
体内表面增强拉曼散射技术

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/33467.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！

体内表面增强拉曼散射技术。 导读

得益于近红外（NIR）活性表面增强拉曼散射基底的发展，表面增强拉曼散射（SERS）已成为生物学等诸多应用领域的有力工具，包括体内成像、诊断及治疗等。

近日，来自韩国的Bong-Hyun Jun与美国哈佛医学院Homan Kang等研究人员全面综述了SERS在体内的应用情况，重点关注了诸如SERS纳米探针的设计考量以及仪器设备方面的进展。涵盖的主题包括近红外SERS基底、拉曼标记化合物、保护涂层的开发、以及用于靶向成像和治疗的生物配体偶联。还讨论了基于显微镜的配置，如扫描、宽视场成像和光纤设置。文中着重介绍了利用SERS纳米探针在体内传感、诊断、生物分子筛选、多重成像、术中引导以及多功能癌症治疗方面的最新进展。综述最后阐述了SERS纳米探针在临床转化过程中面临的挑战，并勾勒出未来的发展方向，强调了推动生物医学研究及临床应用的机遇。

该文章发表在国际顶尖学术期刊《Light: Science Applications》，题为In Vivo Surface-enhanced Raman Scattering Techniques: Nanoprobes, Instrumentation and Applications，韩国江原大学的Hyejin Chang为论文第一作者，美国哈佛医学院Homan Kang和韩国建国大学Bong-Hyun Jun为论文共同通讯作者。

研究内容

传统临床成像技术在生物学应用中占据重要地位。超声、X射线计算机断层扫描（CT）、单光子发射计算机断层扫描、磁共振成像和正电子发射断层扫描等技术虽具有一定的优势，但均存在局限性。X射线计算机断层扫描、单光子发射计算机断层扫描和正电子发射断层扫描依赖电离辐射，多次使用可能对人体健康造成危害；磁共振成像和正电子发射断层扫描成本高昂且空间分辨率有限；超声和X射线CT虽成本效益较好，但主要用于基本解剖结构探测，缺乏高级的多重检测能力。这些局限性促使科研人员寻找更有效的成像技术，从而为SERS技术的发展提供了契机。

SERS技术作为一种新兴的分析和传感技术应运而生。SERS是分子拉曼信号在粗糙金属表面或纳米结构附近显著增强的现象，其光谱技术具有信息丰富、无创伤、测量精确等优点，在诊断、药物研发和纳米医学等领域展现出良好的应用前景。自2006年首次报道体内葡萄糖传感的SERS应用后，相关研究不断推进，为其在生物学领域的进一步发展奠定了基础。

SERS技术在体内应用面临着一系列亟待解决的关键问题。在成像窗口方面，目前虽多采用NIR-I窗口进行体内SERS成像，但NIR-

II窗口在组织穿透深度和分辨率上更具优势，如何更好地利用NIR - II窗口仍需深入研究。对于SERS纳米探针，其聚集问题可能导致回收率降低和潜在毒性，影响检测效果和安全性，如何提高纳米探针的稳定性和安全性是一大挑战。此外，技术的标准化、与其他成像模态的融合以及计算技术的辅助应用等方面，都需要进一步探索，以克服生物组织复杂性带来的困难，推动SERS技术在临床实践中的广泛应用。

创新研究

在SERS纳米探针的研发创新上，团队对其各组分别进行优化。SERS基底从传统球形Au和Ag NPs拓展到多种先进结构。拉曼标记化合物方面，开发新型库以提升性能，生物正交拉曼标记化合物可降低背景干扰（图1d）。同时，团队采用多种保护涂层和生物配体共轭策略确保纳米探针在体内应用的性能。

