物理所基于软模板的原子层组装技术实现多重纳米结构的精准调控加工

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/13980.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！

利用各种纳米加工技术制备的纳米结构和器件在微纳光子学、微纳电子学、生物学及纳米能源等领域发挥了重要作用，但同时也对纳米加工的尺寸、形状、空间排列和组装等工艺控制提出了越来越高的要求。现有的传统纳米加工技术（如电子束曝光、聚焦离子束直写、阳极氧化和自组装技术）通常在实现无序、杂化、不规则及变径等特殊纳米结构的可控加工上具有明显的局限性，难以实现复杂多重纳米结构在材料和形状上的精确调控，因此，需要一种能力更强大的纳米加工方法以满足特殊纳米结构的极端加工要求。

中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心微加工实验室团队致力于纳米制造新方法和原理及其光电器件应用领域的研究，在前期研发的亚5 nm金属间隙结构阵列的晶界断裂与应变加工（*Adv. Mater.* 2015, 27, 3002；Nanoscale. 2018,10,3073；*Small.* 2019, 15, 1804177）和纳米折纸三维加工方法（*Light: Sci. Appl.* 2016, 5, e16096；*Adv. Mater.* 2019, 31, 1802211；*Nano Lett.* 2019, 19, 3432；*Laser Photonics Rev.* 2020, 14, 1900179；*Nat. Commun.* 2021, 12, 1299）的基础上，该团队的耿广州（论文第一作者）在主任工程师李俊杰的指导下，与N10组研究员顾长志合作，研发出一种基于软模板的原子层组装纳米制造技术，解决了传统刚性模板的问题，具有较好的灵活性、可扩展性和普适性，其强大的纳米结构构造能力可实现各种材料杂化、异形复杂纳米结构阵列的可控裁剪加工和功能器件应用。相关研究成果以*Precise tailoring of multiple nanostructures based on atomic layer assembly via versatile soft-templates*为题，发表在*Nano Today.* 2021, 38,101145上，并被选作该期刊第39C卷的封面图片（Front Cover）。

研究人员首先利用电子束曝光技术在电子束抗蚀剂软模板上曝光出设计的图形，然后采用原子层沉积技术在软膜板结构内共形组装各种功能材料（如TiO_2、ZnO、Al_2O_3及HfO_2等），再通过分立刻蚀工艺去除顶层及软膜板，最终制备出具有各种特异性的大面积复杂纳米结构阵列（图1）。这种基于软膜板原子层组装加工技术兼具电子束曝光的高分辨率和原子层沉积精准可控及共形包覆的优点，不仅可制备各种空心/实心的多重纳米结构，还实现在柔性衬底的加工，尤其可获得超高深宽比（~80:1）、超高精度(~1 nm)、超薄管壁（~8 nm）且一致性好的极端纳米结构。基于该加工方法，研究人员还研发出一种多级管状变径纳米结构的加工工艺，采用多层抗蚀剂的原子层组装加工技术，克服了使用常规微纳加工工艺的多次套刻、步骤繁琐耗时、加工精度不高等问题，完美制备出的各种变径纳米结构阵列（图2），其在光学超构表面、多功能复用纳米器件及生物领域具有潜在的应用价值。此外，利用该组装加工技术，还可制备由多种材料杂化复合且多元有序可控的三维纳米结构阵列（图3），其在多功能调控的光子晶体、三

维环栅晶体管等纳米光电器件的制备中具有应用前景。

为了验证原子层组装加工方法的功能器件应用，研究人员利用该工艺，设计和制备出具有各向异性结构特点的全介质高效光学超构表面器件，通过高长径比纳米鳍状结构单元的不同角度旋转及错位排列，实现了对宽波段矢量光束的任意偏振调控（图4）。同时，还设计制备出具有高深宽比和大比表面积的Al_2O_3/TiO_2
复合的中空六角纳米结构阵列，并与Pd纳米颗粒相结合，基于异质界面二维电子气原理，构筑了高性能的氢气传感器（图5），获得的传感性能比传统的平面氢气传感器具有较大提升，尤其在较低温度所具备的高灵敏度和最短恢复时间，为高性能氢气传感器提供了理想方案。

