

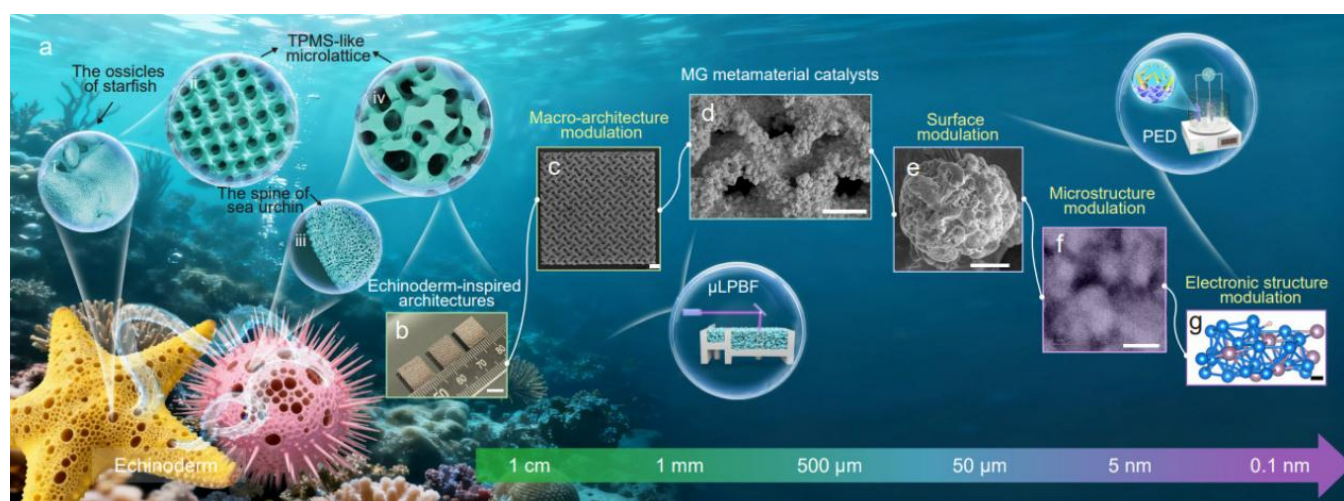
金属玻璃超材料催化剂领域取得新进展

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/40998.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！

金属玻璃超材料催化剂领域取得新进展。近日，中国科学院东莞材料科学与技术研究所/松山湖材料实验室研究员柯海波/汪卫华团队联合香港理工大学教授K. C. Chan团队，研究提出一种跨尺度超材料催化剂设计策略，将拓扑工程化金属玻璃骨架与NiMo纳米玻璃异质界面相结合，实现了力学支撑、物质传输、界面润湿和本征催化活性的协同优化。相关成果发表于《国家科学评论》（National Science Review）。



拓扑工程化超材料催化剂的多尺度设计示意图。研究团队供图

当前，电解水制取绿色氢能是实现能源低碳转型的关键技术之一，但现有粉末催化剂易团聚脱落、电子传输不连续，传统整体式电极则活性位点不足、传质效率低且气泡易滞留。催化反应本身涉及从原子级活性位点到宏观流体传输的多尺度过程，以往设计往往仅聚焦单一尺度，难以兼顾活性、稳定性与传质效率。

针对这一瓶颈，研究团队借鉴海胆、海星等棘皮动物的立体网状骨骼结构，采用微激光粉末床熔融技术制备出具有三周期极小曲面结构的钼基金属玻璃微点阵骨架，随后通过脉冲电沉积在骨架表面原位生长NiMo纳米玻璃催化层，构建出一体化NiMo@Zr金属玻璃超材料催化剂。

在宏观与介观尺度上，团队系统比较了Gyroid (G)、Diamond (D) 和Fischer-Koch S (S) 三种拓扑结构。结果显示，G结构因连续曲面和高互联三维通道，具有更优的流动路径、更高的平均流速和更强的垂直传输能力，有利于电解液快速渗透、反应物补充及气体产物排出；即便孔隙率较高，其压缩强度和损伤容限仍保持良好。值得注意的是，即使G与D结构孔隙率相近，G结

构的连续曲面仍能增强局部流速波动和多方向流体输运，降低浓差极化和气泡积聚，为高电流密度反应提供更佳传质环境。

在微米尺度，脉冲电沉积在骨架上形成大量均匀分布的绣球花状NiMo颗粒，其褶皱沟槽表面显著增大活性面积，并赋予优异的润湿性：水滴在NiMo@G表面约35毫秒内完全铺展（接触角迅速降至0°），呈现超亲水性；水下气泡接触角超过169°，呈现超疏气性。这种特性既利于电解液浸润，又促进生成的小气泡（约70 μm）快速脱附，减少对活性位点和传质通道的遮挡。相比之下，传统多孔电极表面气泡尺寸常超过500 μm。

在纳米与原子尺度，高分辨电镜和元素分析表明，电沉积NiMo并非成分均一的传统非晶相，而是由Ni₇₈Mo₂₂和Ni₆₈Mo₃₂等不同组分的非晶纳米区域构成，其间形成大量非晶-非晶异质界面，构成具有化学和结构异质性的NiMo纳米玻璃。

得益于多尺度协同效应，NiMo@G表现出优异的双功能电催化性能。在1 M KOH中，达到10 mA cm⁻²析氢过电位仅需26 mV。以其同时作为阴极和阳极组装双电极电解槽，在100和500 mA cm⁻²电流密度下槽电压分别为1.438 V和1.707 V，其中100 mA cm⁻²下的槽电压显著低于商业IrO₂/Pt/C体系的1.783 V。高速成像显示，NiMo@G表面释放约70 μm的小气泡，有效降低传质阻力。稳定性测试中，电解槽在1.438 V下连续运行超200小时，性能无明显衰减；运行后绣球花状催化层和金属玻璃骨架保持完整，表面形成的富NiOOH活性相和高价态Mo物种可能进一步促进析氧反应，使性能略有提升。

该研究突破了传统超材料催化剂主要依赖宏观孔道调控的范式，将拓扑控制的物质传输、金属玻璃骨架的力学稳定性、微纳结构调控的界面润湿以及纳米玻璃异质界面的本征活性集成于一体，实现了从宏观结构到原子界面的协同设计。该策略不限于NiMo体系，可拓展至其他多元非晶或非晶-纳米晶催化材料，为开发高电流密度、长期稳定的整体式电解水催化剂提供了新框架。（来源：中国科学报 朱汉斌）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1093/nsr/nwag442>

作者：柯海波等 来源：《国家科学评论》

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