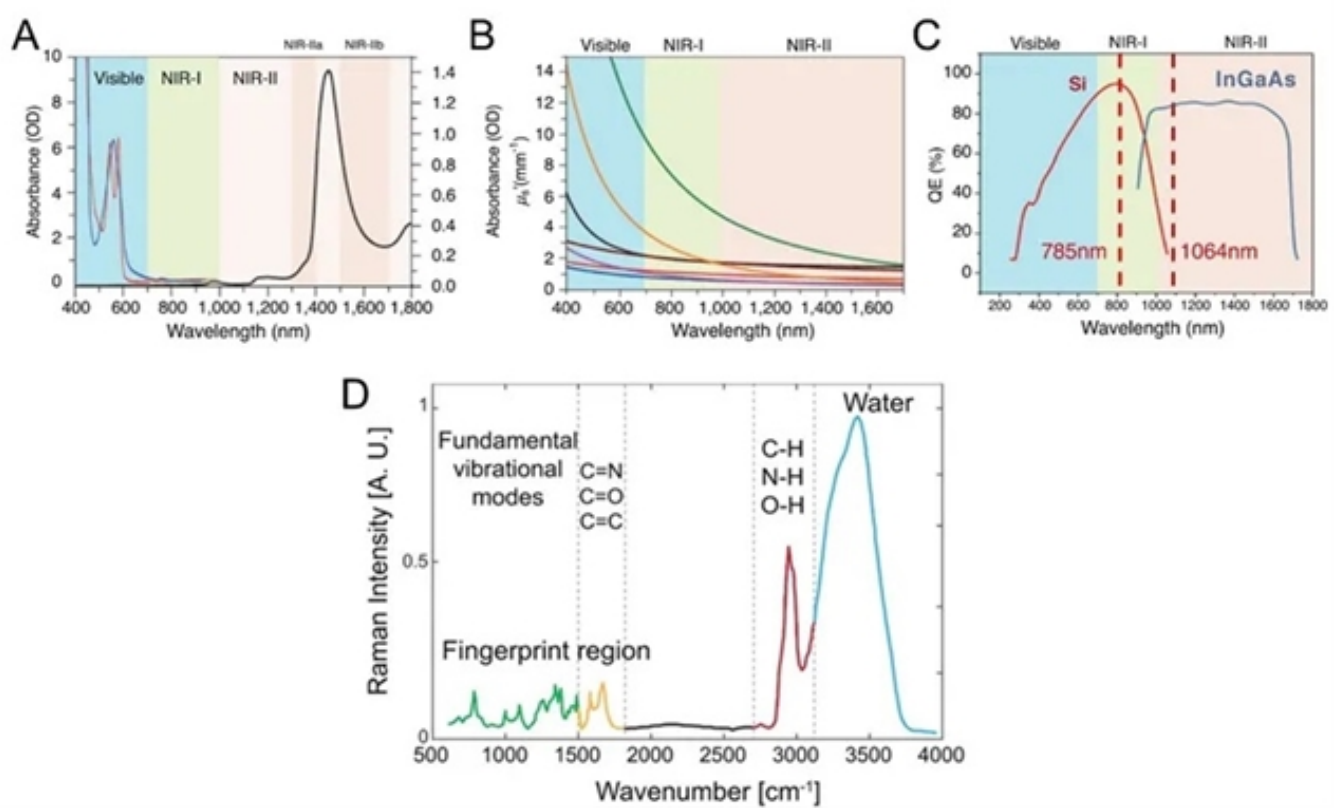


图1. 基于近红外增强拉曼光谱的体内应用动机。

仪器仪表的创新推动了体内SERS技术发展。在通用性的考量中，785nm激光因其综合性能被广泛使用，1064nm用于NIR - II窗口需注意组织加热；物镜选型影响激光光斑与功率密度；CCD探测器选择要平衡多种因素。基于显微镜配置，早期扫描成像速度慢，而线扫描技术如SARI系统提升了成像速度与视野（图2b）；光纤配置的设备不断演进，如SpectroPen等用于术中检测，偏移式拉曼光谱和表面增强的偏移式拉曼光谱增强了检测厚组织的能力，新的光纤探针基于NIR拉曼成像系统集成新技术且性能优良（图2e）。