这种原子层组装纳米加工方法赋予了传统的曝光和组装技术以更强大的加工能力和潜能，在多重纳米结构的可控加工中展现出较好的灵活性、可扩展性和普适性，提供了一种更简单、更精准的加工复杂三维纳米结构阵列技术策略，在先进纳米结构和器件的多重设计、极端加工与功能实现过程中展现出应用潜力。

研究工作获得科学技术部国家重点研发计划、国家自然科学基金委、中科院项目的资助。

论文链接

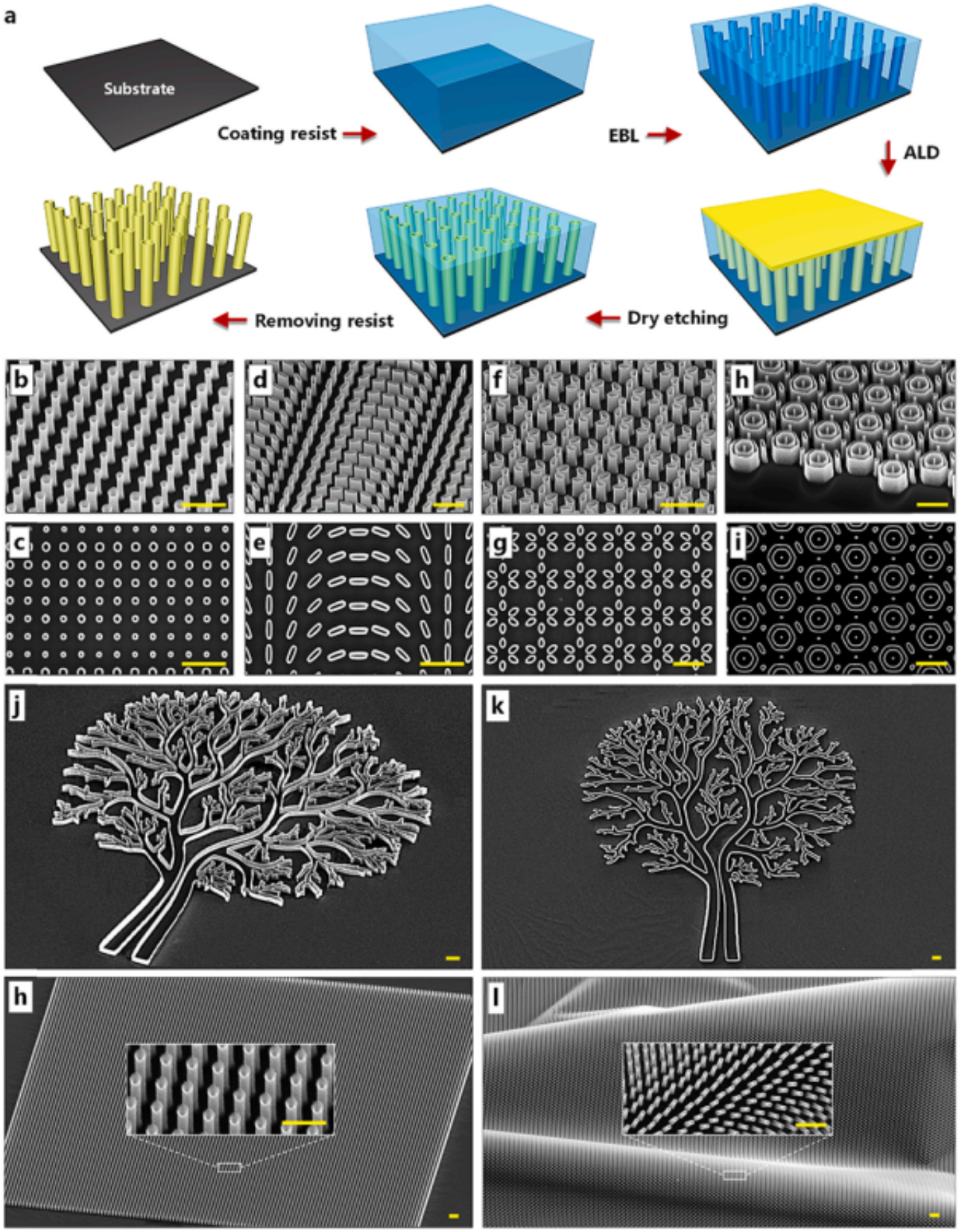


图1.软膜板原子层组装加工方法实现多重特异性复杂纳米结构阵列

