
亚分子层微腔激光器助力大规模疾病筛查

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/25897.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

亚分子层微腔激光器助力大规模疾病筛查。 导读

近日，电子科技大学龚元教授与北京大学肖云峰教授课题组合作，在微腔传感器领域取得进展。科研团队在光学微腔表面固相亚分子层（表面密度低于单层）增益分子，成功构建新型微腔激光传感器。首次发现传感灵敏度与增益强弱之间的相关性——即增益越低，灵敏度越高。以帕金森病生物标志物为例成功演示了亚分子层微腔激光传感器未来在临床诊断领域的应用潜力。

研究背景

疾病早期诊断是目前临床医学领域的前沿研究课题。光学微腔具备极强的光场局域能力，可显著增强光和物质相互作用，在疾病诊断领域表现出巨大的潜力。传统光学微腔传感器依赖微纳光纤或波导耦合。因其传感性能与严苛的耦合条件密切相关，严重制约了一次性微腔传感器的实现。微腔激光器可实现传感信号的远场激发和收集，彻底摆脱了光耦合对于微腔传感性能的影响。与此同时，受激辐射过程放大了腔内的细微变化，传感灵敏度得以极大提升。本文针对疾病早期诊断对传感器提出的一次性和高灵敏需求，利用低成本的商用光纤构建新型微腔激光传感器，并演示了在帕金森病生物标记物检测中的应用前景。

研究创新

(1) 发现了微腔激光传感性能与增益之间的依赖关系，提出亚分子层微腔激光器将传感灵敏度推向极致。

微腔激光器设计中往往通过提高增益降低激光阈值。但是，对于微腔激光传感器而言，过高的增益会引入过强的背景信号，不利于探测性能的提升。研究团队在商用单模光纤外表面利用化学交联方法构建亚分子层微腔激光传感器（如图1a所示）。借助于光纤表面支持的高Q值回音壁模式，实验证实了亚分子层增益足以支持激光输出。

研究团队经过理论计算发现微腔激光传感器的灵敏度与固相在光纤表面的增益分子表面密度密切相关，并且在激光阈值附近传感灵敏度达到最高值（如图1b所示）。研究团队通过对比多分子层（Multilayer）、单分子层（Monolayer）和亚分子层（Submonolayer）增益状态下微腔激光传感器的传感性能验证了理论的正确性（如图1c所示）。实验表明，相较于单分子层微腔激光传感器，亚分子层微腔激光传感器表现出6个数量级的性能提升。

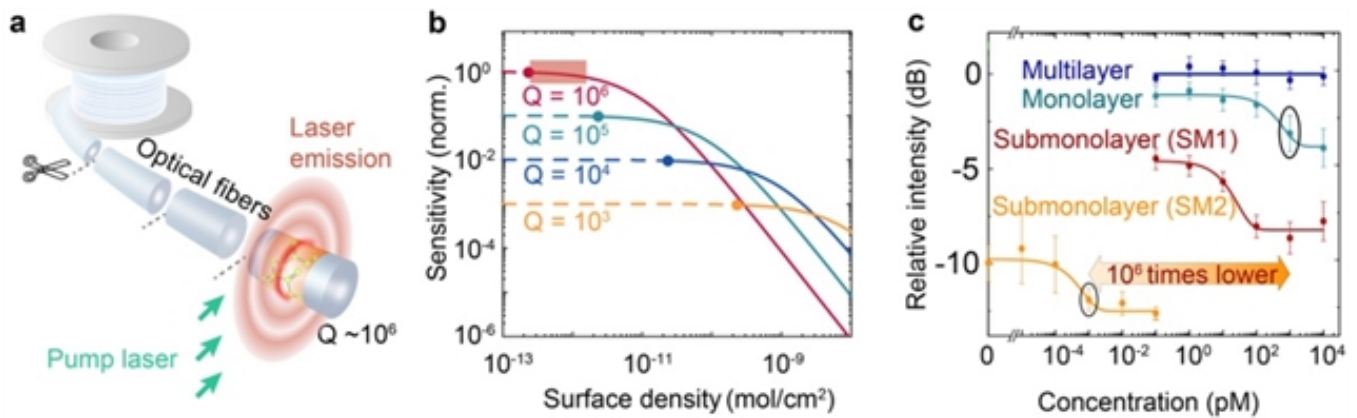


图1 | 亚分子层微腔激光传感器。a, 概念说明。b, 传感器灵敏度与增益分子表面密度的依赖关系。c, 多分子层 (Multilayer)、单分子层 (Monolayer) 和亚分子层 (Submonolayer) 增益状态下微腔激光传感器的传感性能比较。

(2) 打破了传统光学微腔的重复性瓶颈，采用光纤微腔构建了面向大规模疾病筛查的一次性传感器。

得益于商用光纤低廉的价格以及光纤微腔可大批量制备、重复性高的特点，亚分子层微腔激光传感器在一次性使用方面具有得天独厚的优势。实验证实，长度为10公里的商用光纤随机截取的光纤段（每段约2-3cm）制备的736个亚分子层微腔激光传感器表现出优异的重复性（重复性波动率大约2%）。