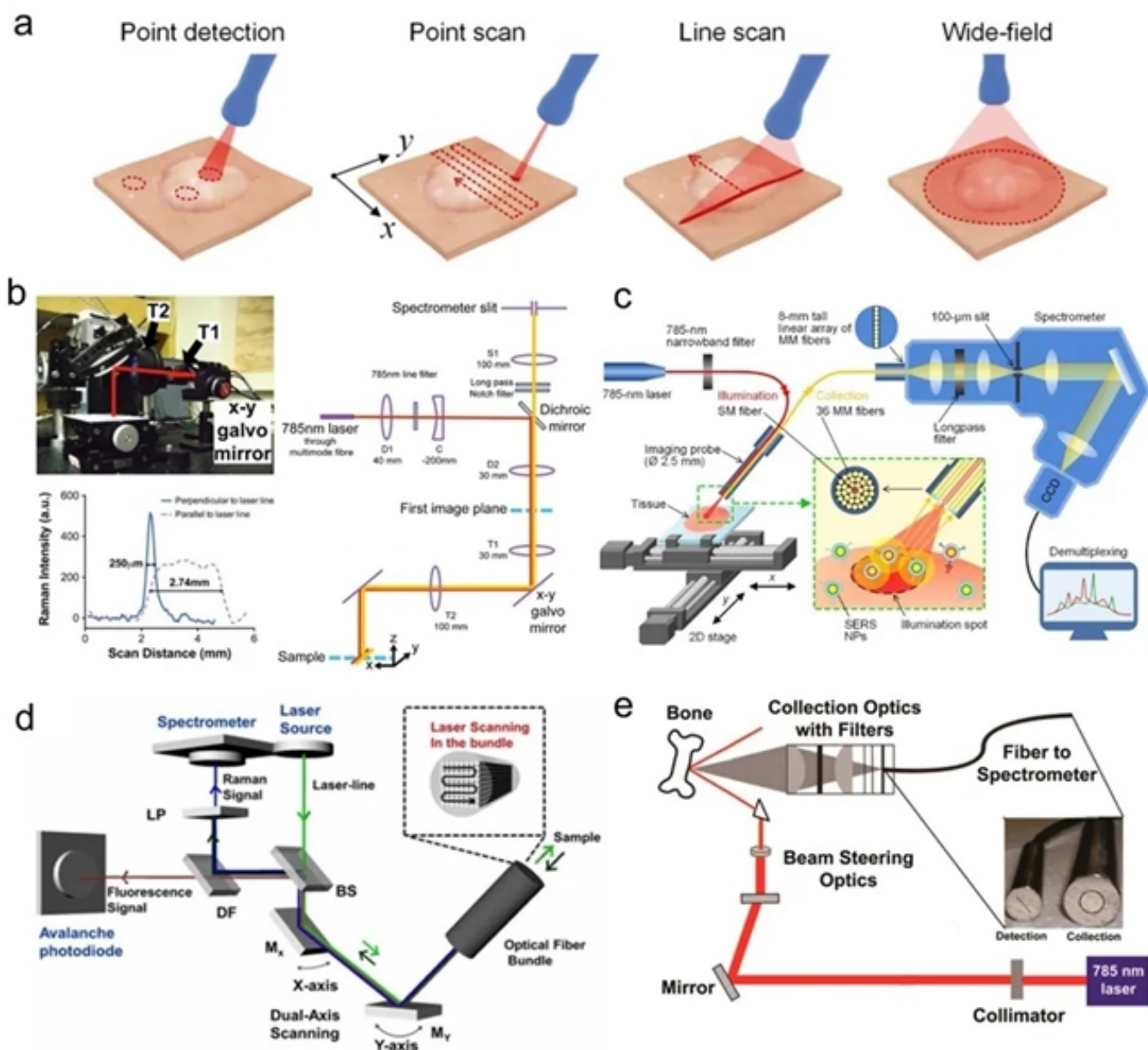


图2. 用于体内应用的拉曼仪器。

SERS技术在体内的应用成效显著。于体内传感与诊断，葡萄糖传感可通过多种方式达成（图3a），神经递质检测得以实现（图3b），植物信号分子检测也取得成果（图3c）。在生物分子筛选与多重成像中，SERS标记助力高通量筛选，相关研究提升了多重性。术中引导时，多种技术发挥作用，像MPR NPs、手持式拉曼扫描仪、荧光-SERS内镜技术及比率成像策略等辅助手术。癌症治疗方面，多功能SERS纳米探针实现了诊断与治疗功能的融合。