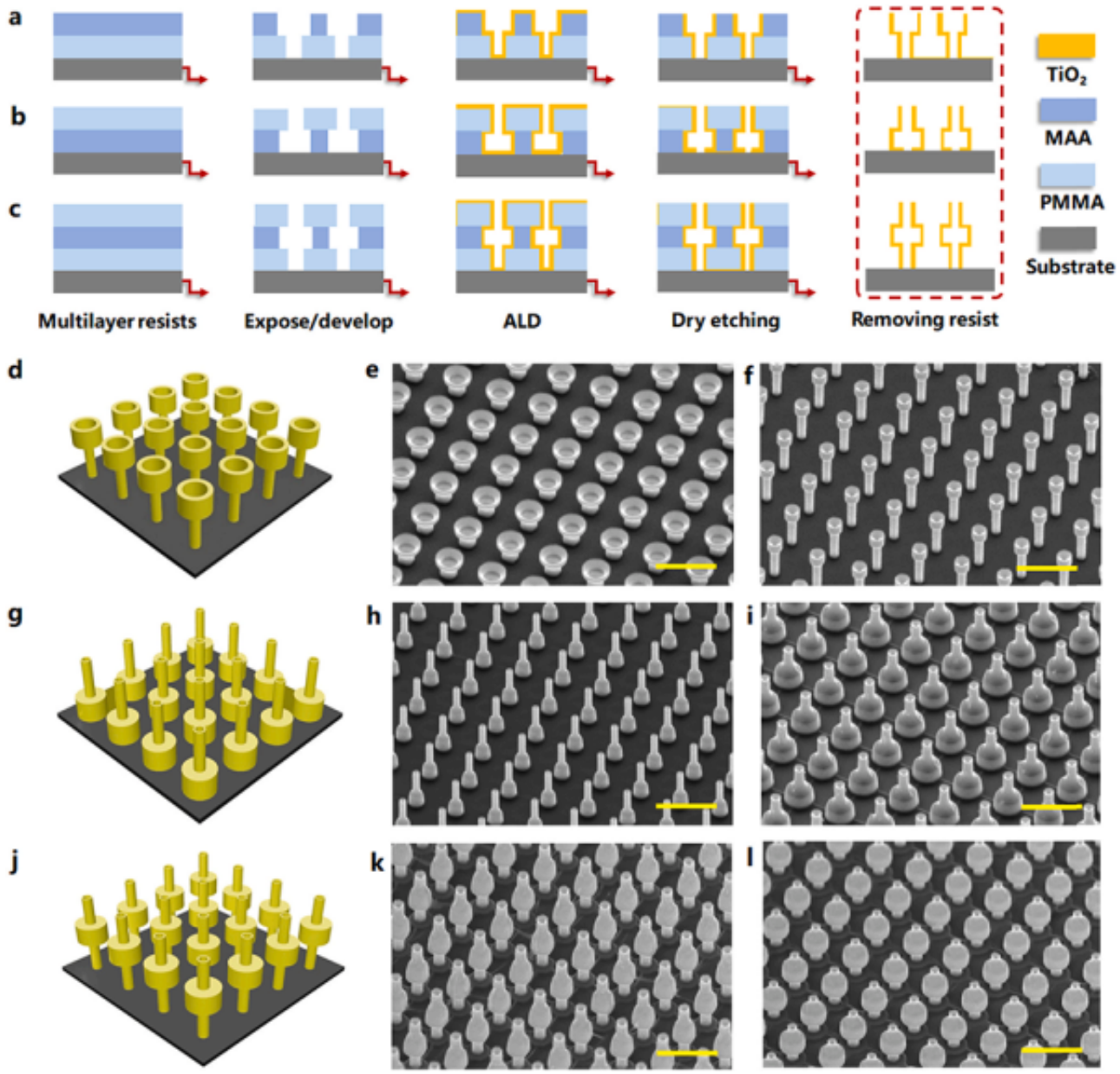


图2.原子层组装技术制备多级变径纳米管状结构阵列

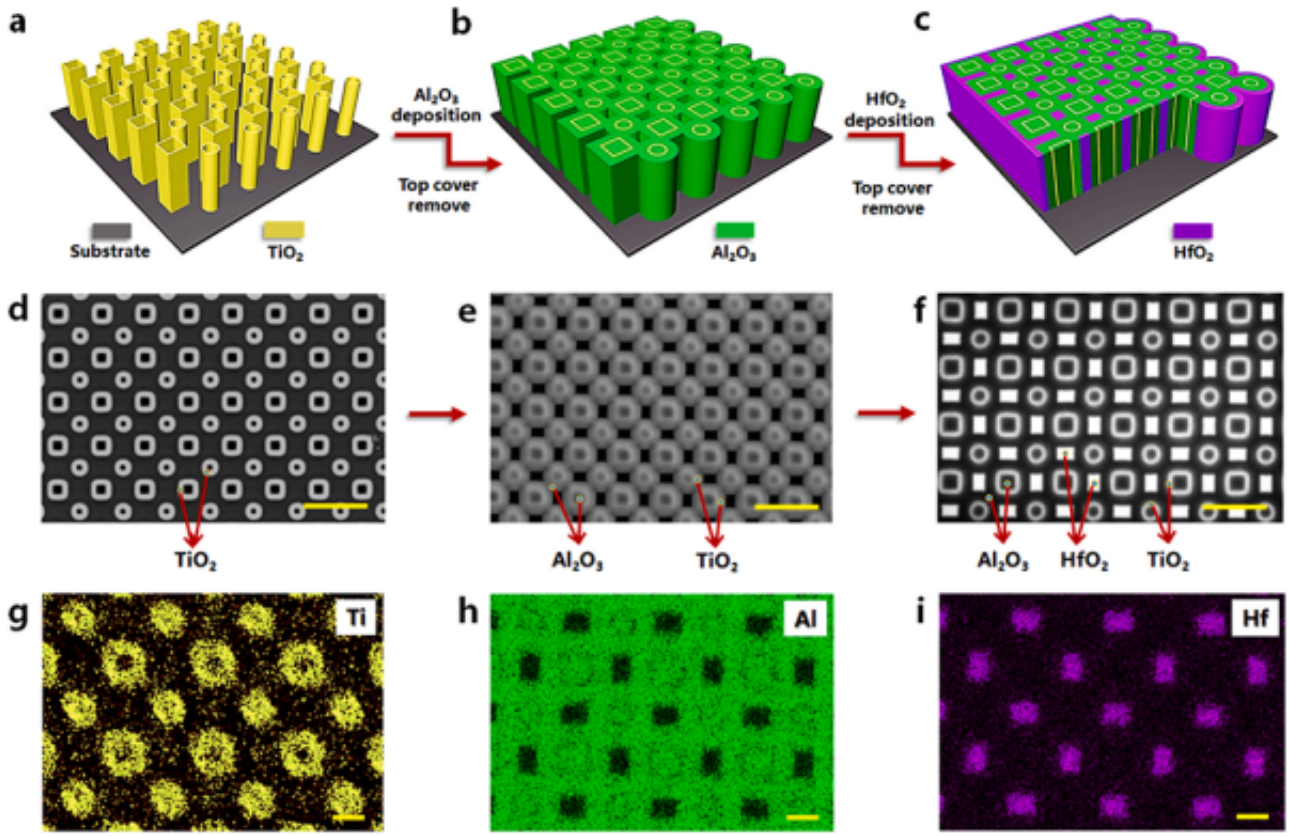


