

理化所在无掩模光学投影制备图案化银/聚苯胺核-壳纳米复合材料研究中获进展

近年来，以聚苯胺（PANI）为代表的导电聚合物，因低成本、高稳定性和可调谐性能而引起关注。PANI/贵金属复合材料是PANI研究的重要分支，通过将导电聚合物PANI的特性与银纳米颗粒（AgNPs）的独特性能相结合，Ag/PANI复合材料有望应用于超级电容器、气体检测、医学诊断等领域。随着对器件小型化、集成化、便携化需求的日益增长，几何特征精细可控的Ag/PANI微纳结构的制备变得尤为重要。通常，Ag/PANI复合材料的制备过程涉及多个步骤，较耗时且费力。喷墨打印作为3D打印技术之一，可通过快速、可重复和可扩展的方式沉积获取PANI图案层，但制备的微结构尺寸仍在毫米级；飞秒激光直写技术具有冷加工、高精度和灵活的3D结构加工能力，却在大规模制备微纳结构的效率方面具有局限性。因此，亟需发展灵活、快速的制备技术来实现微纳结构的图案化。

中国科学院理化技术研究所仿生智能界面科学中心有机纳米光子学实验室研究员郑美玲团队报道了可用于制备导电金属/聚合物图案的新型光还原聚合方法，在超快激光远场无掩模投影制备图案化纳米复合材料研究方面取得了新进展。基于多光子吸收和局域表面等离子体共振（LSPR）效应，该研究采用无掩模光学投影光刻（MOPL）技术制备了具有核-壳结构的Ag/PANI纳米复合材料，并在不同的基底上灵活地实现了微纳米尺度上纳米复合图案的个性化设计和制备。该研究证实了基于Ag/PANI纳米复合材料的方形迷宫状微观结构具有表面增强拉曼散射（SERS）效应。这一制备策略为传感器和探测器等微纳器件的制造开辟了新途径。相关研究成果发表在Nano Letters上。

研究团队前期发展的MOPL技术具有快速、灵活和高效的空间调制优势，可实现纳-微-宏跨尺度结构的高效制作。本研究中创新性地提出了利用MOPL技术制备图案化Ag/PANI复合微结构的个性化制备策略（图1）。结合结构设计优化，科研人员首次在刚性基底或柔性基底上实现了由核-壳纳米复合材料组成的Ag/PANI微纳图案（图2）。研究发现，激光功率和曝光时间影响复合核-壳颗粒的成核和生长，其中团聚图案中单个核-壳颗粒平均直径为172nm。通过TEM和EDS表征的核-壳纳米复合材料的形态和元素分析表明，在400nm激光束的照射下，硝酸银首先被还原为AgNPs。AgNPs的局域表面电磁场由于LSPR效应得以增强，形成了以AgNPs为核、ANI为壳的复合微纳结构。成核和生长机制的研究为探索和控制激光诱导聚合方法中的聚合和纳米结构形成提供了指导思路（图3）。在Ag/PANI微结构基底上的SERS光谱和成像结果表明，纳米复合微结构可有效地抑制荧光干扰。同时，Ag/PANI纳米复合材料的微观结构也被证明具有一定的电导率（图4）。本工作提出的利用MOPL技术灵活制备微纳米复合微结构的策略，不仅为导电聚合物的开发开辟了新途径，而且为导电聚合物在微纳米传感器和探测器等器件中的广泛应用提供了新思路。

