正方法的 0.28 nm 极差与 0.008 3% 相对标准偏差相比,表明本方法对噪声波动具备更好的鲁棒性,在提供超分辨精度的前提下对共振波长的检测具备更好的稳定性。

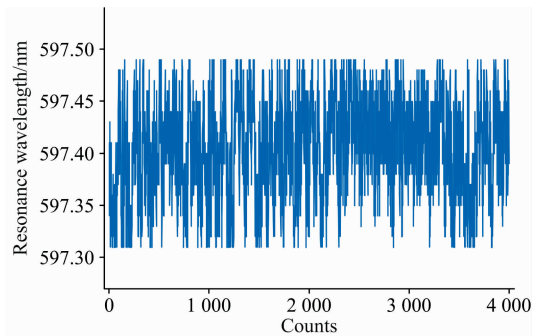


图 4 连续采集 4 000 个 SPR 光谱并计算共振波长
Fig. 4 Resonance wavelengths of 4 000 SPR spectra obtained continuously

3.3 传感性能

图 5(a)是基于辐射度空间校正(下称本方法)后的不同 NaCl 溶液浓度的 SPR 相对反射率光谱,随着溶液浓度增大,光谱红移。采用自适应拟合算法确定对应的共振波长,图 5(c)红色曲线所示为共振波长与溶液折射率线性关系曲线,线性相关系数为 0.998 5,表明本方法具备良好的可靠性。

本方法折射率的灵敏度为 $2\ 577\ \text{nm} \cdot \text{RIU}^{-1}$,结合分辨率定义^[6]如式(2)所示,其中 σ_n 为噪声水平, S 为灵敏度。以上一节中的信号标准偏差(0.046 6 nm)作为噪声,得到本检测方法下传感系统对溶液折射率的分辨率分别为 1.8×10^{-5} RIU,对比常规方法(图 5(c)黑色曲线,灵敏度 $2\ 603\ \text{nm} \cdot \text{RIU}^{-1}$,噪声水平 0.049 5 nm)的 1.9×10^{-5} RIU 的分辨率,表明本方法对实际传感应用具备更高的检出分辨率。

另外,由于波长调制型 SPR 传感是基于共振峰的移动,其性能受灵敏度和共振峰宽影响,因此广泛使用品质因数(figure of merit, FOM)来综合评价传感器的传感性能^[11-13],其定义如式(3)所示,其中 S 为灵敏度, $\Delta\lambda$ 为半峰全宽。经测量本方法与常规方法的平均半峰全宽分别为 95 和 295 nm,计算得到二者的品质因数分别为 27.13 和 8.82 RIU^{-1} ,表明本方法具备更高的传感性能。并且,传统的 SPR 品质因数增强方式是从工艺制备上着手,如在 SPR 芯片上增镀一

层介电薄膜^[13], 诱发共振峰变窄, 进而提高传感器品质因数, 但制备工艺复杂且难以控制效果。本方法从数据处理层面对品质因数进行增强, 处理简便, 效果更突出。

$$\sigma = \frac{\sigma_\lambda}{S} \quad (2)$$

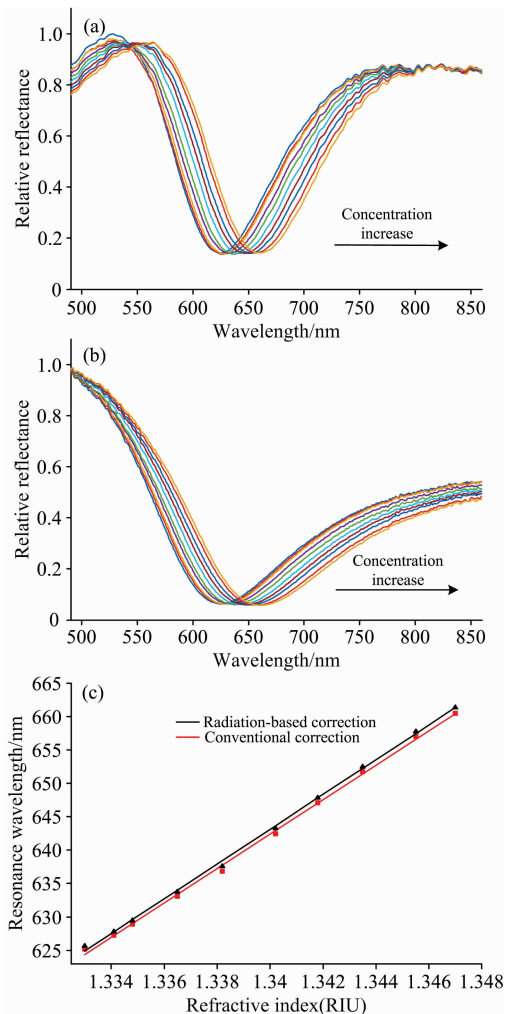


图 5 不同浓度下的 (a) 基于辐射校正的 SPR 共振反射率光谱; (b) 常规校正的 SPR 共振反射光谱; (c) 常规校正方法 (黑色曲线) 与基于辐射校正方法 (红色曲线) 的折射率灵敏度