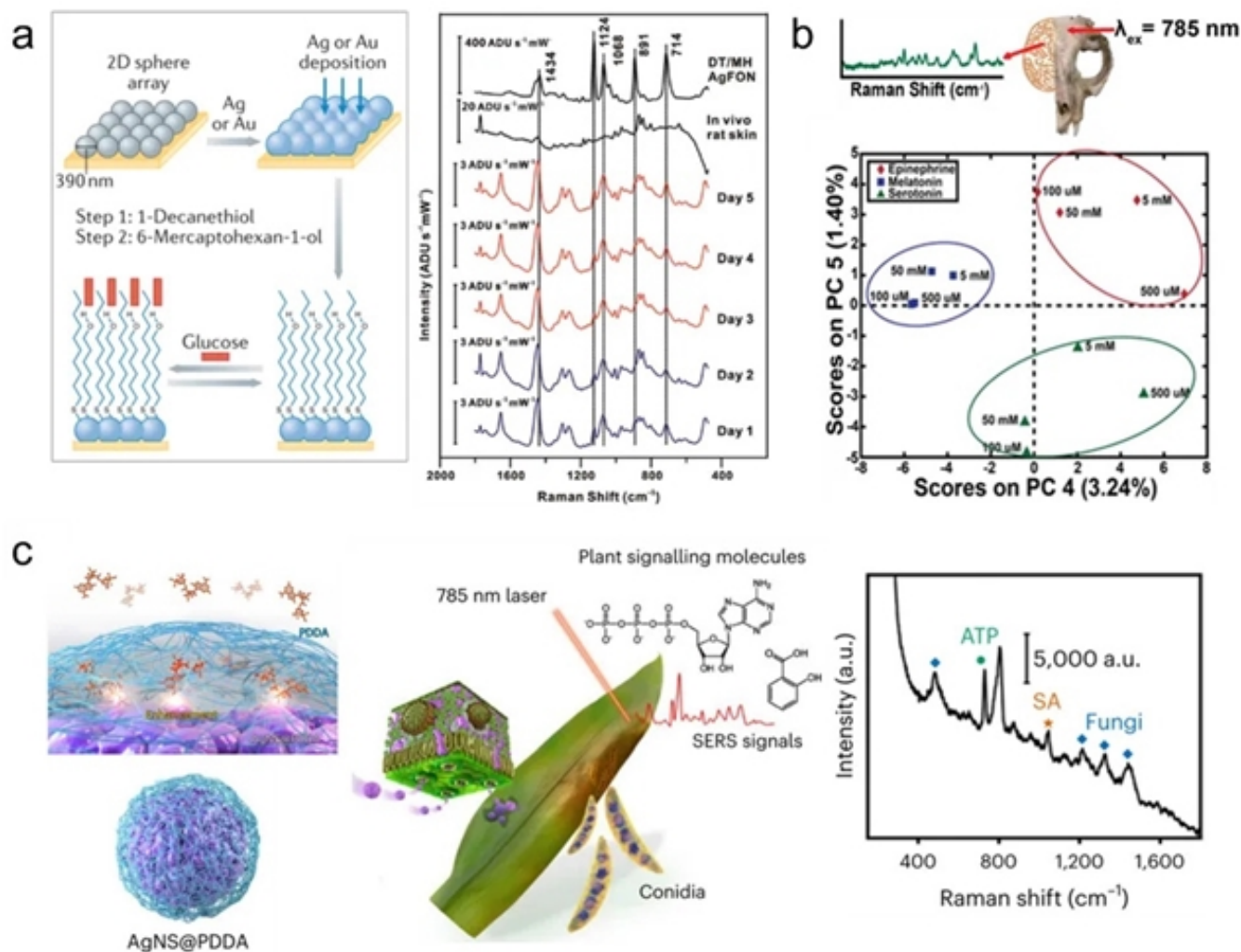


图3. 基于SERS的体内检测和诊断。

总结与展望

SERS技术在生物医学领域展现出强大的应用潜力。在体内应用方面，SERS纳米探针的研发取得显著进展，从基底结构多样化到拉曼标记化合物性能提升，再到保护涂层与生物配体共轭策略优化，极大提高了探针的性能。仪器设备的改进也功不可没，通用性的考量因素的权衡，显微镜与光纤配置技术的创新，使SERS在多种体内应用场景中得以施展，包括传感与诊断、生物分子筛选与多重成像、术中引导及癌症治疗等，为生物医学研究和临床实践提供了新的工具和方法。

展望未来，SERS技术有着明确的发展方向。应继续深化纳米探针的设计优化，进一步提高其灵敏度、特异性和稳定性，同时解决实际应用中的安全性问题。在仪器设备方面，不断改进成像技术和系统，降低成本并提高实时成像能力，推动NIR-II窗口相关技术的成熟与普及。积极探索与其他先进技术的融合，如与计算技术深度结合，利用人工智能和机器学习算法提升数据分析能力和诊断准确性，通过跨学科合作克服技术瓶颈，促进SERS技术在临床诊断、治疗监测等领域的广泛应用，最终实现个性化医疗和精准治疗的目标。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-024-01718-5>

作者：Homan Kang 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