研究工作得到国家重点研发计划“纳米科技”重点专项、国家自然科学基金面上项目的支持。

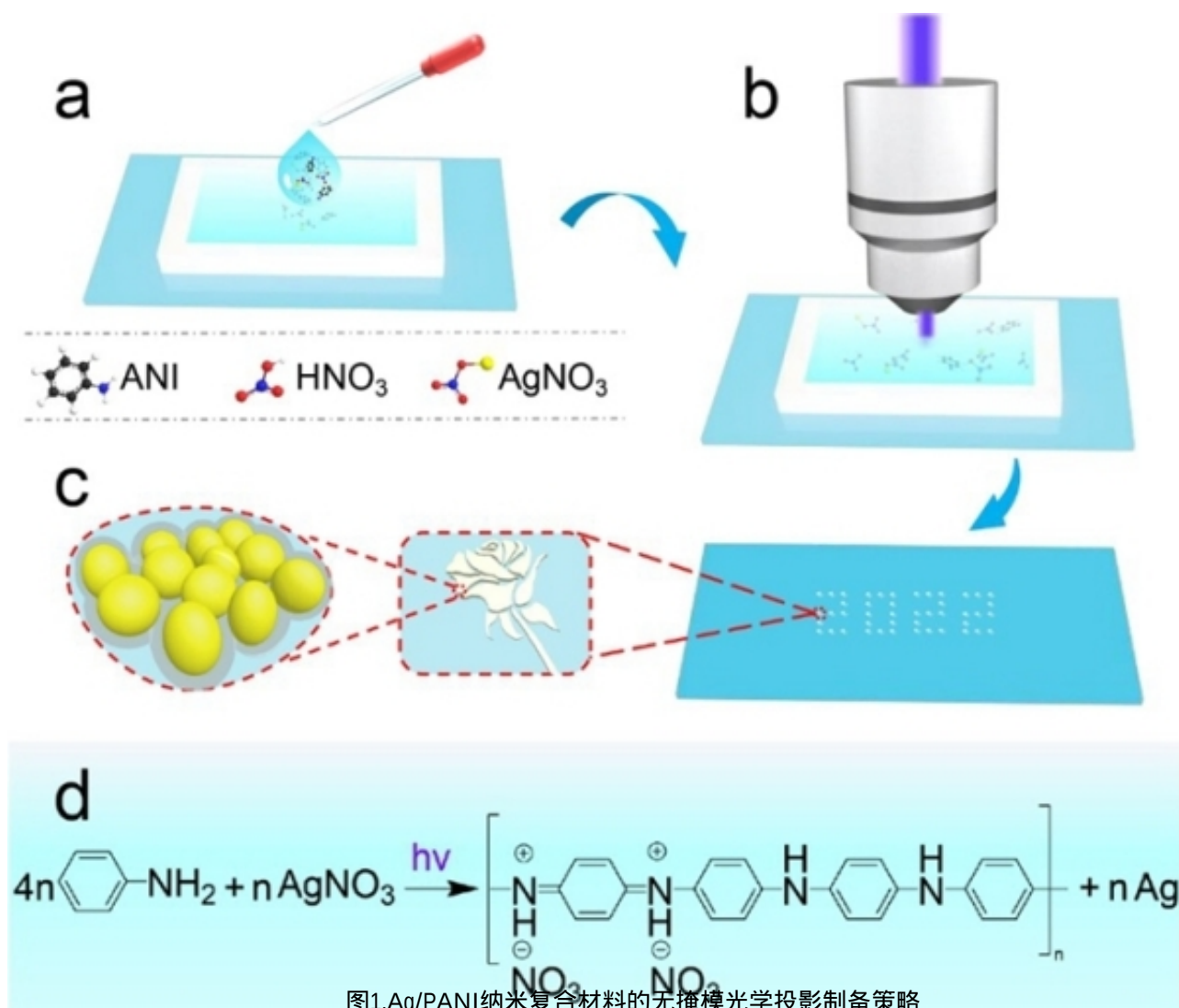


图1. Ag/PANI 纳米复合材料的无掩模光学投影制备策略

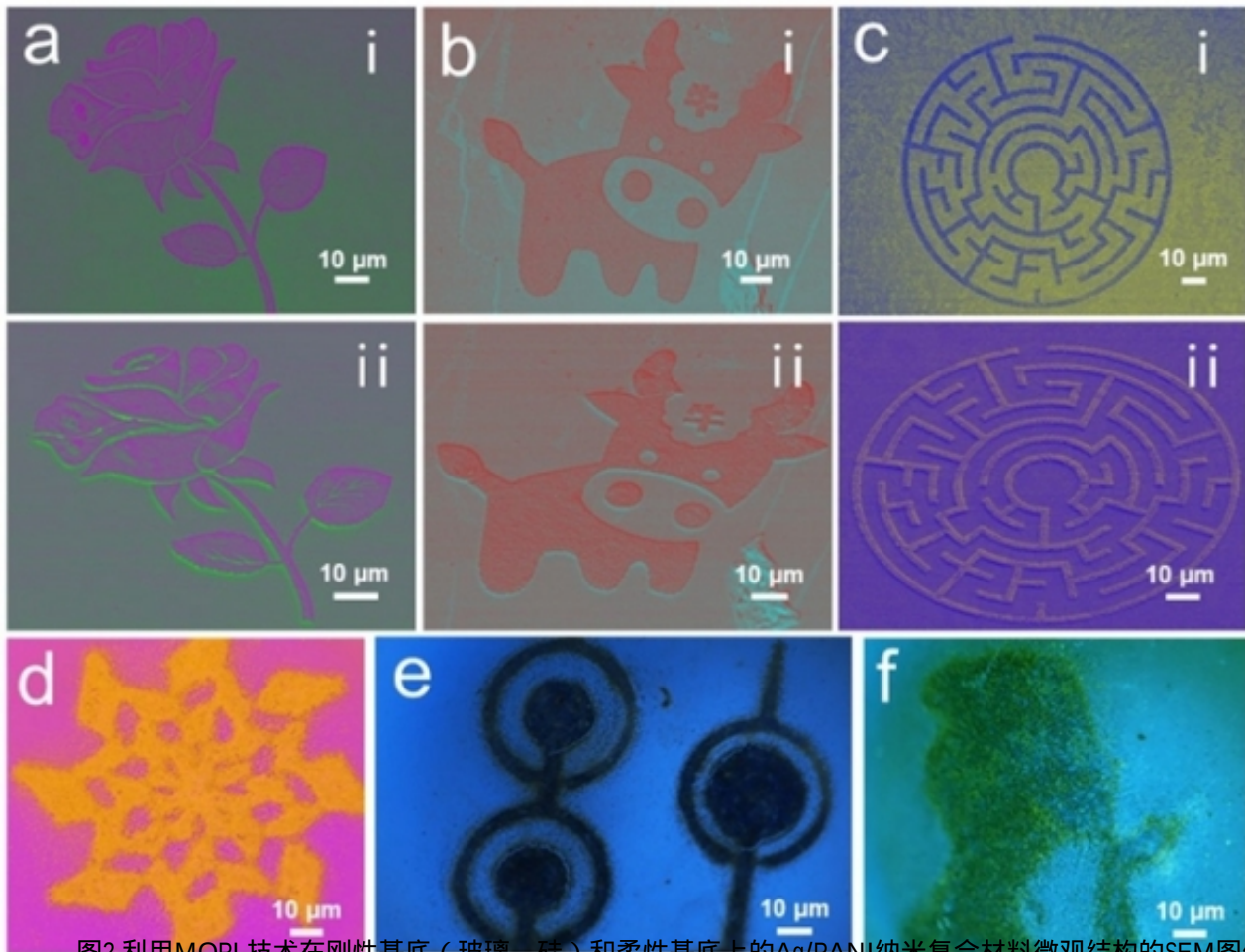


