

中国材料大会 2025

暨新材料科研仪器与设备展

7 月 5-8 日, 2025

福建 厦门

A09-超快合成与能源材料
A09-Ultrafast Synthesis and Energy
Materials

主办单位

中国材料研究学会

会议网址: <https://cmc2025.scimeeting.cn>



A09 超快合成与能源材料

分会主席：周伟家、林志群、刘辉、耿志刚、陈亚楠

A09

拟交流类型：主题报告

液相激光熔蚀及其能源材料制备应用

杨国伟*

中山大学

三十年前超快脉冲激光与液-固界面相互作用被引入亚稳纳米材料制备，发展了液相激光熔蚀（laser ablation in liquids, LAL）超快制备亚稳纳米材料方法，现在 LAL 已经被国际公认为一种重要的纳米制备技术。本报告首先介绍 LAL 基本物理化学过程及其纳米材料制备应用，然后介绍最近基于 LAL 发展的一种超越催化化学的，常态下简单、绿色、高效制造清洁能源技术即液相激光发泡技术（laser bubbling in liquids, LBL）以及 LBL 在二氧化碳还原、制氢、固氮合成氨等方面的应用。

拟交流类型：邀请报告

火焰合成多元素金属氧化物纳米功能材料

王昆*

先进内燃动力全国重点实验室（天津大学）

火焰合成方法（又称火焰喷雾热解、火焰辅助气溶胶热解等）是燃烧学、气溶胶、化学和材料等多学科交叉融合而形成的新型纳米结构功能材料制备技术。在生成纳米颗粒的新兴制造技术中，火焰合成方法具显著特点，包括备选材料范围较大、一步合成工艺、可扩展性高和生产率高等。该方法具有的高温场和大温降、大冷却速率（“一高两大”）独特优势，尤其适于制备多元素金属氧化物纳米颗粒，用于动力或储能电池电极材料，如镍/钴/锰三元锂电池正极材料（Li-NCM）、全固态锂电池电解质等。

多金属无机盐的热解、氧化反应动力学差异大，传统方法易导致元素偏析；火焰合成法通过高温快速分解、成核、聚并与冷却，可避免或减少元素分凝，促进均匀复合。本报告首先简介火焰合成方法的基本原理与流程；然后介绍本课题组设计和搭建的基于同轴火焰燃烧器、平焰燃烧器和喷雾热解反应器等气溶胶合成纳米材料实验台架，及其在线表征实验方法与数值仿真实验研究方法；最后简要介绍本课题组基于火焰合成法，一步快速制备多元素金属氧化物纳米功能材料的进展，包括锂离子电池正极材料、全固态锂电池氧化物电解质等。

拟交流类型：邀请报告

激光诱导石墨烯

叶汝全*

City University of Hong Kong

石墨烯研究涵盖基础科学至器件应用的广泛领域。为获得互补形貌结构，石墨烯泡沫因其更高的比表面积通常比二维原生形态更受青睐。本次报告将重点讨论激光诱导石墨烯（LIG）的合成技术。该技术无需高温反应条件、溶剂或后处理步骤即可一步成型，所制备的多孔石墨烯富含五元环和七元环结构。我将首先介绍 LIG 的制备方法及其形貌调控策略（包括多孔片层/纤维结构的可控构筑），以及孔隙率、组分和表面性质的调控手段。LIG 通常具有混合多边形特征，报告将探讨其拓扑缺陷的控制方法。由于 LIG 易于制备、可简单

放大生产，且能适配多种应用场景，这种基底结合型石墨烯泡沫可快速应用于超级电容器、催化、水净化及电子器件平台等广泛领域。

[1] Le Cheng, Chi Shun Yeung, Libei Huang, Ge Ye, Jie Yan, Wanpeng Li, Chunki Yiu, Fu-Rong Chen, Hanchen Shen, Ben Zhong Tang, Yang Ren, Xinge Yu,* Ruquan Ye* Flash Healing of Laser-induced Graphene Nature Communications 15, 2925 (2024)

[2] Weihua Guo, Siwei Zhang, Junjie Zhang, Haoran Wu, Yangbo Ma, Yun Song, Le Cheng, Liang Chang, Geng Li, Yong Liu, Guodan Wei, Lin Gan, Minghui Zhu*, Shibo Xi*, Xue Wang, Boris I. Yakobson*, Ben Zhong Tang,* Ruquan Ye* Accelerating multielectron reduction at Cu_2O nanograins interfaces with controlled local electric field Nature Communications 14: 7383 (2023)

[3] Libei Huang, Le Cheng, Tinghao Ma, Jun-Jie Zhang,* Haikun Wu, Jianjun Su, Yun Song, He Zhu, Qi Liu, Minghui Zhu, Zhiyuan Zeng, Qiyuan He, Man-Kit Tse, Deng-tao Yang, Boris I. Yakobson,* Ben Zhong Tang, Yang Ren, Ruquan Ye* Direct synthesis of ammonia from nitrate on amorphous graphene with near 100% efficiency Advanced Materials 35 (24), 2211856 (2023)

[4] Le Cheng, Tinghao Ma, Binghao Zhang, Libei Huang, Weihua Guo, Feijun Hu, He Zhu, Zhaoyu Wang, Tingting Zheng, Deng-tao Yang, Chi-Kit Siu, Qi Liu, Yang Ren, Chuan Xia, Ben Zhong Tang and Ruquan Ye* Steering the Topological Defects in Amorphous Laser-Induced Graphene for Direct Nitrate-to-Ammonia Electroreduction ACS Catalysis 12 (19), 11639-11650 (2022).

[5] R. Ye,* D. James, J. M. Tour*. Laser-induced graphene: from Discovery to translation. Advanced Materials 31, 1803621 (2019).

拟交流类型：邀请报告

激光诱导制备高频电化学电容器电极材料研究

杨诚*

清华大学深圳国际研究生院

铝电解电容器作为关键的无源元件，在电子电路中发挥着滤波和调频的重要作用。电化学电容器相比具有更高的比容量，但要实现有效滤波功能，其电极材料必须同时具备高导电性、开放式孔隙结构以及稳定的电化学性能以满足高频滤波应用的要求。针对这一技术难题，本团队创新性地采用激光诱导超快加工技术成功制备了 TiN_x 纳米渗流网络。基于该材料组装的表面贴装电容器在 120 Hz 频率下具有 9.17 mWh cm^{-3} 超高的能量密度。此外，团队利用激光诱导光热自还原的机制，制备出 MoO_{3-x} /纳米碳复合多孔电化学电极。该材料中丰富的氧空位不仅显著提高了电极的导电性和容量，还大幅降低了电极-电解液界面的电荷转移阻抗，从而有效增强了器件的高频响应能力，某些关键指标超过目前最先进的纳米碳基电极。这一突破为过渡金属氧化物在高频电化学电容器中的应用开辟了新途径，为推进超快加工高性能电子元器件商业应用提供了重要思路

拟交流类型：邀请报告

激光液相烧蚀制备高效电催化剂

李喆*

天津大学

激光液相烧蚀通过高能激光束轰击液体中的固体靶材实现纳米材料的合成制备，其机理为激光束轰击固体靶材迅速将靶材表面气化，甚至等离子化形成等离子羽区，然后固体气团

或者等离子体快速形核生长形成纳米颗粒。非平衡的极端合成条件使激光液相烧蚀可以制备出具有独特结构的纳米材料。报告人利用激光液相烧蚀技术制备出一系列银基纳米材料，其在电催化能源转换应用中表现出优异性能。纳米材料结构与催化机理分析表明，催化剂的高性能源于激光液相烧蚀对催化剂表面配位数及晶格应变的调控。

拟交流类型：邀请报告

激光制备纳米高熵材料及其能源催化应用

王冰*

南京大学

纳米高熵材料（HEMs）在能源催化领域显示出广阔的应用前景，但因成分复杂且种类繁多，缺乏可靠的合成方法及精准设计策略。针对以上难题，发展了激光扫描烧蚀策略，实现常温常压下系列零维 HEMs 包括合金、氧化物、硫化物、磷化物、硼化物、氮化物、金属单原子及高熵月壤的制备。成功制备具有超高内能和丰富自由体积的二维 HEMs；明确了二维 HEMs 结构形成的主元准入条件。基于 Brewer-Engel 价键理论与 d 带中心理论，建立了高效电催化 HEMs 的主元筛选原则；所合成低贵金属载量高熵合金显著降低电催化全解水反应活化能，获得低过电势；此外激光使催化材料与高熵月壤之间存在强烈的物理化学和电子相互作用，在催化反应过程中具有更快的电荷转移速率和更高的转化频率。...

拟交流类型：邀请报告

激光固相合成原子级催化材料

张冉*

中国科学院宁波材料技术与工程研究所

氢能被誉为“21 世纪终极能源”在双碳目标下被广泛关注。质子交换膜电解水制氢和二氧化碳加氢制备高附加值化学品是高效的氢能制备与使用方案。但是都需要催化剂来降低反应能垒，提升反应效率。当前催化剂进口占比超过 90%，制约我国氢能生产与使用。并且，催化剂成分多为低产量的贵金属 Pt、Ir 等，氢气的生产与使用成本高。原子级催化剂具有高的原子利用率，可以很好地降低成本。

激光固相合成技术作为一种面向规模化生产的新型制备方法，在高效电催化剂开发领域展现出显著的技术优势。该技术兼具制备过程可控性强、操作简易、无需复杂后处理、扩展性优良以及成本效益突出等特点，并能够实现电极结构的一步成型，为高性能原子级电催化剂的规模化制备提供了创新性的技术解决方案。

该技术的优势不仅体现在快速制备和电极一体化成型等方面，更具有精准调控材料缺陷结构的突出能力。通过紫外激光辐照处理含混合金属离子的复合前驱体，成功实现了具有低缺陷密度石墨烯负载双原子合金($\text{PtRu})_1\text{Co}$ DAAs 的可控制备。实验证实，合适能量的紫外激光可以减少在碳材料上引入缺陷，更容易形成缺陷的 Co 纳米颗粒将 PtRu 双原子选择性地锚定于其上，所制得的催化剂在碱性析氢反应中表现出卓越的催化性能：过电位低至 27 mV，其质量活性达到商业 Pt/C 催化剂的 19.6 倍，且在 -200 mA cm^{-2} 的高电流密度下可保持超过 100 h 的稳定运行。

除了用于电解水产氢的双原子合金催化剂。我们还利用激光开发了一种针对热催化的高稳定“Pt 原子-氧化物纳米岛-石墨烯海”催化剂。通过前驱体的静电吸附和氧空位锚定，将 Pt 原子牢固地锚定在孤立的、有缺陷的纳米氧化物上。CO₂ 加氢制甲醇反应在 300 °C, 3.5 Mpa 的高温高压下进行中，单原子催化剂极易烧结或扩散导致失活，催化稳定性下降。激光合成的催化剂在测试过程中 Pt 原子始终保持了优异分散性。实现了 >90% 的甲醇选择性和 >30%

的 CO₂ 转化率，在 1000 小时的长时间测试后性能仍保持稳定。

综上所述，激光固相合成技术凭借其高效率、高精确性和低成本等显著特征，为原子级催化剂的规模化制备提供了切实可行的技术路线。该技术在能源催化领域的创新应用，不仅为高性能电催化剂的设计与研发开拓了新思路，更为清洁能源技术的可持续发展提供了重要的材料基础和技术支撑。

拟交流类型：口头报告

脉冲高温技术在纳米碳化物材料表面修饰改性

曹沛雨、韩业创*、田中群

厦门大学

纳米碳化物材料表面修饰与改性是调控其物化特性及拓展其功能化应用的关键环节，可有效改善颗粒分散性、表面活性与化学稳定性，并调控电子结构以增强应用性能。传统稳态高温热处理作为主流改性技术，存在固有缺陷：热力学主导过程难以实现反应精准调控，制约新结构开发；持续高温易引发材料熟化、团聚、烧结及相变，导致性能衰减。

针对上述问题，本研究提出多参数协同调控策略，开发了基于焦耳加热原理的脉冲高温退火技术。该技术突破传统热退火局限，成功抑制纳米材料自发熟化/团聚/结构转变，实现零维及二维纳米碳化物表面官能团与包覆层的普适性精准调控，显著提升其在储能与超灵敏检测中的性能。进一步地，本报告将系统阐释压强参数（突破传统温度/时间框架）对二维过渡金属碳化物表面修饰过程的作用机制。

拟交流类型：主题报告

纳米胶体的液相激光制造与光电应用

王洪强*

西北工业大学

在极端条件或环境下，制造微纳极限尺度或极高功能的材料、器件与系统，已成为当代先进制造的重要特征。强脉冲激光与物质相互作用蕴含光热瞬态极端条件并伴随快速凝固过程（ 10^{-6} ~ 10^{-4} 秒），成为亚稳纳米胶体的独特制备途径。本次报告主要汇报课题组近几年在纳米胶体的激光制造、激光植入与光电器件方面取得的研究进展：拓展了亚稳纳米胶体的液相激光制造技术，获得了一系列传统方法难以制备的新型纳米胶体；发展了纳米胶体的激光植入技术，成功将亚稳材料植入能量存储与转化关键材料母体；获得了纳米胶体植入的高效、高稳钙钛矿太阳能电池、光电化学水分解器件，揭示了纳米胶体植入对器件性能的影响规律。

Presenting Type: Invited

Crystal phase control of low-dimensional metal nanomaterials for electrocatalytic applications

Zhanxi Fan（范战西）*

City University of Hong Kong

As a cornerstone supporting the development of modern industry, catalytic technology plays an indispensable role in the synthesis of chemical materials, directional conversion of target (toxic/hazardous) substances, and energy regeneration and utilization. Among them, electrocatalysis has become the core technology for the development of next-generation energy

systems and devices (such as electrochemical carbon dioxide reduction, nitrate reduction, metal-gas batteries, etc) by converting clean electrical energy into chemical energy, which can effectively cope with the increasingly tense global environmental and energy challenges. As a key part of electrocatalysis, the structural design and regulation of catalysts greatly determine the product conversion efficiency and selectivity of the entire system. In this presentation, I will introduce the latest progress of our research group in the crystal phase control of low-dimensional metal nanomaterials and their electrocatalytic applications, mainly including the following three aspects: (1) Template growth of unusual phase metal heteronanostructures; (2) One-pot synthesis of unusual phase alloy nanostructures; (3) Electrocatalytic applications in multi-electron transfer reactions.