图3.原子层组装技术加工的三种材料杂化复合的三维纳米结构阵列

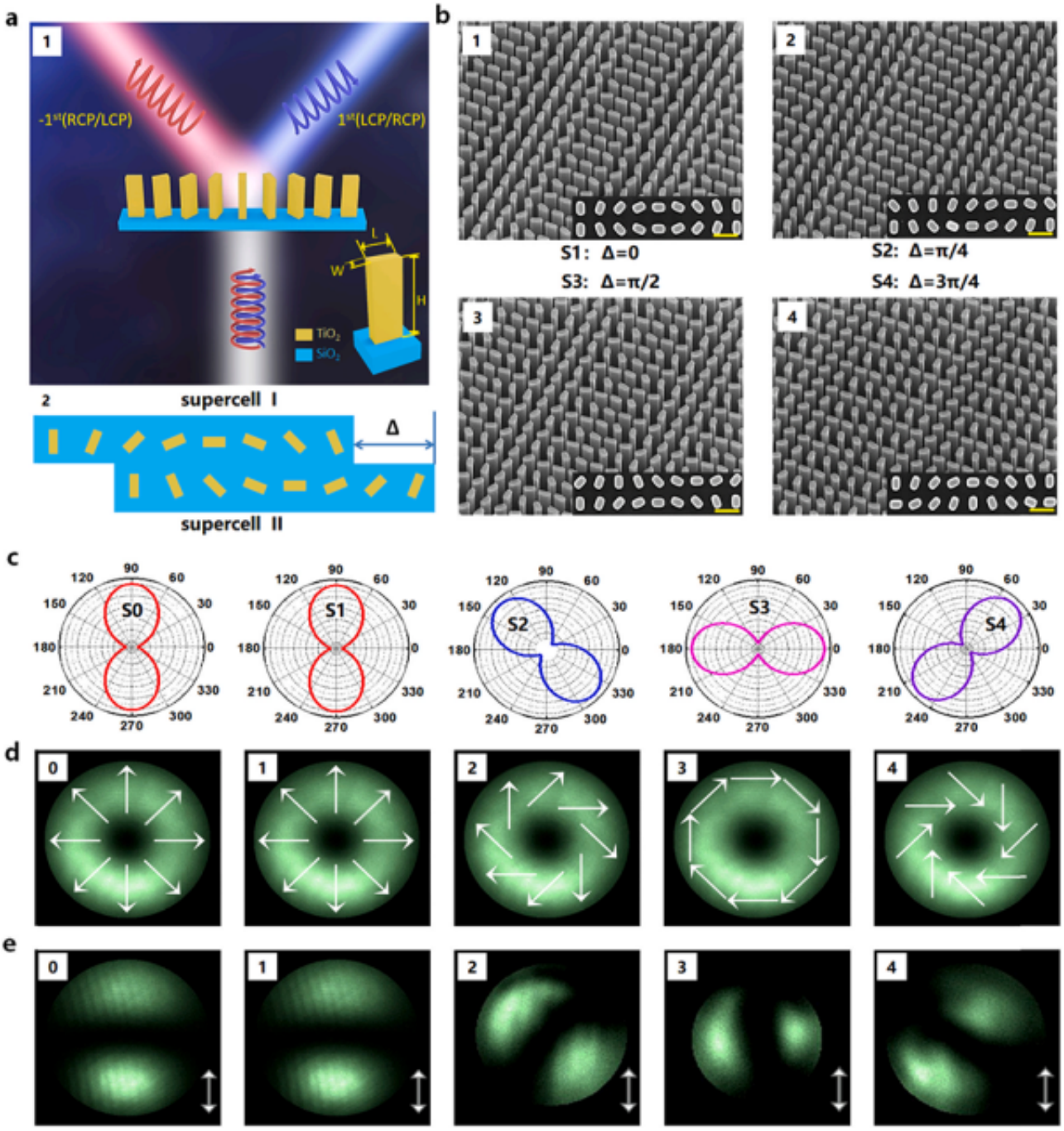


图4.基于原子层组装加工设计制备的全介质超表面实现高效宽波矢量光的任意调制