图2.利用MOPL技术在刚性基底（玻璃、硅）和柔性基底上的Ag/PANI纳米复合材料微观结构的SEM图像

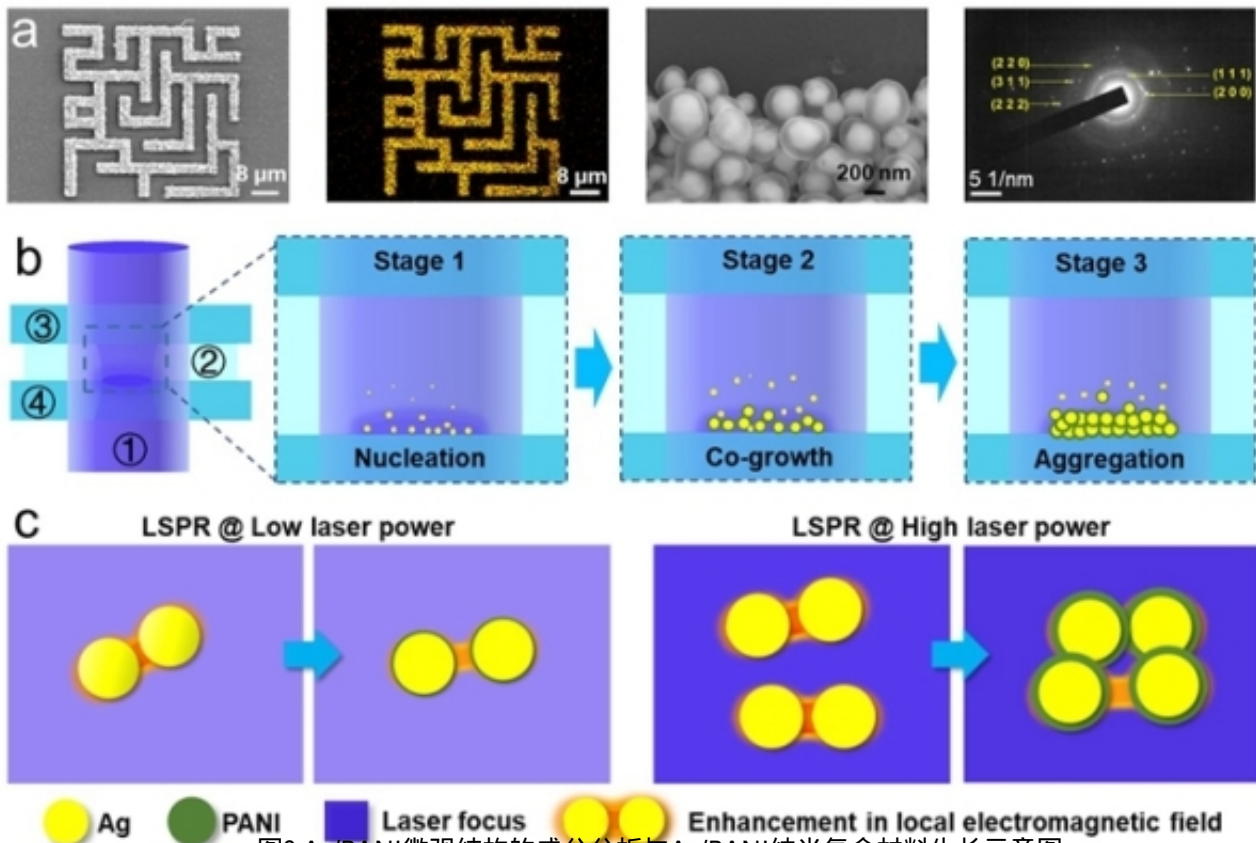


图3.Ag/PANI微观结构的成分分析与Ag/PANI纳米复合材料生长示意图