拟交流类型：邀请报告

石墨烯激光改性及湿电能源技术研究

程虎虎*

清华大学

报告人长期围绕碳基/高分子基功能材料调控制备，及其与自然水汽相互作用过程的物质传递和能量转化开展系统性研究工作。致力于将地球上不能被直接使用的水汽资源，转化为可被利用的物质（淡水）和能量（电能），期望能够实现自然资源开发利用新的突破。研究发展了水汽诱导的能量转化新机制、非对称性石墨烯及高分子复合功能组装体水汽发电新材料和新器件，实现了水汽能量收集、水汽自供能传感、水汽空气制水等新应用。在 Nat. Nanotechnol.、Nat. Water、Nat. Commun.等发表 SCI 论文 100 余篇。研究成果受到中央人民政府网站、新华社、中国科学报等权威媒体报道，被 Wissenschaft、AdvancedScienceNews、Physicsworld 等专门介绍。

本报告将介绍基于石墨烯激光改性研究的湿电能源材料与器件的研究历程和现状^[1-6]，期望为清洁能源的发展贡献力量。

[1] Nature Communications, 2023, 14, 5702

[2] Nature Communications, 2022, 13, 2524

[3] Nature Communications, 2022, 13, 6819

[4] Nature Nanotechnology, 2021, 16, 811

[5] Nature Communications, 2018, 9, 4166

[6] Advanced Materials, 2014, 26, 2909

拟交流类型：邀请报告

飞秒激光烧蚀超快合成及其应用探索

张东石*

上海交通大学

飞秒激光烧蚀是一种利用超短脉冲激光（1 飞秒= 10^{-15} 秒）与材料相互作用的精密加工技术，脉冲持续时间极短、峰值功率极高以及与材料作用的相爆和库伦爆等独特的机理非常有利于极小尺度（1-10nm）的纳米材料合成，其超快加热和冷却过程还适合亚稳相材料合成。报告人长期致力于飞秒激光微纳加工，将表界面微纳结构制备和纳米材料合成相互结合，探索出了多种比较有趣的物理和实验现象，对超快合成及其应用有了一定的认识，比如飞秒激光原位沉积光学调控^[1]，原位纳米材料减增材工艺^[2]，LIPSS/NPs 复合结构超表面概念^[3]

等。激光液相合成与应用与空气环境相比具有独特的优势，本报告还将对比简述激光液相合成的进展^[4,5]。

[1] R. Liu, D. Zhang, Z. Li, Femtosecond Laser Induced Simultaneous Functional Nanomaterial Synthesis, In Situ Deposition and Hierarchical LIPSS Nanostructuring for Tunable Antireflectance and Iridescence Applications. *J. Mater. Sci. Technol.* 89, 179-185 (2021).

[2] R. Liu, D. Zhang, Z. Li, Femtosecond laser subtractive/additive-integrated biomimetic manufacturing for visible/infrared encryption and stimuli-responsive infrared decryption. *Int. J. Extrem. Manuf.* 7, 045009 (2025).

[3] J. Liao, D. Zhang, Z. Li, Conceptional Pure-Tungsten Metasurfaces Based on Femtosecond Laser Nanomanufacturing. *Engineering*, 10.1016/j.eng.2024.1006.1018 (2024).

[4] D. Zhang, B. Gökce, S. Barcikowski, Laser Synthesis and Processing of Colloids: Fundamentals and Applications. *Chem. Rev.* 117, 3990-4103 (2017).

[5] T. Li, R. Tang, L. Xu, J. Tao, G. He, Z. Li, D. Zhang, Femtosecond Laser Ablation of High-Entropy Ceramics $\text{RE}_2(\text{Ce}_{0.2}\text{Zr}_{0.2}\text{Hf}_{0.2}\text{Sn}_{0.2}\text{Ti}_{0.2})_2\text{O}_7$ (RE = Sm, Eu, Er) in Liquid for Colloid Synthesis. *The Journal of Physical Chemistry C* 129, 3707–3720 (2025).

拟交流类型：邀请报告

金属间化合物的超快合成及其电催化性能研究

蒲宗华*、刘婷婷、陈晨、刘玉玉、林如婷

福建师范大学

推动氢能的规模化应用是实现“碳达峰”和“碳中和”目标的关键路径，而开发廉价、高效的催化剂是降低水电解制氢能耗的核心挑战。我们长期致力于铂族金属间化合物的设计合成及其在析氢反应（HER）中的催化性能调控研究，在提升铂族材料催化效率的同时显著降低贵金属用量。近期，我们利用超快焦耳热技术，实现了铂族金属-硼、硅、磷（ $\text{IrB}_{1.15}$ 、 PtSi 、 RuP_2 等）系列金属间化合物的超快、可控构筑及电催化应用。这些金属间硅化物、硼化物、磷化物通常可在 60 秒内高效合成，且所制备的材料通常展现出超越商用 Pt/C 催化剂的优异性能。如金属间化合物 PtSi 在 10 mA cm^{-2} 电流密度下仅需 14 mV 的 HER 催化反应过电位。结合原位表征和理论模拟等实验与计算方法，我们进一步揭示了这些材料的构效关系。这些研究为铂族金属间化物的超快合成及其催化应用开辟了新途径。

拟交流类型：邀请报告

超快激光构建芯片式超低阻抗电化学滤波电容

吴明懋*

福州大学

高性能滤波电容器是电子电路中必不可少的的元器件，在未来柔性以及微型电路等领域中有着不可替代的巨大作用。但目前我国高端的电容依然依赖进口，科技日报评价高端电容的开发是我国三十五项典型的“卡脖子”难题。现有的滤波电容器，如电解电容等，虽然在介电电容中具有较高的电容量，但是如果考虑其容量体积比则越来越不具有优势，大部分的滤波电容在电路中的体积占比常超过 30%，这已经成为了后摩尔时代微型化电路发展的制约因素。

电化学滤波电容器的比容量较传统滤波电容(介电电容)高 3 个数量级，被认为是下一代高性能滤波电容器的发展方向。但在实际的研究中发现电化学滤波电容器离子迁移动力学缓

慢, 往往难以同时满足高容量存储和高频率响应滤波需求, 率先实现电化学滤波电容的工作是美国的 Miller 教授, 他利用 CVD 方法生长了垂直的石墨烯结构, 改善了电极的孔道结构, 从而促进了离子的传输, 此后大部分的工作都是围绕电极的孔结构设计开展。然而, 开发高比容量的小型化电化学滤波电容仍然面临巨大挑战。本文围绕电化学滤波电容的离子迁移/传输原理, 利用超快飞秒激光技术制备技术, 开发了超窄沟槽的电化学滤波电容, 实现了局域电场增强, 成功进一步将比容量提升了一倍, 为下一步开发高性能电化学滤波电容提供了理论指导。

[1] Hu, Y.[#]; Wu, M.[#]; Chi, F.; Lai, G.; Li, P.; He, W.; Lu, B.; Weng, C.; Lin, J.; Chen, F.; Cheng, H.; Liu, F.; Jiang, L.; Qu, L.^{*} Nature. 2023, 624(7990): 74-79.

拟交流类型: 邀请报告

催化剂多尺度电化学行为的超快合成调控机制研究

常彬^{1,2}、张华彬²、周伟家^{*1}

1. 济南大学

2. 阿卜杜拉国王科技大学

在能源催化领域, 如何借助超快合成技术(激光微纳合成、冰淬快速合成、电化学快速合成)精准调控催化材料的电子结构与界面微环境, 以突破电化学固氮中 $\text{N}\equiv\text{N}$ 键活化能垒高、质子交换膜电解中阳极析氧反应动力学迟缓、碱性水分解中电极-电解质界面双电层结构优化不足等关键科学问题, 成为制约清洁能源技术规模化应用的核心挑战。前期研究表明: 激光微纳合成通过在贵金属-碳化钼表面构建路易斯酸位点并模拟 π 电子反馈行为, 显著降低 $\text{N}\equiv\text{N}$ 键断裂热力学能垒; 熔融盐冰淬快速合成将电容性 Mn 引入 IrO_2 , 利用偏压触发动态氧化还原反应诱导表面电荷积累, 加速析氧动力学; 电化学快速合成在镍钼酸盐表面动态构建外延氢氧化物层, 通过优化双电层结构增强局部电场对水合离子的调控。这些研究均通过超快合成手段动态构建活性位点与界面结构, 揭示了电荷积累、 π 电子反馈、双电层调控等机制对催化动力学的提升作用, 为破解能源催化中反应动力学瓶颈、实现高效氮固定与水分解等能源转化过程提供了“精准结构调控-界面微环境优化-催化性能提升”的共性科学思路。

拟交流类型: 邀请报告

激光制备富含缺陷的纳米材料及其电催化性能研究

冯意*

重庆师范大学

高能激光束辐照金属表面时, 金属会瞬时气化乃至等离子体化, 随后在周围介质作用下发生形核与生长。激光所创造的瞬时高温高压等极端环境, 能够诱导气化或等离子化的金属粒子爆发性多点形核, 并因相互碰撞而脱离晶体生长的平衡位置。同时, 液相介质的快速淬火冷却作用抑制了金属原子向平衡位置迁移, 从而在金属纳米材料中产生大量的晶体缺陷。基于此高能激光诱导晶体非平衡生长的机制, 报告人制备了富含缺陷的金属基纳米材料, 并研究了缺陷结构对电催化能源转换性能的提升作用, 在原子尺度探究了缺陷对金属基纳米材料的晶体结构、电子结构以及电催化性能的影响机制。

拟交流类型：口头报告

基于四氧化三铁光热增强的飞秒激光超快液下烧结氧化锆陶瓷

徐陆润、何国*

上海交通大学

本研究创新性地提出了一种光热增强液下飞秒激光烧结技术 (PE-UL-FLS)，实现了难加工氧化锆陶瓷的超快烧结。采用 3mol% 钇稳定四方氧化锆 (3Y-TZP) 纳米粉体作为基体材料，引入不同浓度 (2-10wt%) 的 Fe_3O_4 纳米颗粒作为多功能掺杂剂，在乙醇液相环境中对预处理温度为 600-1000 °C 的样品进行飞秒激光加工。结合扫描电镜、透射电镜、X 射线衍射及能谱分析等表征方法研究了材料的微观结构和相组成变化，通过纳米压痕测试和原子力显微镜力学表征技术对烧结层的力学性能进行了评估。研究结果表明， Fe_3O_4 掺杂显著提升了 3Y-TZP 在 1030nm 激光波长处的光吸收能力，反射率从纯 3Y-TZP 的 99% 降至 10wt% 掺杂时的 45%，实现了从冷烧蚀到热烧结的转变，烧结层厚度随预处理温度升高从 500nm 增至 2 μm ；诱导了单斜相到四方相 ZrO_2 的相转变，四方相含量从 84.45% 提升至 96.23%；形成了底部向上的梯度晶粒尺寸分布 (80-800nm) 和高长径比 (约 15: 1) 的各向异性晶粒结构；Fe 离子在烧结过程中发生分离和晶界偏析，表面烧结层主要由四方相 ZrO_2 晶粒组成。力学性能测试的结果显示，PE-UL-FLS 处理后样品的硬度从 0.81GPa 提升至 3.95GPa，在微观尺度上，其力学性能优于传统烧结制备的氧化锆陶瓷。本研究建立了液相环境下难熔陶瓷超快激光烧结的新方法，为制备具有梯度微结构和各向异性晶粒的高性能氧化锆陶瓷提供了新途径，展示了光热调控液下飞秒激光增材制造在亚稳相工程和微结构设计方面的独特优势。

拟交流类型：主题报告

原子级纳米电催化：材料设计和器件

Hongjin Fan*

Nanyang Technological University

Rechargeable aqueous batteries are being widely studied for their potential application in static energy storage as a high-safety alternative to the current lithium based batteries. The key challenges are relatively low energy density due to limited thermodynamic voltage window and short cycle life due to metal anode instability. Despite the tremendous progress in fundamental understanding and battery performance, mitigating the formidable challenges of metal dendrites, corrosion, and electrolyte's stability is still the holy grail. In this talk, I will focus on aqueous Zn batteries and discuss the strategies for stabilizing Zn anode and conversion-type cathode materials (such as iodine and sulfur). This is achieved primarily by multimodal electrolyte architecting. I will also showcase our recent results on other aqueous batteries.