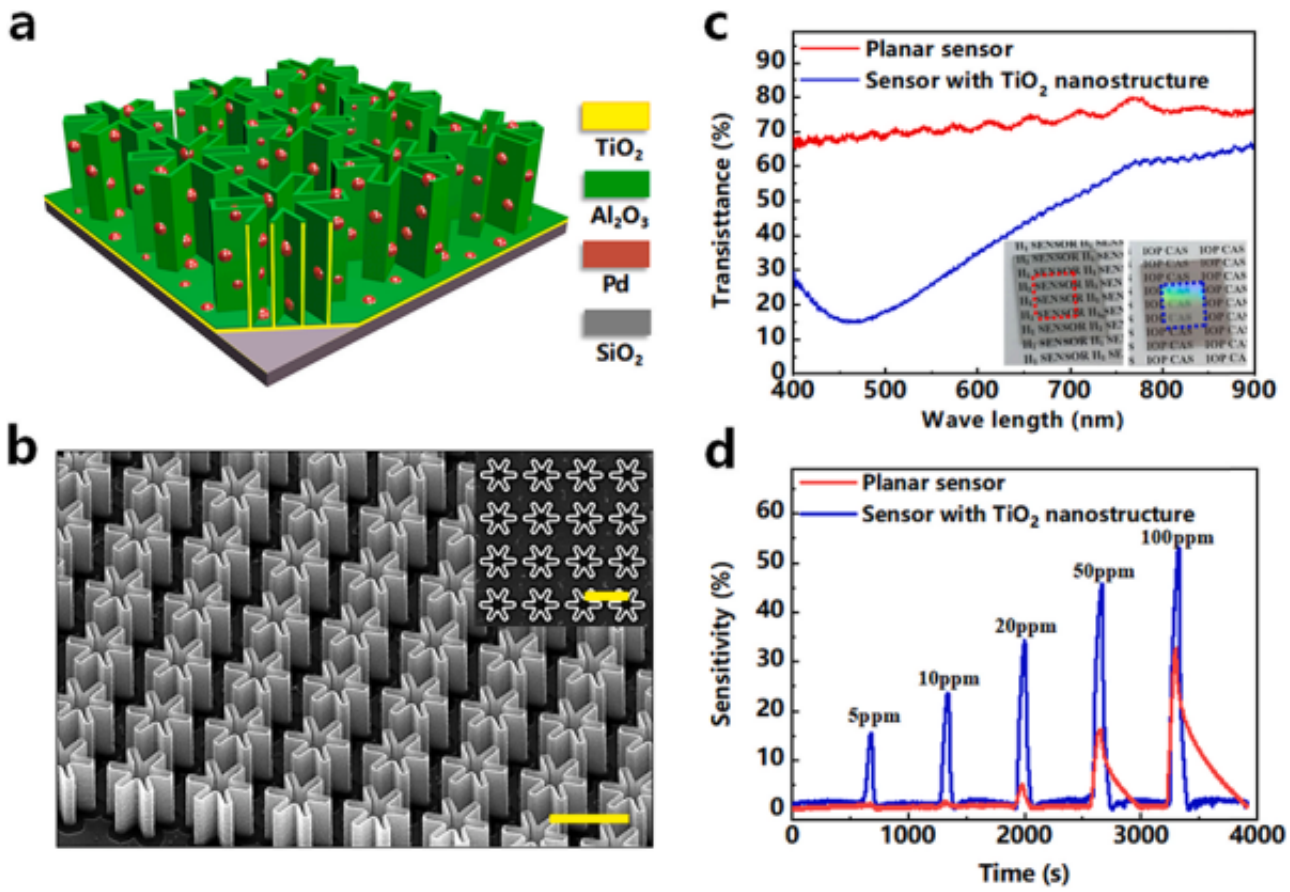


图5.基于原子层组装加工设计制备的氢气传感器及其快速高灵敏探测特性

研究团队单位：物理研究所

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转发