Fig. 5 (a) SPR relative reflectance spectra at different concentrations corrected by radiation-based correction and (b) conventional correction; (c) Sensitivity curve of refractive index based on conventional correction (black) and radiation-based correction (red)

$$FOM = \frac{S}{\Delta\lambda} \quad (3)$$

最后, 测试了基于 SPR 监测的 CTAB 分子吸附实验, 如图 6 所示, 约 $t=60$ s 时吸附达到平衡, 共振波长偏移量为 7.2 nm, 拟合得到吸附时间常数, CTAB 分子吸附行为遵循 Langmuir 等温吸附理论, 表明使用本方法分析 SPR 数据能够实时监测并分析分子动力学过程。

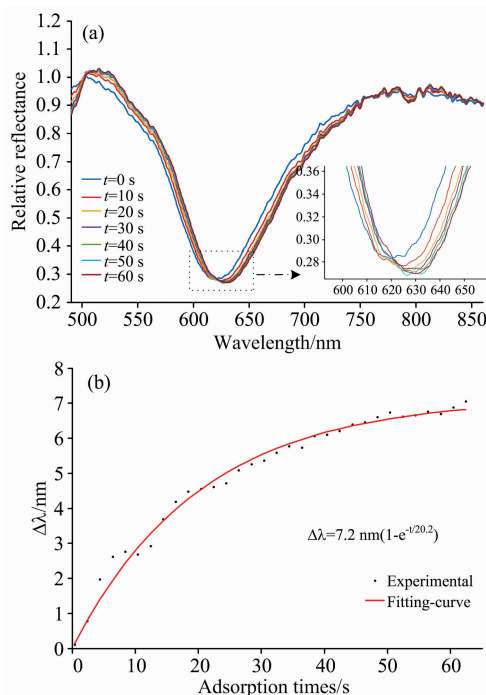


图 6 (a) 吸附过程中的 SPR 光谱经基于辐射空间校正的反射率曲线; (b) 共振波长随吸附时间变化曲线

Fig. 6 (a) Reflectance spectra corrected by radiation-based method at different times during the adsorption; (b) Resonance wavelength shift versus adsorption time

4 结 论

提出了基于辐射度空间对 SPR 光谱进行相对反射率校正的方法, 并使用阶数自适应拟合算法对共振波长进行精确检测。验证了此方法在不同共振波长下都能保持较窄与较对称的共振峰形, 从而为精确确定共振波长提供保障; 对不同浓度下 NaCl 溶液的 SPR 光谱进行处理, 实验结果表明此方法运算速度快, 能够对数据实时处理与分析; 同时具备良好的抗噪声能力和高的检出分辨率, 从算法层面提高了传感器品质因数, 达到常规校正方法的三倍, 有效提高了 SPR 数据处理与传感性能。

References

- [1] Homola J. *Chemical Reviews*, 2008, 108(2): 462.
- [2] FAN Zhi-bo, GONG Xiao-qing, LU Dan-feng, et al(范智博, 龚晓庆, 逯丹凤, 等). *Acta Physico-Chimica Sinica(物理化学学报)*, 2017, 33(5): 1001.
- [3] Shankaran D R, Gobi K V, Miura N. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2007, 121(1): 158.
- [4] Nenninger G G, Piliarik M, Homola J. *Measurement Science and Technology*, 2002, 13(12): 2038.
- [5] Zhan Shuyue, Wang Xiaoping, Liu Yuling. *Measurement Science and Technology*, 2011, 22(2): 025201.
- [6] WANG Xiao-ping, DONG Lian-hong, ZHAN Shu-yue(王晓萍, 董联红, 詹舒越). *Chinese Journal of Sensors and Actuators(传感技术学报)*, 2012, 25(3): 365.
- [7] Owega S, Poitras D. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2007, 123(1): 35.
- [8] Sjoelander S, Urbaniczky C. *Analytical Chemistry*, 1991, 63(20): 2338.
- [9] Zeng Youjun, Zhou Jie, Wang Xueliang, et al. *Biosensors and Bioelectronics*, 2019, 145(September): 111717.
- [10] WAN Xiu-mei, WANG Li, GONG Xiao-qing, et al(万秀美, 王 丽, 龚晓庆, 等). *Acta Physico-Chimica Sinica(物理化学学报)*, 2017, 33(12): 2523.
- [11] Mayer K M, Hafner J H. *Chemical Reviews*, 2011, 111(6): 3828.
- [12] Ge Shu, Shi Fukun, Zhou Guiyao, et al. *Plasmonics*, 2016, 11(5): 1307.
- [13] Shalabney A, Abdulhalim I. *Optics Letters*, 2012, 37(7): 1175.