拟交流类型：邀请报告

高熵纳米碳化物的热脉冲合成和电催化应用

刘锴*

清华大学

纳米碳化物具有优异的力学性能和很强的抗氧化/耐腐蚀性，在航空航天、工业制造、能量存储和转换等领域有着广泛的应用前景。高熵结构能够极大地提升纳米材料的性能，并实现新的功能。尽管高熵纳米合金和高熵纳米陶瓷的制备得到了很快的发展，但高熵纳米碳化物的控制合成仍然面临着巨大挑战。我们通过碳纳米管薄膜焦耳热脉冲方法诱导原位反应，

实现了最高可包含 20 余种金属元素的高熵纳米碳化物的合成。由于纳米级尺寸和丰富的活性位点，这些高熵纳米碳化物表现出多元素协同效应和增强的电催化活性。特别是，5 元高熵纳米碳化物可以在超大电流密度下具有非常稳定的电解水析氢反应活性，也可以表现出很高的醇氧化质量活性。我们的工作为高熵纳米碳化物的普适性合成提供了新的研究思路。

[1] C. Li, J. Li*, K. Liu*, et al. Nature Synthesis, in press.

[2] C. Li, Y. Sun*, J. Li*, K. Liu*, et al. Nature Communications, 13, 3338 (2022).

拟交流类型：邀请报告

高能量密度动力电池关键材料与界面机制研究

崔鑫炜*

郑州大学

动力电池正往高能量密度和高安全性发展，本报告从超高镍正极-电解液界面结构调控、单壁碳纳米管与亚硅负极界面原位重构、锂金属负极界面保护新策略出发，研究了高比能动力电池内部各界面调控的原理，着重强调了正负极材料内部限域结构调控新方法，并获得了高比能、高倍率以及优异循环性能的高比能动力电池材料新体系，相关研究对于高比能动力电池系统的开发与实际应用具有重要的指导意义。

拟交流类型：邀请报告

高安全锂电池关键材料的功能设计合成及应用研究

王嘉楠

西安交通大学

以电化学储能电池为动力核心的能源存储技术近年来已广泛普及并呈现井喷式发展趋势。虽然电化学储能电池（锂/钠离子电池等）的商业化应用已有效实现了低碳、节能、环保等诸多良性社会效果，但随着不断提高的电池能量密度需求，现有锂离子电池体系的安全问题也日渐凸显，因此设计合成新型的高安全锂电池关键材料及技术对于推动未来高性能电化学储能电池快速发展至关重要。报告人近年来致力于解决当前锂电池长续航能力与高安全性难以兼顾的行业难题，在电池“材料、器件和监测”不同层面开展了系统性研究。采用焦耳电加热、等离子体、物理/化学沉积改性等高效技术手段，设计合成了多种锂电池关键功能材料，并研究了其不同在不同电池体系及电池热失控监测领域的构效机制原理及实际应用性能，有助于推动高安全型锂电池技术的快速发展。

拟交流类型：邀请报告

全固态锂离子电池复合正极的火焰直接合成实验与模拟研究

李世龙, 罗俊潇, 孙梓宸, 王君雷, 毕芳睿, 王昆*

天津大学

复合正极是突破高阻抗瓶颈、实现全固态锂电池产业化的关键。传统方法基于分步策略合成复合正极，面临固态电解质相和正极活性相分散不均、溶剂副反应的两相混合难题。本研究利用火焰场高温反应和快速冷却的独特优势，提出基于热力学分相的火焰合成法，直接从多元素混合前驱液中一步得到复合正极前驱体，快速制备锂镧锆氧-钴酸锂（LLZO-LCO）复合正极，从根源避免两相混合问题。

具体地，开展 Li-La-Zr-Co 多元素混合前驱体的火焰合成实验，通过火焰场温度窗口筛

选初始目标相，实现了多元素混合前驱体中 LLZO 和 LCO 前驱体的同步成核，作为固态电解质与正极活性材料两相的结晶起点；第一性原理分子动力学（AIMD）模拟显示，锂元素因其高反应活性和快扩散速率，率先、分别与其他金属形成锂-金属氧化物簇，这些混合金属氧化物簇既是 LLZO 和 LCO 前驱体的成核结果，又是后续 LLZO 和 LCO 的结晶起点；经过短时退火（1 小时），这些锂-金属氧化物簇最后成长为完整的 LLZO 和 LCO，XRD 图谱显示两相成功生成、物相结构清晰，SEM-EDS 能谱证明了两相界限明显，且 LLZO 构成了三维锂离子传输通道。

火焰合成实验与 AIMD 模拟揭示了锂元素在多元素体系中促进目标两相成功分相的关键作用，火焰初始阶段成核的 Li-Co 簇为 LCO 相生成提供了基础，Li-La 簇和 Li-Zr 簇的成核是 LLZO 相生成的前提。本论文展示了基于多元素混合前驱液的火焰合成法实现 LLZO 和 LCO 两相的同步生成，直接制备 LLZO-LCO 复合正极的可能，借助火焰合成超快、可扩展的优势，有望实现全固态锂离子电池复合正极的高效制备。

拟交流类型：口头报告

甲烷热解炭黑超快焦耳加热改性及其在超级电容器中的应用

何贵楠*

华东理工大学

甲烷热解炭黑作为一种用于制氢过程中的副产物，具有成为替代导电材料的潜力。本研究利用超快速焦耳加热技术对甲烷热解炭黑进行改性处理，并制备适用于超级电容器电极材料的纳米颗粒。研究过程中结合了密度泛函理论（Density Functional Theory, DFT）、结构表征以及电化学性能分析等手段。随着温度的升高，改性样品的碳结构与孔隙结构呈现出显著的演变规律，表明其结构得到了有效优化。改性后的炭黑纳米颗粒石墨化程度显著提高，颗粒形貌从初始的光滑表面逐渐转变为无序结构的去除、孔隙的形成以及石墨晶体的生长。通过能带结构和态密度分析可知，经过改性且无缺陷的炭黑展现出金属特性，具有优异的电导率。在 2000℃时，炭黑纳米颗粒的电导率可达 2300 S/m。基于有序与无序结构演变的临界点，确定了约 1576℃为初始石墨化的温度节点。此外，改性后的炭黑在超级电容器中展现出稳定的充放电特性，在 2 A/g 的电流密度下电容保持率高达 95.69%，在 20 A/g 的高电流密度下电容保持率仍可达 81.69%。

拟交流类型：口头报告

火焰喷雾热解合成高镍三元正极材料：一步实现未转化硝酸锂的双功能协同促进作用

王君雷、李金字、李世龙、徐运飞、王昆*

天津大学先进内燃动力全国重点实验室

硝酸锂因其低熔点与强氧化性，可作为助熔剂与协同锂源，在煅烧过程中有效促进高镍三元正极材料初级颗粒的生长。然而，目前广泛采用的共沉淀法合成前驱体后，通常需与硝酸锂等锂源进行机械混合再煅烧处理，存在合成周期长、效率低以及混合不均匀等问题。为解决上述问题，本研究采用火焰喷雾热解法为实验手段，以 $\text{LiNO}_3:\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}:\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}:\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} = 1.1:0.8:0.1:0.1$ 的水溶液为原料，成功实现了一步合成同时含有硝酸锂和碳酸锂的 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$ (NCM811) 高镍三元正极材料的前驱体。利用硝酸锂（约 660℃）的热解温度显著高于镍钴锰硝酸盐（<300℃）的特点，本研究分别设置了高温与低温两种合成工况。在高温工况下，火焰轴线最高温度可达 1180℃，远高于硝酸锂与镍钴锰硝酸盐的热解温度，确保所有硝酸盐完全热解与转化；而

在低温工况下, 轴线最高温度为 665 °C, 仅使镍钴锰硝酸盐完全热解, 而硝酸锂部分分解, 从而在前驱体中保留了部分未分解的硝酸锂。实验结果表明, 高温工况下合成的前驱体中出现碳酸锂和镍钴锰氧化物的特征峰, 而低温工况下则同时存在碳酸锂、硝酸锂和镍钴锰氧化物的特征峰。在形貌方面, 高温工况下前驱体中空颗粒较少, 主要通过气相转化路径形成; 而低温工况下前驱体表现出大量中空结构, 主要以液相路径生成。并且在低温工况下的前驱体中锂损失更少。进一步煅烧后获得的 NCM811 高镍三元正极材料, 低温工况下制备的 NCM811 具有更大的初级颗粒尺寸、更优的层状结构以及更低的锂镍混排程度。电化学性能测试结果显示, 高低温工况下制备的 NCM811 的初始放电比容量分别为 189.7 和 190.6 mAh/g。在 0.33 C 电流密度下, 经过 100 次循环后, 低温 NCM811 的容量保持率为 86.4%, 显著高于高温工况下制备的 79.6%。在 5 C 下, 低温 NCM811 的放电比容量为 115.4 mAh/g 也明显优于高温工况的 92.2 mAh/g。这表明, 在初始放电比容量接近的情况下, 低温工况制备的 NCM811 初级颗粒尺寸增大有助于在循环过程中维持正极材料的结构稳定性, 同时保持较高的倍率性能。综上所述, 本研究提出了一种基于火焰喷雾热解法的一步法工艺, 通过调控合成温度, 实现对前驱体中锂源种类与颗粒结构的精准控制, 从而有效提升 NCM811 高镍三元正极材料的电化学性能。该方法为高性能锂离子电池高镍三元正极材料的快速、高效制备提供了新思路。

拟交流类型: 邀请报告

碳载(亚)纳米金属催化材料的超快合成

费慧龙*

湖南大学

瞬时热解技术可用于合成或创造常规反应条件难以获得的新物质、新材料、新结构、新物态, 实现新的功能特性, 极大拓展物质科学的研究空间, 为合成化学和新材料创制提供新的机遇。本报告将介绍瞬时热解技术在碳负载原子/纳米金属能源材料制备中的应用: (1) 利用微波加热、焦耳热、光热等瞬时热解技术, 实现了碳负载单原子催化剂的普适性与高效简便制备; (2) 利用微波加热技术, 制备了具有碳包覆层的晶体/非晶异质结金属催化剂, 研究了异质结结构对电解水析氧反应的催化活性提升作用以及碳包覆结构对稳定性的提升作用; (3) 发展了基于喷雾热解技术的超细高熵合金的连续流动合成方法, 提出了“水碳热”还原机理, 验证了该合成方法的普适性, 探索了其在氧还原反应与析氢反应中的催化应用。

拟交流类型: 邀请报告

高温热冲击: 焦耳热驱动超快合成, 亚稳态加速材料研发

陈亚楠*

天津大学

课题组多年来瞄准双碳重大战略目标, 以清洁能源重大需求为牵引, 重点研究先进能源存储与转换过程中的关键能源化学, 材料, 器件及系统。报告主要介绍课题组高温热冲击技术的研发历程, 亚稳态微纳材料结构调控, 及其在新能源和交叉科学方面的应用研究。通过大幅度调控材料合成过程的相变速率, 精准调控亚稳态新材料结构, 揭示亚稳态新结构与电化学性能的构效关系, 提出了亚稳态材料的设计原则。将超快合成技术和人工智能技术深度融合, 进一步大大加速了新材料的研发进程。