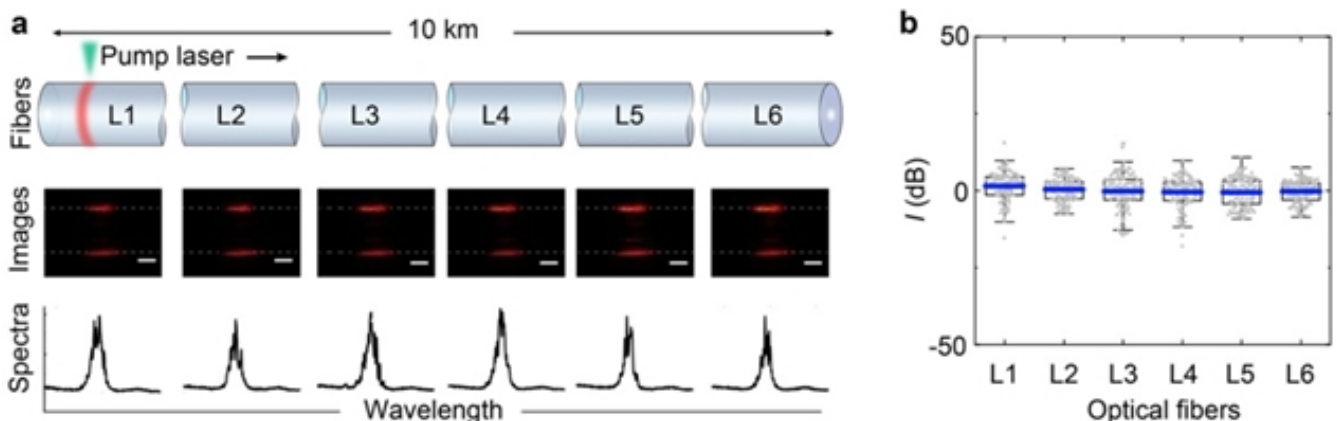


图2 | 亚分子层微腔激光传感器重复性表征。a, 激光影像、光谱的高重复性验证。比例尺, 50 μ m。b, 激光强度统计分析。

(3) 突破生理环境中复杂组分的干扰难题，成功实现血清中帕金森病生物标志物探测。

为了验证传感器在真实复杂生物环境中的传感性能，研究团队尝试将亚分子层微腔激光传感器应用于帕金森病生物标志物 α -突触核蛋白 (α -syn) 的检测。最终实现了血清 α -突触核蛋白探测极限为0.32 pM (4.8 pg \times ml⁻¹) 的高灵敏度探测。该结果比帕金森病人血清中的 α -突触核蛋白含量 (300 pM ~ 1.7 nM) 低大约3个数量级。本文提出的亚分子层微腔激光器是一种通用型传感平台，可应用于多种生物标志物检测。该研究证实了亚分子层微腔激光传感器在疾病筛查中的应用潜力。

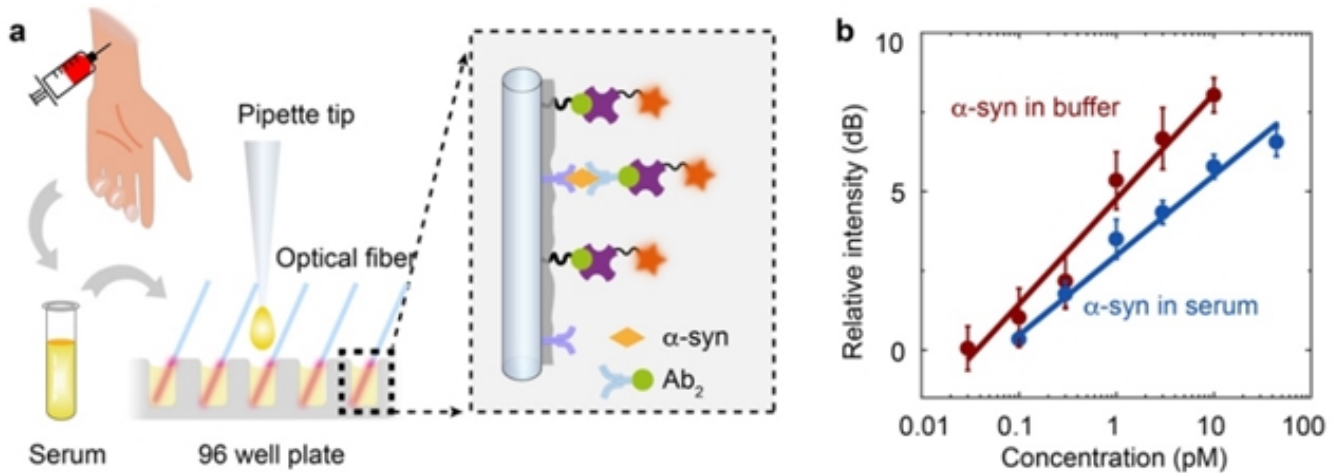


图3 | 血清中帕金森病生物标志物探测。a, 传感原理示意图。b, 标定曲线。

相关研究成果以Submonolayer Biolasers for Ultrasensitive Biomarker Detection为题，发表于Light: Science Applications期刊上。电子科技大学龚朝阳博士（现为重庆大学研究员）、北京大学杨熙博士和唐水晶博士为论文的共同第一作者，电子科技大学龚元教授、饶云江教授以及北京大学肖云峰教授为论文共同通信作者。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：<https://www.nature.com/articles/s41377-023-01335-8>

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费事宜，请与我们联系。

作者：肖云峰等 来源：《光：科学与应用》

更多科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发