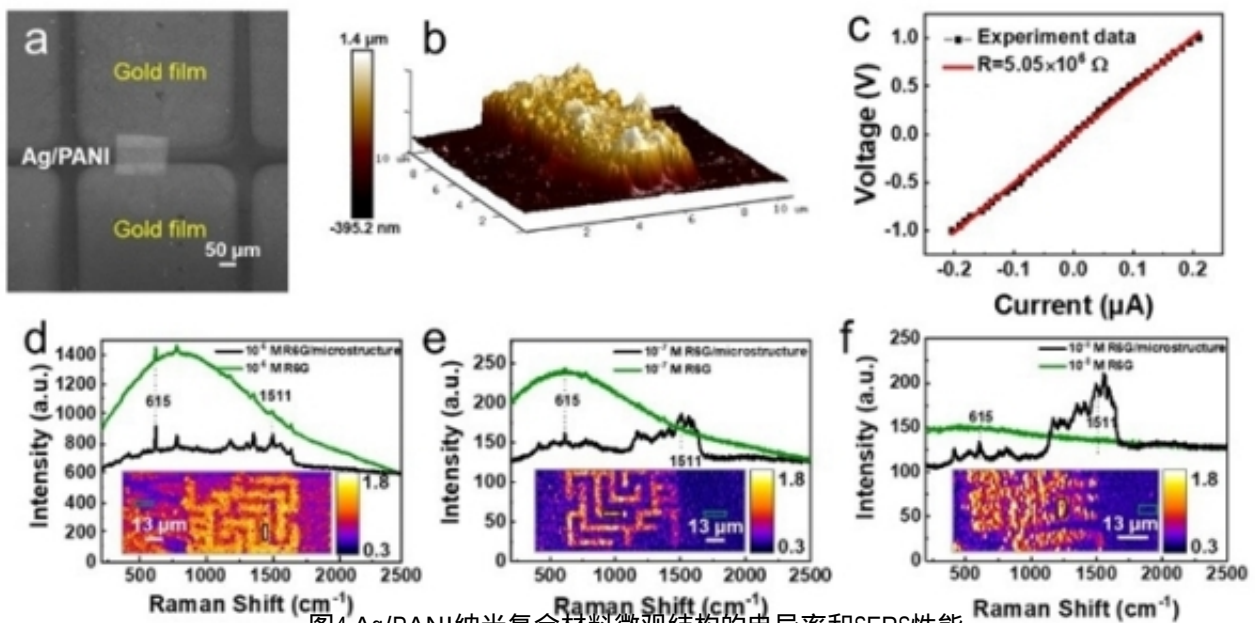


图4.Ag/PANI纳米复合材料微观结构的电导率和SERS性能

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/189383.html>