拟交流类型：邀请报告

高熵掺杂实现高性能层状无钴正极材料

张锐*

天津大学

随着全球原材料价格尤其是钴价格的持续上涨，锂离子电池的生产成本显著增加，开发低成本、可持续且综合性能优异的正极材料成为了研究重点。其中以 $\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{O}_2$ 为代表的层状无钴材料由于较好的安全性、循环性能以及较低的成本受到了广泛关注。然而当前层状无钴材料的综合性能难以满足实际需求，对该类材料的失效过程、微观结构的演化等关键问题也缺乏清晰地认知。针对不同无钴材料循环性差的难题，提出了“高熵掺杂”效应，有效的改善了不同镍含量层状无钴材料的循环、结构稳定性，并且深入研究了其改善机制和拓展性。

拟交流类型：邀请报告

非贵金属基催化剂的活性位微环境调控及电催化性能研究

韩磊*

湖南大学

质子交换膜燃料电池具有操作温度低、启动速度快等优点，是一种环保、高效与高功率密度的发电方式。然而，关键材料的成本和耐久性是目前燃料电池实现商业化的主要瓶颈。目前燃料电池中常用的商用催化剂是 Pt/C ，但其高的成本和耐久性问题限制了其实际应用。汇报人面向燃料电池的关键电极材料需求，通过双金属单原子活性中心、金属簇/单原子活性中心、单原子活性中心的配位环境调控等策略，设计合成系列过渡金属单原子氧还原催化剂，并结合谱学表征技术和理论模拟计算，实现对催化活性位结构的解析，从而为研发高性能的非贵金属燃料电池电极材料提供了实验依据和理论指导。

拟交流类型：邀请报告

一体化电极的液相焦耳热快速构筑与性能研究

黄凯*

北京邮电大学

高性能催化电极的高效、可控构建始终是电解水制氢领域亟待解决的核心问题。针对这一挑战，本报告以“液相焦耳热快速构建多尺度耦合的一体化电极”为主线，系统设计并开发了一系列电极构建与调控策略，并创新性地将其与卷对卷连续化制备技术相结合，提出了一种面向规模化生产的电极制备新范式。首先我们系统探究了程控焦耳热过程中工艺参数对一体化电极结构和性能的作用机制，实现了快速可编程焦耳热处理对超细纳米结构的尺寸调控。基于此，我们在焦耳热过程中引入液相环境，以液体介质的热缓冲效应将体系温度稳定在镍基底耐受范围内，并利用焦耳加热的集中和瞬时的特性促使催化剂层与基底层之间产生类似“热焊接”的耦合效应，实现了焦耳加热与碱性电解体系的有效兼容。基于液相焦耳热构建的析氢电极 Pt@NiO-Ni 仅需 100 mV 过电位即可实现 5000 mA cm^{-2} 的电流密度，并在 1000 mA cm^{-2} 的耐久性测试中表现出优异的稳定性。在此基础上，我们利用液相环境对电极结构的保护作用，设计了纯水体系中的循环焦耳热策略，实现了异质界面电子结构的可控调制，并在活性中心与基底间建立了强电子耦合的界面结构。基于该调制策略构建的 $\text{DEM-IrO}_2\text{@Co(OH)}_2\text{-NF}$ 析氧电极，在 1000 mA cm^{-2} 高电流密度工况下连续稳定运行超过 1000 h。更进一步的，我们首次将卷对卷连续化制备平台与液相焦耳热快速合成技术相结合，开发了一种高通量、低能耗的“卷对卷焦耳热”电极规模化制备新策略。基于该制氢电极策略

组建的碱性电解槽仅需 1.66 V 即可实现 0.5 A cm^{-2} 的电流密度，并在 800 h 的长期稳定性测试中表现优异。本报告展示了超快合成技术在能源电极材料领域的应用潜力，为高效、低碳氢能制备体系的产业化落地奠定了坚实基础。

拟交流类型：邀请报告

水系储能器件关键电极材料设计构筑及储能性能研究

谭华^{*}，周伟家

济南大学

能源材料作为实现能量存贮的主要载体，是当前提高储能器件性能指标的关键影响因素。为进一步提高储能器件的能量密度、功率密度和循环寿命，新一代储能材料必须以容量输出能力、倍率性能以及循环稳定性为突破目标。因此，设计开发合适的储能材料、构筑合理高效的电池体系是当前储能领域的核心科学问题。针对上述科学问题重点围绕微/纳材料结构设计、电子结构调控以及多维荷/质传输通道构建等关键科学因素的调控进行研究，以促进储能活性位点容量输出能力及电解质离子快速反应动力学过程，并将其应用于安全、高效的水系储能器件领域。首先利用 N 元素钉扎富氧空位 (Ov) 层状 MnO_2 耦合金属离子 Mo^{6+} 钉扎层间双重耦合效应与强配位作用在层状 MnO_2 中实现缺陷掺杂联锁网络。证实该耦合钉扎策略可有效调控其电子结构，提升层状 MnO_2 结构稳定抑制其 Jahn-Teller 畸变效应，并促进其荷/质传输动力学过程。获得了长循环寿命下兼具高比容量的水系锌离子电场层状 MnO_2 基正极材料。提高 MnO_2 本征导电性与结构稳定性。加速离子存储过程中快速动力学反应过程，抑制电极材料相变过程对储能活性位点离子存储效率的影响。其次，针对水系锌基储能器件锌负极材料在可逆剥离/沉积过程中界面能分布位点不均引起的锌枝晶形成及析氢等副反应，借助激光等离子体效应构筑三维锌外延生长基底，促进锌在剥离/沉积过程中均匀形核位点，抑制锌枝晶的形成及锌自腐蚀。并将上述微纳电极材料应用于水系储能器件，同时，通过将电化学性能测试与同步辐射 (EXAFS)、原位表征、理论计算相结合，阐明微纳材料在储能器件中的反应机理、储能位点及其与储能器件的构效关系。

拟交流类型：口头报告

多场调控形成的高负载单原子材料实现高能量密度无负极钠电池

赵思、洪振生^{*}

福建师范大学物理与能源学院

钠金属负极凭借其超高的理论比容量 (1166 mAh/g) 和低氧化还原电位 (-2.71 V vs. SHE)，被视为实现下一代高能量密度电池的理想负极材料。然而，在反复沉积/剥离过程中，钠金属负极面临着枝晶不可控生长、界面副反应加剧以及由此引发的容量快速衰减、电池短路等问题，阻碍了其实际应用。调控钠金属沉积行为是解决上述问题的关键策略之一。通过引入亲钠金属添加剂 (如 Au、Mg、Zn、Sn、Sb 等) 可诱导异相成核，抑制枝晶形成。然而，传统金属添加剂在电沉积前可能因吸附、不可逆合金化等反应消耗活性钠，且合金化-去合金化过程伴随显著体积膨胀，这些问题尚未得到充分关注。近年来，单原子材料 (SAMs) 因其原子级分散的活性位点、均匀的离子/电荷分布及独特的电子结构，为金属负极调控提供了新思路。SAMs 可通过位点特异性化学反应捕获金属离子，实现均匀沉积，并缓解体积波动。但 SAMs 在钠金属电池中的应用仍面临两大挑战：一是现有方法难以实现高负载量且分散良好的单原子合成；二是其电化学机制 (如原子尺度合金化反应及沉积调控机理) 尚不明确。针对这一挑战，我们创新性地开发了多场调控合成 (MRS) 技术，通过电-热-压力

场协同作用在 5 分钟内快速合成出负载量高达 15 wt% 的单原子锑 (SbSA) 和 24.7 wt% 的单原子锌 (ZnSA), 突破了传统方法难以实现高负载单原子材料的限制。我们将这些高负载单原子材料作为超薄涂层 (厚度仅 2~3um) 修饰在集流体上, 实现了无负极的高能量密度钠电池。这些原子级分散的活性位点不仅能有效调控钠离子通量、降低成核势垒, 还通过可逆的原子尺度合金化反应显著缓解体积膨胀。该研究不仅为高负载单原子材料的快速制备提供了新范式, 更深入揭示了原子尺度调控金属沉积的机制, 为开发高安全、高能量密度的钠金属电池开辟了新途径。

拟交流类型: 口头报告

焦油闪蒸焦耳热制备磁性石墨烯吸附材料新材料

时苏雅*

南京师范大学

生物质作为全球第四大能源, 每年焦油产量巨大, 其处理方式多为直接排放或简单焚烧, 不仅浪费资源, 还会加剧环境污染, 对人体健康、水质、土壤等造成不可逆损伤。同时生物质能作为重要的可再生能源, 传统处理方式更是对高热值、高含碳量资源的巨大浪费。作为生物质资源利用中不可避免衍生的废弃物, 亟需开发其高值化利用技术及途径。

本课题提出一种基于闪蒸焦耳热法的生物质焦油资源化新技术, 旨在将焦油转化为高价值的磁性石墨烯材料。新工艺为: 将焦油与 FeCl_3 、 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2/\text{Na}_2\text{EDTA}$ 按比例混合于管式炉 800°C 改性, 通过闪蒸焦耳热瞬间加热至 2600°C , 在毫秒级时间内将焦油转化为高质量石墨烯。通过改性增强材料的吸附性能并提升碳产率, 同时构筑磁性碳骨架完成对材料的回收, 降低制备能耗提升经济价值。闪蒸焦耳热技术利用高压放电直接作用于物料, 利用焦耳热效应实现物料自发热, 避免了传统加热方式中的能量损失, 从而大幅降低能耗, 达到毫秒级超快合成高价值石墨烯材料的目的。通过 Fe 和 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2/\text{Na}_2\text{EDTA}$ 复合改性体系精准调控碳层重构。在热解过程中, 改性剂与焦油芳香烃组分形成配位结构, 诱导碳原子有序排列, 成功制备出少层及单层磁性石墨烯, 具有较高的市场价值。这一技术不仅实现工业废料的资源升级, 更开辟了生物质衍生材料在新能源、催化等领域的应用空间。

为解决传统石墨烯回收难题, 本课题通过原位嵌入磁性纳米颗粒, 构建磁响应性表面。改性后的磁性石墨烯其特有的氮掺杂缺陷位点增强对 Pb^{2+} 的配位能力。在外加磁场作用下, 10 秒内即可实现材料高效回收, 实现“高效治理—经济回收”的双重目标。改性后的磁性石墨烯不仅能够高效吸附水环境中的重金属离子 (如铅、镉、铬等), 还因其磁性特性可实现材料的快速回收和多次循环使用, 显著提升了其应用价值和经济性。这一设计思路为生物质焦油的高值化利用和环境保护提供了创新解决方案。

拟交流类型: 邀请报告

晶格畸变增强高熵硼化物陶瓷电磁吸波性能

褚衍辉*

华南理工大学

无线电磁波通信技术和电子设备为我们的日常生活带来了极大便利的同时, 也造成了电磁辐射和电磁干扰等问题。解决上述问题最有效的方法是开发具有“薄、轻、宽、强”特性的先进吸波剂。对于吸收剂而言, 结构设计至关重要, 通常可以跨越微米、纳米和原子三个尺度。通过构筑异质或复相结构等微纳尺度设计的相关工作已大量开展, 但通过原子尺度缺陷设计实现材料高效吸波却鲜有报道。高熵陶瓷中严重晶格畸变通常会诱发多种类型的原子

尺度缺陷，这为通过调控晶格畸变实现高性能单相吸波剂的开发提供了可能。因此，我们提出一种基于晶格畸变调控高熵硼化物电磁吸波性能的新策略，即通过晶格畸变调控金属空位浓度和局域化学有序度，并利用空位诱导产生的电导损耗和偶极极化损耗，以及局域化学有序诱导产生的界面极化损耗，使高熵硼化物吸波剂在 1.5 mm 的厚度下实现了 7.2 GHz 的吸波带宽。

拟交流类型：邀请报告

面向能源小分子催化转化的限域电催化材料

张震*

西北工业大学

能源小分子催化转化是重要的可再生能源利用途径，限域电催化材料在能源小分子催化转化中具有关键作用，能够有效调控相互耦合的物质传递和电荷转移过程以及催化表界面微环境，实现高效、稳定、选择性的物质转化与能量传递，为构筑高性能电催化材料提供了范式。然而，限域电催化材料所面临的关键难题包括难设计既能提供坚固稳定限域环境又能促进电荷与物质传输的限域载体、难调控限域空间局域催化环境、难构筑原子尺度限域催化活性中心。针对上述问题，报告人围绕功能限域载体、多级限域结构、原子级限域活性中心三方面展开了创新性研究：（1）创制了导电沸石分子筛电催化剂载体，发展了载体动态调控限域金属结构新策略，实现了限域载体对催化性能动态调制；（2）提出了新型纳米限域双金属结构构筑方法，实现了纳米孔内局域微环境精准调控，解决了催化活性、稳定性和选择性难以兼顾问题；（3）构筑了原子尺度限域催化活性区，建立了限域活性区内多位点精准协同调控新方法，突破了限域空间内孤立位点活性不足的瓶颈。

- [1] Z. Zhang, et al., J. Am. Chem. Soc. 2024, 146(9): 6397-6407.
- [2] Z. Zhang, et al., J. Am. Chem. Soc. 2021, 143(18): 6855-6864.
- [3] Z. Zhang*, et al., Adv. Mater. 2024, 36(39): 2407266.
- [4] Z. Zhang, et al., Adv. Mater. 2022, 34(29): 2201547.
- [5] L. Zhao, Z. Zhang*, et al., Angew. Chem. Int. Ed. 2024, 63(20): e202402657.
- [6] Z. Zhang, et al., Matter 2022, 3(3): 920-934.
- [7] Z. Zhang, et al., Sci. Bull. 2024, 69(2): 197-208.
- [8] A. Mamaghani, Z. Zhang*, et al., Adv. Energy Mater. 2024, 14(39): 2402278.
- [9] Z. Zhang, et al., ACS Nano 2019, 13(6): 7062-7072.
- [10] Z. Zhang, et al., ACS Catal. 2022, 12(24): 15218-15229.