Determination of Surface Plasmon Resonance Wavelength by Combination of Radiation-Based Spectral Correction With Self-Adaptive Fitting

YIN Tao^{1,2}, LIU Zi-wei^{1,2}, CAI Chen¹, QI Zhi-mei^{1,2*}

1. State Key Laboratory of Transducer Technology, Aerospace Information Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China
2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract Surface Plasmon Resonance (SPR) sensing technology has been widely used in biomedical diagnosis, chemical detection, food safety, environmental monitoring and other fields due to its high sensitivity, in situ and label-free and real-time detection capability. For a wavelength interrogated SPR sensor, its resonance wavelength is measured for obtaining the analyte concentration. Because the optical spectrum analyzer (OSA) used in the SPR sensor has different photoelectric responses at different wavelengths, the measured resonance wavelength will deviate from the actual value in some extent, resulting in the measurement error. A radiation-based relative reflectance correction method is proposed in this work, which consists of the following three steps: (1) establishing the instrument response function (IRF) of the OSA used; (2) using the IRF to convert the reflected intensity spectrum of the SPR sensor directly measured with the OSA into the reflected power spectrum; (3) using the reflected power spectrum to determine the reflectance spectrum of the SPR sensor. The obtained reflectance spectrum is not affected by the SPR sensor system. Compared with the conventional reflectance correction method that needs to measure the resonance and non-resonance spectra of the SPR sensor, our method makes the resonance peak in the reflectance spectrum have a narrower FWHM and a more symmetrical shape and thus allows for more accurately determining the resonance wavelength. Based on the goal of minimizing the fitting error, an order-adaptive polynomial fitting algorithm is performed for the resonance region to determine the resonance wavelength. Experimentally, the SPR spectra at different incident angles are measured, and the FWHMs of the reflectance spectrum obtained by our method are maintained at (100 ± 10) nm, indicating a universal shape advantage of this correction method. Then 4 000 spectra are continuously collected, and their resonance wavelengths are calculated by the method, the results give a relative standard deviation of 0.007 8% and a processing speed of 12 ms per spectrum. This indicates that the method has good robustness against noise fluctuations and real-time processing of spectral data. Lastly, the SPR resonance spectra of NaCl solutions at different concentrations are measured, it shows a linear correlation coefficient of 0.998 5 between the resonance wavelength and refractive index of the solutions, and a Figure of Merit (FOM) two times higher than that of the conventional method. This indicates that the method has good reliability and improves the sensing performance from the level of the spectral processing algorithm. While the conventional method for improving FOM is from preparation technology, ours is easier

to handle, and the effect is prominent. All the experimental results show that our SPR resonance wavelength determining the method that combines the radiation-based relative reflectance correction and the order-adaptive fitting algorithm has the characteristics of good reliability, fast calculation, high resolution, anti-noise and high FOM which can effectively improve the data processing and sensing performance of SPR sensor.

Keywords SPR sensing; Radiation-based spectral correction; Self-adaptive fitting algorithm; Resonance wavelength determination

* Corresponding author

(Received Dec. 24, 2019; accepted May 22, 2020)

欢迎投稿

欢迎订阅

欢迎刊登广告

《光谱学与光谱分析》2021年征订启事

国内邮发代码：82-68

国外发行代码：M905

《光谱学与光谱分析》1981年创刊，国内统一刊号：CN 11-2200/O4，国际标准刊号：ISSN 1000-0593，CODEN 码：GYGFED，国内外公开发行人，大 16 开本，332 页，月刊；是中国科协主管，中国光学学会主办，钢铁研究总院、中国科学院物理研究所、北京大学、清华大学共同承办的学术性刊物。北京大学出版社出版，每期售价 95 元，全年 1140 元。刊登主要内容：激光光谱测量、红外、拉曼、紫外、可见光谱、发射光谱、吸收光谱、X 射线荧光光谱、激光显微光谱、光谱化学分析、国内外光谱化学分析领域内的最新研究成果、开创性研究论文、学科发展前沿和最新进展、综合评述、研究简报、问题讨论、书刊评述。

《光谱学与光谱分析》适用于冶金、地质、机械、环境保护、国防、天文、医药、农林、化学化工、商检等各个领域的科学研究单位、高等院校、制造厂家、从事光谱学与光谱分析的研究人员、高校有关专业的师生、管理干部。

《光谱学与光谱分析》为我国首批自然科学核心期刊，中国科协优秀科技期刊，中国科协择优支持基础性、高科技学术期刊，中国科技论文统计源刊，“中国科学引文数据库”，“中国物理文摘”，“中国学术期刊文摘”，同时被国内外的 CJCR, CNKI, CSCD, SCI, AA, CA, Ei, AJ, PJK, MEDLINE, Scopus 等文献机构收录。根据中国科学技术信息研究所发布信息，中国科技期刊物理类影响因子、引文量及综合评价总分《光谱学与光谱分析》都居前几位。欢迎国内外厂商在《光谱学与光谱分析》发布广告（广告经营许可证：京海市监广登字 20170260 号）。

《光谱学与光谱分析》的主编为高松院士。

欢迎新老客户到全国各地邮局订阅，若有漏订者可直接与《光谱学与光谱分析》期刊社联系。

联系地址：北京市海淀区学院南路 76 号（南院），

《光谱学与光谱分析》期刊社

邮政编码：100081

联系电话：010-62181070, 62182998

电子信箱：chnghpxygpfx@vip.sina.com

修改稿专用邮箱：gp2008@vip.sina.com

网 址：http://www.gpxygpfx.com