拟交流类型：邀请报告

氢能电化学制取与应用关键材料设计开发

韩云虎*

南京邮电大学

氢氧燃料电池（HOFCs）被认为是新兴的“绿氢”经济的基石技术，可以实现从氢到电的转化。虽然质子交换膜燃料电池（PEMFCs）作为 HOFCs 的成员之一，在过去十年中已被用于氢动力汽车，其中一个非常关键的问题是 CO 等杂质气体导致的催化剂中毒，现阶段，氢气主要来源于天然气和甲醇等碳氢化合物的水蒸汽重整、水煤气变换反应等，CO 通常占氢燃料的 1%。因此开发低成本和高效的抗 CO 中毒的氢氧化反应（HOR）催化剂显得十分必要。目前，PGMs 基催化剂是 HOR 的最佳选择，但 PGMs 的低储量和低利用率严重

限制了其广泛应用。此外，PGM 基催化剂的表面容易受到微量 CO（10 ppm）的毒化。因此，如果可以大大提高 PGM 基催化剂对 HOFCs 中的 CO 的耐受性，就可以减轻对高纯氢的需求。

本报告从两个方面阐述作者的研究兴趣：首先，我们采用了一种含有预制的钴原子的氮掺杂多孔碳框架固定铂原子，钴原子调控铂原子电子结构，获得全 pH 下高 HOR 活性和耐久性的铂钴双单原子催化剂^[1]。此外，我们采用空间限域策略构筑了多尺度活性位点，获得近原子尺度的 PtEr 合金团簇和原子级分散的 Pt/Er 位点的双功能催化剂，该催化剂中 Er 原子的掺杂调节了活性中心电子结构，使得该催化剂在 HOR 和 HER 反应都有非常优异的活性和稳定性，在作为质子交换膜电解槽阴极和燃料电池阳极具有较大应用潜力^[2]。综上，我们提出同时调制活性中心微观环境来调节催化剂活性中心电子结构的策略，极大的优化了催化剂的性能的策略^[3-6]。

[1] G. Chen, Y. Han,* and W. Huang*, et al, J. Am. Chem. Soc. 2023, 145, 22069-22078.

[2] G. Chen, Ziyun Wang*, and Yunhu Han*, et al, Angew. Chem. Int. Ed. 2024, 10.1002/anie.202411603.

[3] Z. Cui, Tao Gan,* Ziyun Wang,* and Yunhu Han*, et al, Angew. Chem. Int. Ed. 2024, 63, e202404761.

拟交流类型：邀请报告

机械加工策略宏量制备高性能电催化剂

尹鹏飞*

天津大学

在当前贵金属资源紧缺和成本高企的背景下，开发高性能、低成本的非贵金属催化剂并实现其宏量制备，已成为氢能产业发展的核心挑战之一。本报告聚焦于机械加工主导的物理法制备策略，系统展示了通过车削加工等方法构筑 Ni、Fe、Cu 等金属的洁净密排面，从而获得优异的析氢反应（HER）催化活性。此外，提出了机械-化学耦合策略，在温和条件下构建氧掺杂的非晶铜催化剂，实现从惰性铜到高效 HER 催化剂的转变。进一步发展了机械-电化学耦合工艺，在不固溶体系中实现原子层面合金构筑，并创新性设计脉冲电解技术，制备出表面吸附单原子的金属团簇结构，显著提升了 ORR 活性。本研究不仅提出了高效绿色的催化剂制备路径，还实现了材料加工废料的高值转化，推动氢能催化材料从实验室走向规模化应用。

拟交流类型：邀请报告

双功能分子修饰银催化剂的电还原二氧化碳性能研究

王晶晶

河北工业大学

电催化 CO₂ 还原（CO₂RR）因能在温和条件下高效转化 CO₂ 为高附加值化学品而备受关注。目前，对金属基 CO₂RR 催化剂的表面特性调控已成为当前研究的热点。功能分子修饰是催化剂表面调控的有效策略，具有稳定、可控和普适性特点。其通过吸附特定官能团分子实现表面改性，通常在常温下完成，且仅影响催化剂表层结构。该策略对金属活性材料结构依赖性低，可同步调控电子结构、优化反应界面、增强稳定性并赋予新功能，在工业条件 CO₂RR 中展现出巨大的应用潜力。但是已报导的分子调控工作，大部分只研究单一分子修饰，双分子或多分子共修饰的研究还鲜有报导，且其协同作用机制不清。

针对以上问题,我们采用氨基硅烷和氟基硅烷双分子共修饰 Ag 纳米颗粒,制备出一种新型疏水亲气核壳结构的催化剂: Ag-F-NH₂。与纯银催化剂及单一分子修饰催化剂相比, Ag-F-NH₂ 催化剂表现出更高的活性及选择性,并在 -0.8 V (vs. RHE) 电位下即可达到 98% 的 CO 法拉第效率(FE CO)。原位红外测试表明双分子共修饰能有效地促进 CO₂ 的吸附和活化,并且 F 基团的引入进一步调节局部电子结构,促进电子转移,使得产生的*COOH 及时被消耗转化为*CO 从而提高催化性能。

拟交流类型: 邀请报告

工业级 PEM 电解水制氢催化剂的设计与制备

刘俊*

安徽枞水新能源科技有限公司

PEM 电解水制氢技术完美契合风、光等可再生能源的波动性与间歇性,可以实现绿电的消纳,生成的绿氢衍生出万亿级的氢能产业。PEM 电解槽由双极板、扩散层和膜电极组成,其中膜电极组件是电解槽的核心部件,包含催化剂与质子膜两大核心材料,其决定了电解槽的寿命、效率和成本。枞水科技是 PEM 膜电极领域的头部企业之一,自主研发的铈基催化剂、铂基催化剂,实现公斤级量产,且综合性能达到全球一流水平,优于 Umicore、Heraeus、TKK 和 JM 等国际公司的产品。但是,枞水科技一直坚信 PEM 催化剂技术还有很大的迭代空间,因此长期致力于与高校科研院所在高效能催化剂领域的深度合作。当前关注到大量的工作聚焦在 PEM 阳极铈基催化剂的开发,但是实际投入到工业市场的应用却很少,因此本文重点讲述实验室催化剂开发与工业级催化剂开发之间的差异化,深度解析新型催化剂材料及技术走向产业化应用需要跨域的死亡谷及必经之路,分享工业级催化剂在设计及制备方面的研发思路与经验,并且讲述为高校科研院所在膜电极制作、测试评价体系方面提供的全链条解决方案和技术服务,旨在共同推进 PEM 电解水制氢催化剂及技术的蓬勃发展。

拟交流类型: 口头报告

激光诱导调控制备富磷硫空位 Co 掺杂 FePS₃ 纳米片用于高效、高稳定性电催化产氧反应

许瑞祺、刘璞*

中山大学材料科学与工程学院

当前工业用 OER 催化剂贵金属铱黑(Ir)价格高昂,因此开发低贵金属用量或不含贵金属的 OER 催化剂日渐成为电催化领域研究的一个重要方向。我们在对二维过渡金属磷硫化合物的研究过程中,通过 DFT 理论计算发现在层状金属磷硫化合物 FePS₃ 上制造大量 PS 空位缺陷,并结合 Co 原子替代部分 Fe 原子位点,能够有效激发 FePS₃ 的 OER 催化性能,原因在于:一方面富缺陷的复杂表面结构有利于 OER 中间产物的吸附脱附和反应,另一方面表面结构的多样性带来的多反应位点能够有效降低反应能垒提高催化性能。而 AIMD 计算证明了该富缺陷的结构具有一定的稳定性。为了验证这种精细的 DFT 设计,我们采用了激光液相溶蚀 LAL 这种超快合成纳米材料技术,成功将二维层状晶体 FePS₃ 与 Co 结合,获得了一种新型无贵金属的激光诱导(Fe_{0.53}Co_{0.46})PS₃ 催化产物。

在该工作中,我们通过相关的结构表征手段证实了在维持住 FePS₃ 层状结构模式下,基于脉冲激光的高能作用和液相介质的迅速冷却效应,将会诱导生成产物中出现大量缺陷富集位点。而通过相关电化学测试研究发现,激光诱导产物(Fe_{0.53}Co_{0.46})PS₃ 相较于原始 FePS₃,其 OER 性能出现巨大提升,在 1M KOH 测试中,(Fe_{0.53}Co_{0.46})PS₃ 表现出优异的 OER 性能,过电位 289mV, tafel 斜率 58.3mV/dec,在 10mA/cm² 下稳定运行 138h,在 100mA/cm² 下稳定运行

27h, 这表明 $(\text{Fe}_{0.53}\text{Co}_{0.46})\text{PS}_3$ 性能处于过渡金属催化剂的第一梯队。本工作为高性能和高稳定性的 OER 催化剂的设计提供了新的启示, 并为进一步探索由过渡金属元素组成的高效和经济有效的非贵金属催化剂提供了新途径。

拟交流类型: 口头报告

工业应用级新型电解水催化剂的液相激光熔蚀宏量化制备技术

付国帅、刘璞*

中山大学

氢能是未来全球能源转型的核心方向之一, 其中电解水制氢因其清洁、无污染, 可直接耦合风、光等可再生能源, 而成为‘绿氢’的核心制备路径。高性能催化剂是电解水制氢工业的“心脏”, 其效能直接决定了氢能源转换的效率与成本。目前主流催化剂(铂、铱)资源因其稀缺性、价格高昂等因素, 而严重制约了‘绿氢’技术的大规模应用。因此, 开发高效、低成本且易于规模化制备的新型催化剂及其制备技术日益重要。当前新型催化剂开发面临多重挑战, 包括传统制备工艺能耗高、污染重、规模化扩展困难, 与电极制备技术集成度低等。与之相比, 宏量化液相激光熔蚀技术展现出独特优势: 其工序少、耗时短、集成度高, 能够与膜电极制备工艺直接耦合, 易于实现催化剂与膜电极的一体化制备。基于该技术, 我们成功开发了一种低铂高熵合金催化剂。得到的催化剂表现出良好的催化活性和稳定性, 在 60°C 下, 仅需要 1.62 V 的电压即可达到 1 A cm^{-2} 的电流密度, 经过超 1000 h 的稳定性测试, 催化剂结构未发生变化, 催化剂活性保持率超过 95%。该成果可构建一体化制备路线, 有效规避了传统催化剂从合成到集成过程中的瓶颈。此项研究不仅为解决核心催化材料瓶颈提供了新策略, 更为实现新型电解水催化剂从实验室工艺向大规模工业化应用迈出了关键一步。

拟交流类型: 口头报告

高效钼基水/海水裂解电催化剂的设计与性能研究

赵展、孟祥超*

中国海洋大学

发展氢能经济是我国面向可再生零碳能源结构转型, 也是实现“碳达峰、碳中和”目标的必由之路。电解水/海水被广泛认为是非常有前景的绿色制氢路线, 其原料是资源丰富水, 产物是氢气和氧气, 不会对环境造成二次污染, 为可持续制氢提供了可能。因此探究高活性、低成本的析氢/氧反应(HER/OER)电极成为了热门的研究方向。目前, 不同种类的功能纳米材料已经被发展用于电解水制氢领域, 包括: 二元合金(RuMo , PtFe)、多元层状材料(NiFe-LDH , CoFe-LDH)、异质结(NiO/MoO_2)等。通常这些材料能够通过不同的方法制备, 包括固相、溶胶-凝胶、共沉淀、燃烧和喷雾干燥等, 需要相应的热处理去得到良好的晶型结构, 并促使金属原子与基体之间成键增强其稳定性。然而传统的加热方式会经历缓慢的升温过程, 涉及复杂多步骤反应过程和迟缓的反应动力学, 从而导致反应过程能耗高, 时间长。并且, 过长的热处理时间也会促使原子聚集形成纳米粒子, 导致纳米材料制备过程中的表面氧化、团聚和不混溶, 进而影响催化剂反应活性。

基于此, 我们提出了快速自加热策略(焦耳加热)以实现高加热速率($\sim 1000\text{ K/s}$)、高烧结温度、高冷却速率($\sim 1000\text{ K/s}$)的反应过程, 从而合成高活性、高稳定性的 Mo 基电催化剂。利用该快速加热的新方法, 我们实现了 RuMo 纳米合金($\sim 3\text{ nm}$)在 MoO_x 表面的原位合成。通过焦耳加热策略引入 Ru 元素后, 催化剂空位形成能(9.36 eV)以及 Mo-O^* 反键能级能够得到有效的增加和提高, 从而抑制了 Mo 元素的溶解, 提升催化剂的稳定性(2000 h

@ 1 A cm^{-2})。同时,借助于 RuMo 纳米合金引入的不对称电场,能够有效调控界面水网络(氢键:35~30;键长 $2.37\text{ \AA}\sim 2.39\text{ \AA}$),促使快速的 OH 转移动力学,进而在电解水制氢方面表现出优异性能($256\text{ mV @ }2\text{ A cm}^{-2}$)。同时,我们利用焦耳热快速加热合成了一系列耐腐蚀 Mo 基氧化物用于海水氧化,并利用阳极电位下的原位重构反应促使催化剂转化为羟基氧化物,进行功能化调控,增强对氯离子的排斥作用,进而使催化剂在含有高浓度氯化钠/海水的碱性电解液中保持了优异的活性($<400\text{ mV @ }1\text{ A cm}^{-2}$)和稳定性。最后我们将以上材料应用于 AEM 电堆测试,进而将光伏与电催化裂解海水制氢相结合,实现太阳能向氢能的高效转化(STH > 12%),从而真正实现电催化裂解水/海水制“绿氢”,探究该系列材料的工业化应用前景,为电催化裂解水/海水制氢提供材料支撑和理论参考依据。

拟交流类型:邀请报告

钠离子电池层状氧化物正极材料稳定性机制研究

肖遥*

温州大学

钠离子电池在智能电网以及大规模储能等领域中具有广阔的应用前景。其中,层状过渡金属氧化物正极由于成本低、合成简单,且具有相对较高理论比容量,成为最具潜力的钠离子电池正极材料之一。但在实际生产应用中,层状氧化物正极材料仍存在一些关键问题:如不可逆的多相转变和较差的空气稳定性,以及能量密度低等限制了钠离子电池的产业化进程。针对上述问题,从局域电子结构调控和轨道杂化机制出发,有效调控晶粒的尺寸、抑制不可逆多相转变、调控氧化还原电位和稳定阴离子氧化还原反应,进一步设计和探究出一系列高性能层状过渡金属氧化物正极材料。另外,分析了层状氧化物作为钠离子电池正极在成本和资源方面的优势,探讨了钠离子电池在实验室研究与大规模生产中的融合问题,就未来钠离子电池的水系涂布及回收问题进行相关讨论,旨在进一步降低生产成本、提升电池性能,推动其在智能电网、工业储能以及低速电动汽车等领域的商业化和规模化应用。

拟交流类型:邀请报告

纳米结构阵列电极的精准构筑及电解水制氢性能

陈斌*、孟国文

中国科学院合肥物质科学研究院

开发可再生能源是实现“双碳”目标的重要途径。电催化分解水被认为是一种绿色清洁的制氢方法,但水分解反应动力学迟缓,需要高效催化剂促进反应的进行。本研究团队围绕电解水催化剂活性低、稳定性差等关键问题,开展了一体化纳米结构电极的设计制备、结构调控、性能优化以及相关器件化等方面的研究。在贵金属基催化剂方面,采用三维孔道阳极氧化铝为模板,合成了三维互连碳管网络,通过氮掺杂、氧空位等方式构筑了 Pt、Ru、Ir 等多种单原子纳米电极,利用同步辐射、DFT 计算揭示了单原子配位结构与性能之间内在机制,实现了安培级高电流密度稳定制氢;在过渡金属基催化剂方面,针对层状双氢氧化物二维材料传统液相剥离法存在的产率低、仅适用于颗粒粉末等问题,提出了一种可适用于纳米阵列的原位剥离方法,设计合成了超薄纳米片、仿生纳米树叶等系列结构一体化电极;在器件方面,构筑了光伏电池驱动的光/电解水制氢集成器件,实现了高效太阳能转换制氢。

拟交流类型：邀请报告

木材衍生多孔碳限域非平面 CoN₄ 催化剂的构筑与锌-空气电池性能优化

高丽坤*、杨聪聪

东北林业大学

可持续锌空气电池（ZABs）因其高安全性、高能量密度、宽工作温度窗口和环境友好等优势，成为电能高效转换与大规模储能的重要技术方向，在实现“碳中和”目标中具有重要潜力。然而，开发高效、低成本且环保的双功能氧电催化剂仍是其面临的关键挑战之一。本研究通过空间限域策略设计了一种基于碳化木材载体的非平面单原子 CoN₄ 催化剂，用于提升锌-空气电池的氧电催化性能。碳化木材的分级多孔结构和丰富官能团有效限域了 CoN₄ 活性位点的形成，同时，富含缺陷的碳化木骨架的限域效应构建了精准调控的亲气/疏水的气-液-固三相界面，提供了高效的氧传输通道。X 射线吸收光谱（XAS）分析证明催化剂的 Co 原子呈现非平面四配位构型（Co-N₄），其不对称电子分布优化了反应中间体的吸附能，显著提升了本征活性。电化学测试显示，该催化剂表现出优异的双功能氧催化活性，OER/ORR 过电位差为 0.67 V，优于商业 Pt/C 催化剂。理论计算进一步揭示，非平面构型引起的电荷重排有效降低了反应能垒。得益于木材的易加工性，催化剂可灵活成型以适应不同应用场景。其中，组装而成的液态锌-空气电池可实现 160 mW cm⁻² 的高功率密度和 430 小时（10 mA cm⁻²）的长期稳定性。本研究为设计高效非平面单原子催化剂提供了一种新颖的生物质限域策略，为高性能锌空气电池的发展提供了新思路。

拟交流类型：邀请报告

协同催化助力高效催化加氢及电催化

朱丽华*，许钧圆，夏侯春美

江西理工大学

负载型催化剂广泛用于催多相化加氢及电催化，尤其是多元金属（金属氧化物或金属氢氧化物）负载型催化剂，多组分之间的协同对其催化性能及稳定性至关重要，以下主要以多相催化加氢和电催化为例。催化加氢：设计与合成了“小岛状贵金属团簇或单原子负载于过渡金属/过渡金属氧化物（或氢氧化物）纳米颗粒”新型结构催化剂（NM/TM/TMO(TMOH)/C），表现出优异的催化加氢性能，研究了其催化加氢的协同机理^[1-4]。电催化：提出利用贵金属-贵金属（过渡金属）-过渡金属氢氧化物相关物种协同效应，构筑具有新型纳米结构的多元金属催化剂。以高效电催化甲醇、乙醇氧化和电解水析氢为模型反应，设计合成了 PtRu/Ni(OH)₂/C、Ru₁Pd/Ni(OH)₂/C 和 Pt₁Cu/Ni(OH)₂/C 等一系列多元金属催化剂。进一步采用原位拉曼与红外及 DFT 计算证明了催化剂在电催化中的协同作用机理^[5-9]。

- [1] Lihua Zhu,* Y. Sun, H. Zhu, et al., ACS Catal., 2022, 12: 8104-8115.
- [2] Lihua Zhu,* H. Zhu, M. Shakouri, et al., Appl. Catal. B, 2021, 297, 120404.
- [3] Lihua Zhu,* H. Zhang, H. Zhu, et al., J. Catal., 2022, 413: 978-991.
- [4] Lihua Zhu,* H. Zhang, N. Ma, et al., J. Catal., 2019, 377: 299-308.
- [5] A. Pei,[#] R. Xie,[#] Lihua Zhu,^{#,*} et al., J. Am. Chem. Soc., 2025, 147, 3185-3194.
- [6] A. Pei,[#] R. Xie,[#] Lihua Zhu,^{#,*} et al., Energy Environ. Sci., 2023, 16, 1035-1048.
- [7] A. Pei,[#] G. Li,[#] Lihua Zhu,^{#,*} et al., Adv. Funct. Mater., 2022, 2208587.
- [8] S. Zhang,[#] A. Pei,[#] G. Li,[#] Lihua Zhu,^{#,*} et al., Green Chem., 2022, 24, 2438-2450.
- [9] Qian Yang,[#] Sifan Zhang,[#] Lihua Zhu,^{#,*} et al., J. Energy Chem., 2024, 90, 327-336..

拟交流类型：邀请报告

金属双原子局域结构的精准调控及其锌空气电池应用

王哲*

苏州大学

金属双原子催化剂因其高原子利用率和灵活可调的局域结构成为电催化、光催化及能源存储与转换等领域的研究热点。但是，金属双原子催化剂局域结构的精准调控及可控制备一直是其发展道路上的主要挑战，而且目前对于金属双原子的协同效应及其催化机理仍不清楚。本报告将从金属双原子催化剂的金属原子类型、配位环境和金属双原子/团簇异质结尺寸调控，实现对其局域结构和微环境的精准控制；结合多尺度结构表征、电化学性能测试和密度泛函理论计算，探究其构效关系和协同作用机理；最终可控构建具有氧还原/析氧（ORR/OER）高催化活性和稳定性的双原子催化剂，并探究其在锌空气电池领域的应用。

拟交流类型：邀请报告

激光高能场材料合成与催化剂性能研究

孙良良*

景德镇陶瓷大学

The development of efficient electrocatalysts for water decomposition is the key to advancing sustainable hydrogen production. In this study, we introduce an in-situ synthesis of Ru-TiO₂-TiN composite electrode on Ti substrate by laser method. The Ru-TiO₂-TiN multiphase doping structure was formed by anchoring Ru within TiO₂-TiN using laser treatment. Ru-TiO₂/Ti-3 exhibited significant electrocatalytic activity, with an OER overpotential as low as 190 mV at 10 mA cm⁻². At the same current density, the lowest voltage required for water decomposition was 1.48 V, with no noticeable degradation observed during long-term acidic oxygen evolution testing. The high activity is attributed to the ability of TiO₂-TiN to enhance electrode charge transport, while Ru-O-Ti promotes the activation of the electronic structure. The mechanism behind the high stability is linked to the partial oxidation of TiN during the acidic OER process, which further promotes the formation of TiO₂-TiN and Ru-N-Ti. TiO₂-TiN provides external protection, preventing further dissolution of Ru by the acid, while Ru-N-Ti helps maintain the valence state balance of Ru and reduces oxidation. Our study demonstrates that the one-step laser synthesis method not only enhances the activity of ruthenium-based catalysts but also significantly improves their stability.

拟交流类型：邀请报告

面向电热合成应用的电阻材料设计初探

韩业创*、杨铭泽、田中群

嘉庚创新实验室，厦门大学

以脉冲焦耳加热为代表的电热合成技术，能够创造极端非平衡的局域高温反应环境，为制备新材料、发现新化学反应、揭示新的科学规律等提供了宝贵的契机。为了可控构建非平衡高温反应环境，需要开发出具有耐循环热振冲击、抗腐蚀、且能够实现电能向热能高效转化的电阻材料。然而，先进电阻材料的开发极具挑战，涉及到对电阻材料的电学、热学、光学、化学等多方面参数的协同调控。迄今为止，对于不同电阻材料的电热性能及其本征物理化学特性的内在联系的深入理解仍十分匮乏，这一知识缺口阻碍了电热合成基础研究的进一步突破和未来工业化应用部署。

针对上述挑战，本报告将着重探讨以下四个方面，旨在为电热合成在高端制造与极端环境应用中提供可靠的解决方案：（1）不同电阻材料的电热性能与其本征物理化学性质的内在关联；（2）如何精准预测不同电阻材料的电热性能；（3）循环热冲击过程中电阻材料的失效机制；（4）如何突破现在电阻材料的性能极限和功能制约。

[1] Y.-C. Han, K. S. Novoselov,* Z.-Q. Tian, et al. Natl. Sci. Rev. 2023, 10, nwad081.

[2] Y.-C. Han, F. R. Fan,* Z.-Q. Tian, et al. PNAS. 2022, 119, e2121848119.

[3] Y.-C. Han, Z.-Q. Tian, J. Yi,* et al. Adv. Funct. Mater., 2024, 34, 2307298.

[4] R.-J. Fang, Y.-C. Han,* F. R. Fan,* et al. Mater. Horiz., 2024, 11, 3595.

[5] Y.-C. Han,* P.-Y. Cao, Z.-Q. Tian. Acc. Mater. Res. 2023, 4, 648.

[6] S.-H. Yin, X. Xiao,* L. Zhang,* Y.-C. Han,* et al. J. Mater. Chem. A, 2025,13, 15725.

拟交流类型：口头报告

调节高熵合金的局部结构和化学有序以增强析氧反应性能

朱信栋、朱贺*

南京理工大学

高熵合金 (HEAs) 因其独特的优势, 如多样的活性位点、可调和近乎连续的吸附能分布以及提高催化性能的巨大潜力, 已成为下一代电催化材料。然而, 由于原子排列的无序性和复杂的局部结构, 通过调制结构来建立 HEAs 的结构与性能之间的构效关系十分困难。我们旨在通过焦耳加热方法引入 Al 和 Cr 等非活性元素来开发高效的 HEA 电催化剂, 并从局部结构的角度解释结构-活性关系。本文的讨论将围绕以下几点展开, 以解释在 HEAs 中引入不同元素对其电催化性能差异的影响:

(1) 引入 Al 以合成 L12 型纳米多主元金属间化合物, 长程化学有序有效地隔离了活性位点并增强了析氧反应活性。

(2) 掺入 Cr 会引起局部四方畸变, 这是由于 Cr 和 Cu 之间在原子尺度上的元素偏析, 导致残余应变从而提高了催化性能。

因此, 我们的研究证实了将非活性元素引入 HEAs 以调制结构是提高性能的有效方法, 为研究人员探索 HEAs 中的结构-性能关系提供了参考。

拟交流类型：口头报告

激光固相合成稳定的单原子催化剂用于 CO₂ 加氢制甲醇

赵荣霞^{1,2}、刘铸^{*1}

1. 中国科学院宁波材料技术与工程研究所激光极端制造研究中心

2. 北京工业大学物理与光电工程学院

单原子催化剂 (SACs) 的稳定性是实际应用中的关键问题, 特别是在还原性高温条件下的热催化反应中。本研究首次报道了一种激光固相合成技术, 用于制备具有“原子-纳米岛-海”结构的单原子催化剂 (PtSA/In₂O₃-Co₃O₄/rGO)。该催化剂由 Pt 单原子负载于 In₂O₃ 上, 与 Co₃O₄ 形成复合纳米岛均匀分散在还原氧化石墨烯“海”中作为载体。激光辐照在高达 2349 K 高温条件下, 锚定 Pt 单原子的同时产生了高达 70.8% 的丰富氧空位, 并增强了单原子与氧化物载体之间的相互作用。激光合成的催化剂在 300 °C 下对 CO₂ 加氢制甲醇表现出卓越的催化性能: CO₂ 转化率为 30.3%, 甲醇选择性达 90.6%, 且在 48 小时内保持优异稳定性且无失活现象, 性能优于文献报道的相关催化剂。对反应 48 小时后的催化剂表征表明, Pt 单原子得以保留, 氧空位几乎未发生变化。通过原位漫反射红外傅里叶变换光谱 (DRIFTS) 结合 DFT 模拟, 建立了催化反应机理。该激光合成策略为快速制备高活性、高稳定性的热催化单原子催化剂开辟了新途径。

拟交流类型：邀请报告

异构高熵合金催化剂

姚永刚*

华中科技大学

多元高熵合金催化剂因其巨大的成分空间及高熵混合结构, 在能源与环境催化方面展示了巨大的潜力, 往往可兼具高性能、高稳定及价格低廉等优点。然而, 目前大部分高熵合金催化剂为随机混合的微观结构, 使得其在催化中构效关系理解及理性设计非常挑战。本报告以高温瞬态合成方法为基础, 讲述多元高熵合金的可控合成, 微观结构及表界面调控, 及催

化应用。同时，面对海量的多元成分空间及多元混合结构复杂性，本报告将简要介绍多元复杂材料的高通量开发。

拟交流类型：邀请报告

人工光合氘化策略与机制

苏陈良*

深圳大学微纳光电子学研究院

开发高效人工光合系统，模拟自然光合葡萄糖过程，利用光能生产高值化学物质甚至汽油、药物，具有重要意义。氘代化合物是一类典型的高值化学物质，在核磁共振、有机发光显示器件及氘代诊疗药物领域具有广泛应用。科技部重大新药创制接续性战略报告首次将氘代药物开发技术列为推动我国新药创制全面进步的关键共性技术之一，也指出“目前，缺乏高效氘代方法、氘代试剂和氘代催化剂。”借鉴光合作用“光反应裂解水释还原氢（NADPH）协同酶催化用氢还原三碳酸”机制，报告人提出“光反应释氘协同原位金属催化用氘”的人工光合氘化策略；揭示了重水氧化路径调控原理，并通过氧化端重水氧化路径调控实现还原端氘化性能显著提升。基于人工光合氘化策略，报告人建立了碳卤键、碳氧键等可控还原氘化模型，氧化还原协同激活重水与氘代甲醇的氘烷基化，清洁合成了系列高值的氘代诊疗药物及其关键砌块。^[1-5]发展的“有机物与水/重水”的人工光合系统有望成为“二氧化碳和水”的光合系统重要补充，助力于阳光驱动的未来化学和医药行业可持续发展。

- [1] Su, C. etc. Semiconductor photocatalysis to engineering deuterated N-alkyl pharmaceuticals enabled by synergistic activation of water and alkanols. Nat. Commun. 2020, 11 (1), 4722.
- [2] Su, C. etc. Room temperature palladium catalyzed deuterogenolysis of carbon oxygen bonds towards deuterated pharmaceuticals. Ou, W.; Xiang, X. D.; Zou, R.; Xu, Q.; Loh, K. P.; Su, C. L.* Angew. Chem. Int. Ed. 2021, 60, 6357.
- [3] Su, C. etc. Atomically dispersed low-valent Au boosts photocatalytic hydroxyl radical production, Nat. Chem., 2024, 1250-1260.
- [4] Su, C. etc. Atomically isolated Sb(CN)₃ on sp²-c-COFs with balanced hydrophilic and oleophilic sites for photocatalytic C-H activation, Sci. Adv., 2024, ead15432.
- [5] Su, C. etc. Single-Pt-Atom-Decorated TiO₂ Nanorod Arrays for Photoelectrochemical C-H Chlorination, J. Am. Chem. Soc., 2025, jacs.5c02551.

拟交流类型：邀请报告

光驱动碳基小分子催化转化

汪思波*

福州大学

利用光催化技术实现 CO₂、甲烷、乙烷等碳基小分子的增值转化具有重要的研究意义^[1-4]，但目前相关反应（如 CO₂ 还原，甲烷干重整，乙烷脱氢制乙烯）的效率和选择性还远低于实际应用的需求。鉴于此，我们开展了以下两方面工作：

1. 通过在 TiN、PTI、PHI 等光催化剂表面精准修改催化活性位点，强化 CO₂ 的活化，稳定反应中间体，加速产物脱附，实现高效的光催化 CO₂ 还原耦合 H₂O 氧化制合成气^[5,6]。
2. 通过阳离子缺陷工程、金属位点部分取代等策略，调控金属氧化物催化剂的电子结构，弱化 M-O 键，活化晶格氧，显著提升 MvK 机制介导的光热催化甲烷干重整、光催化

乙烷脱氢制乙烯等反应效率^[7]。

- [1] S. Wang, et al. J. Am. Chem. Soc. 2017, 139, 17305-17308.
- [2] S. Wang, et al. Energy Environ. Sci. 2018, 11, 306-310.
- [3] S. Wang, et al. J. Am. Chem. Soc. 2018, 140, 5037-5040.
- [4] S. Wang*, et al. Adv. Energy Mater. 2023, 13, 2203290.
- [5] S. Wang*, et al. J. Am. Chem. Soc. 2023, 145, 27415-27423.
- [6] S. Wang*, et al. Angew. Chem. Int. Ed. 2025, e202505453.
- [7] S. Wang*, et al. J. Am. Chem. Soc. 2025, 147, 14705-14714.

拟交流类型：邀请报告

物理场促进光/电催化

李杰*

河南大学

光/电催化可以利用太阳能或者可再生能源把小分子（诸如水、二氧化碳、氮气等）转换为有价值的化学品或者燃料。在光/电催化过程中，电子空穴在体相的低分离效率以及较慢的表面催化动力学，是制约光/电催化效率的重要因素。为了解决这两个科学问题，我们发展了利用物理场来提高光/电催化效率的策略。具体来说，就是利用内电场提高半导体光催化材料的体相电荷分离效率，通过构建界面极化场和张力场促进电催化合成氨，基于限域场构筑高效二氧化碳还原体系。

拟交流类型：邀请报告

二氧化碳光催化制乙醇过程强化

姜志锋*

江苏大学

由于电荷分离效率有限、C-C 耦合动力学缓慢以及含氧中间体的形成不利，太阳能驱动的二氧化碳还原成乙醇的过程极具挑战性。课题组精心设计了双活性位点组成的红色聚合物氮化碳来应对这一挑战，它在纯水中实现了 $50.4 \mu\text{mol g}^{-1} \text{h}^{-1}$ 的乙醇产率，选择性高达 99.5%。Cu-N-S 构型中的 Cu 原子和 S 原子可分别作为电子和空穴的捕获中心，使光生载流子空间分离。S 原子的加入优化了*CO 在 Cu 原子上的吸附，降低了形成*CO-COH 中间体的能垒。*OCHCH₂OH 中间体通过 O-Cu-C 构型在 Cu 原子上的吸附强度会影响 C2 产物的选择性，因为 Cu-O/Cu-C 键的断裂决定了乙醇/乙烯的生成路径。S-N-Cu 结构会减弱 Cu-O 键，从而促进乙醇的生成。该研究为微调氮化碳上金属原子周围的微环境提供了一种新方法，从而实现二氧化碳到乙醇的高效光催化转化。

拟交流类型：邀请报告

电化学精炼实现小分子高值转化

孔祥栋*

中国科学技术大学

利用基础小分子为反应原料，通过电化学转化制备各种高附加值大宗或精细化学品，不仅能够降低对化石资源的依赖程度，同时有望促进相关产业高污染、高能耗传统工艺向绿色可持续产业的产业转型。针对小分子电化学精炼研究，申请人通过应用催化界面电子结构和

几何结构设计手段,调控界面催化位点对底物的活化和中间体的竞争吸附。在催化剂界面结构调控基础上,针对性开发新型绿色可持续电化学反应路线,对特征官能团的催化合成过程进行空间解耦,绕开一步电解存在的难点,实现特殊产物的定向制备。具体研究成果如下:

(1) 通过构建模型催化体系,结合电化学原位谱学实验和理论模拟手段,厘清催化基元反应步骤,明确催化位点界面结构对关键过程的调控机制,合理设计反应路线解耦竞争反应过程,阐明催化位点电子结构、几何结构、反应路线对目标产物高效制备的本征作用机制;(2) 在建立催化位点界面结构和关键过程本征作用机制构效关系的前提下,目标导向性设计反应路线,构筑高效催化体系,创制针对关键反应过程的高效电催化剂,实现目标产物的定向合成。

拟交流类型: 邀请报告

稳定光充电铝电池以提高能源利用

陈丽丽*, 周伟家

济南大学

提出了一种新型的光充电铝电池 (PRAB), 旨在提高太阳能转换与存储的能源利用效率。通过应用安全的离子液体电解质和稳定的聚苯胺 (PANI) 光电电极, 设计了一种集成的光电化学能量转换-存储设备。这种集成的 PRAB 在光照条件下展现出稳定的电性能, 并且可逆比容量提高了约 191%。研究中还建立了一个简化的连续体模型, 为设计电极结构和充放电策略提供了理论指导, 以满足实际运行条件。在光照条件下, PRAB 在充电时节能效率约为 61.92%, 在放电时能量输出增加了约 31.25%。该研究提出了设计和制造稳定安全的光充电非水系铝电池的策略, 为显著提升太阳能利用效率提供了一条有效途径。

拟交流类型: 邀请报告

高比能锂离子电池快充析锂调控

梁正*

上海交通大学

锂离子电池快充技术是产业界和学术界共同追求的目标。对于工作电位较低的石墨负极而言, 快充过程往往伴随析锂, 带来安全隐患和容量衰减。锂离子电池快充包含多个过程单元, 其决速步骤难以被准确识别且会随循环条件 (倍率、荷电状态和温度等) 的变化在多个过程之间发生动态迁移, 从而导致针对某一个步骤的动力学优化策略效果大打折扣。因此有观点认为在复杂工况下石墨快充析锂很难避免。在这种情况下, 将之前聚焦的“抑制快充析锂”转变为“调控快充析锂”, 通过一系列调控策略使析锂分布均匀、形貌规则、高度可逆, 或许是一个对现有策略的有效补充。

拟交流类型: 邀请报告

无机钙钛矿材料在电催化 CO₂ 还原中的应用探索

朱佳伟*

中国科学院青岛生物能源与过程研究所

高性能 CO₂ 还原电催化剂的设计和开发对实现 CO₂ 高效资源化转化利用、助力“双碳”目标至关重要, 已成为世界范围内的研究热点。由于 Cu/Sn 的特殊物理化学性质, Cu/Sn 基催化剂被赋予了将 CO₂ 高附加值产品的独特能力。然而, 现阶段 Cu/Sn 基催化剂往往存在

选择性低、稳定性差等缺点，无法满足实际应用的要求。因此，进一步创制先进 Cu/Sn 基催化剂，在活性、选择性和稳定性方面寻求突破来满足实际应用的要求，具有重要科学意义。无机钙钛矿氧化物具有化学组成灵活、晶体结构多样、物理化学性质可调等显著特点，已被证明是面向众多电化学反应获取优良催化剂的重要平台。通常情况下，对于无机钙钛矿材料，其 BO_6 八面体中的 B 位阳离子或 B-O 键的物理化学性质本质上决定着其表面吸附活性和稳定性，进而决定着其电催化性能。受此启发，我们在前期无机钙钛矿氧化物等相关研究基础上^[1-8]，基于 Cu/Sn 等元素具备将 CO_2 还原为高附加值产品的独特能力，将 Cu/Sn 等元素占据该类材料的 B 位，使其牢牢地固定在 $\text{CuO}_6/\text{SnO}_6$ 等八面体中，构建 Cu/Sn 基钙钛矿催化剂，并对八面体结构性质进行精准调控，面向电催化 CO_2 还原创造出了令人瞩目的综合性能。其主要原因在于：（1）通过调节相关配位环境，精准调控八面体的重要电子结构（如 Cu 3d、O 2p 能带中心、Cu-O 键共价性等），进而同步优化 CO_2 还原活性和目标产物选择性；（2）利用或强化 Cu/Sn 与 O 之间的化学键合，阻止或减缓 Cu/Sn 原子的迁移，进而提高稳定性^[9-16]。

- [1] Zhu, J.; et al. *Adv. Mater.* 2016, 28: 3511.
- [2] Zhu, J.; et al. *Adv. Mater.* 2017, 29: 1606377.
- [3] Zhu, J.; et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2019, 58, 7244.
- [4] Zhu, J.; et al. *Mater. Today*, 2020, 35, 69.
- [5] Zhu, J.; et al. *Adv. Energy Mater.* 2020, 10, 1904114.
- [6] Zhu, J.; et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2021, 60, 10384.
- [7] Zhu, J.*; et al. *ACS Nano*, 2021, 15, 5178.
- [8] Zhu, J.*; et al. *Adv. Energy Mater.* 2021, 11: 2003799.
- [9] Zhu, J.*; et al. *Adv. Mater.* 2022, 34: 2206002.
- [10] Zhu, J.*; et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2022, 61: e202111670.
- [11] Zhu, J.*; et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2023, 62: e202305530.
- [12] Zhu, J.*; et al. *Nat. Commun.* 2024, 15: 1565.
- [13] Zhu, J.*; et al. *ACS Nano* 2024, 18, 31466.
- [14] Zhu, J.*; et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2025, 64, 202503745.
- [15] Zhu, J.*; et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2025, accepted.
- [16] Zhu, J.*; et al. *ACS Catalysis*, 2025, accepted.

拟交流类型：邀请报告

铜基多主元金属玻璃电催化硝酸根还原制氨

刘洋*

河南师范大学

电催化硝酸根还原制氨有望实现环境修复和变废为宝的一举两得，其包含多个具有不同吸附能需求的基元反应步骤，相对单一的活性位点受限于由线性标度关系构建的“火山”型曲线内，与理论值存在较大差距。我们提出了两步焦耳热法新策略，成功合成了非晶 CuNiSn 和 CuNiAl 金属玻璃催化剂，通过超快升降温打破不混容限制并抑制结晶形核过程，提高不同元素混溶度。构建包含“强-中-弱”的梯度吸附能分布格局，提出了低功函数金属的双增益新策略，通过开尔文力显微镜揭示了样品表面电势的振荡特性，提出了用于定量描述表面电势振荡性的公式。通过原位电化学拉曼光谱探明了反应过程中样品表面结构变化规律以及不同电位区间的两种不同反应路径，为设计构筑高性能硝酸根制氨催化剂提供新思路。

拟交流类型：邀请报告

电化学沉积调控锌金属负极界面构筑高性能水系锌离子电池

辛燕^{*}, 何培均, 雷铭, 田华军^{*}

华北电力大学

在新型电化学储能技术领域, 水系锌离子电池 (AZIBs) 因具备成本低廉、安全性高等显著优势, 成为构建大规模储能电站系统的理想候选体系。锌金属作为负极材料, 具有资源储量丰富、氧化还原电位低和理论比容量高的特点。然而, 在实际应用过程中, 锌金属负极面临一系列技术难题, 其中包括锌枝晶的无序生长, 以及腐蚀、钝化和析氢等副反应, 这些问题严重制约了水系锌离子电池的产业化进程。针对上述关键问题, 本课题组致力于研发高稳定性无枝晶锌金属负极材料。近年来, 通过采用高效通用的合金电化学沉积技术, 对锌金属负极表面进行晶面取向调控, 并成功构建了三维结构的多组元合金界面层。通过系统的元素筛选和工艺参数优化, 最终实现了水系锌离子电池的超稳定运行, 并有效抑制了锌枝晶的生长。为深入探究界面改性的微观作用机制, 本研究综合运用原位可视化表征技术和密度泛函理论 (DFT) 计算方法, 对相关过程进行了系统研究。研究成果创新性地提出了晶面取向调控及合金负极界面层构筑方法, 该方法具备显著的商业化应用潜力, 为高性能水系锌离子电池的设计提供了重要理论依据和技术支撑。

- [1] Li, X.; Wang, L.; Fu, Y.; Dang, H.; Wang, D.; Ran, F., *Nano Energy* 2023, 116, 108858.
- [2] Xin, Y.; Qi, J.; Xie, H.; Ge, Y.; Wang, Z.; Zhang, F.; He, B.; Wang, S.; Tian, H., *Adv. Funct. Mater.* 2024, 34 (39), 2403222.
- [3] Tian, H. J.; Li, Z.; Feng, G. X.; Yang, Z. Z.; Fox, D.; Wang, M. Y.; Zhou, H.; Zhai, L.; Kushima, A.; Du, Y. G.; Feng, Z. X.; Shan, X. N.; Yang, Y., *Nat. Commun.* 2021, 12 (1), 237.
- [4] Tian, H.; Feng, G.; Wang, Q.; Li, Z.; Zhang, W.; Lucero, M.; Feng, Z.; Wang, Z. L.; Zhang, Y.; Zhen, C.; Gu, M.; Shan, X.; Yang, Y., *Nat Commun* 2022, 13 (1), 7922.
- [5] Xin, Y.; Qi, J.; Ge Y.; He, B.; Zhang, F.; Wang, S.; Tian H., *Energy & Fuels* 2024, 38, 10275.
- [6] Xin, Y.; Ge, Y.; Xie, H.; Cai S.; Zhao C.; Zhang H.; Tian H., *Quaternary Alloy Interfaces for Stable Zinc Anodes for High-performance Aqueous Zinc-Ion Batteries with Long-term Cycling Stability*, *Small*, 2025, 202502569

拟交流类型：邀请报告

Science China Materials 投稿与评审

张学梅

《中国科学》杂志社

SCIENCE CHINA Materials (《中国科学: 材料科学》) 创刊于 2014 年 12 月, 是 SCIENCE CHINA (《中国科学》) 系列期刊之一, 是由中国科学院与国家自然科学基金委员会共同主办的学术期刊, 主要报道材料科学及其交叉领域的具有重要意义和创新性的科研成果。SCIENCE CHINA Materials 自创刊以来为促进我国材料科学的发展和国内外学术交流做出了重要贡献。

目前, SCIENCE CHINA Materials 年发文量超过 500 篇, 平均审稿周期为 21 天, 录用后即可分配 doi 号在线预发表; 2023 年 SCI 影响因子为 6.8, 位居中国科学院期刊分区一区, TOP 期刊。

张学梅博士将主要介绍 SCIENCE CHINA Materials 的发展现状、评审流程等基本情况, 并重点阐述投稿注意事项、如何顺利地通过同行评议等。

拟交流类型：邀请报告

晶格氢转移促进硝酸根还原制氨

黄曼*, 周伟家

济南大学

本研究通过电化学氢化重构钛纤维纸, 合成了钛氢化物电催化剂, 实现了在温和条件下将硝酸盐高效电催化还原为氨。该催化剂在 -0.7 V 相对于可逆氢电极的电位下, 实现了 $83.64\text{ mg h}^{-1}\text{ cm}^{-2}$ 的氨产率和 99.11% 的法拉第效率, 电流密度达到 1.05 A cm^{-2} 。电化学评估和动力学研究表明, 钛氢化物中的晶格氢转移促进了硝酸盐还原反应的电催化性能, 晶格氢与活性氢之间的可逆平衡反应不仅提高了硝酸盐还原反应的电催化活性, 还展现了显著的催化稳定性。这一发现为金属氢化物作为电催化剂的有效电化学氨生产提供了通用设计原则, 突出了其在可持续氨合成中的潜力。

拟交流类型：邀请报告

微波冲击合成碳/过渡金属硫化物复合材料及其储能特性

刘昊^{1*}, 王硕男², 吕国诚², 廖立兵^{2*}

1.中国地质大学(北京)数理学院

2.中国地质大学(北京)材料科学与工程学院

过渡金属硫化物因其较高的理论比容量与多电子反应特性, 已成为锂离子电池负极材料的重要候选体系。天然硫化物矿物具有资源丰富、成本低廉等优势, 然而将其转化为结构稳定、性能优异的复合电极材料仍需进一步探索适宜的工艺路径。本研究提出采用微波冲击方法, 借助碳材料在微波场中的强耦合效应, 在短时间内实现矿物原料的熔融扩散和碳复合处理, 开发高效、简便的硫化物/碳复合材料制备策略。主要包括: (1) 天然闪锌矿(ZnS)/石墨烯复合材料: 以天然闪锌矿和石墨烯为前驱体, 通过微波冲击法实现快速复合反应, 合成得到 ZnS /石墨烯复合材料。微波作用下形成的 ZnS 颗粒粒径分布在 $10\text{--}50\text{ nm}$ 范围内, 均匀分散于石墨烯基底上。作为锂离子电池负极材料, 该复合材料展现出较高的可逆比容量(611 mAh/g), 同时兼具良好的倍率能力与循环稳定性(Hai 等, 2020); (2) 天然辉钼矿(MoS_2)/氮掺杂石墨烯复合材料: 以天然辉钼矿和氮掺杂石墨烯为合成原料, 在表面改性剂的辅助下形成初级复合结构。经微波冲击处理后, 有效去除了石墨烯表面的官能团与残余改性剂, 同时实现了 MoS_2 粒径的减小, 提升了材料的比表面积与界面活性。该复合材料在电化学测试中表现出显著改善的循环稳定性与倍率性能(Wang 等, 2020); (3) 天然辉锑矿(Sb_2S_3)/木炭复合材料: 采用天然辉锑矿与木炭粉为原料, 通过微波冲击合成形成非晶 SbS_x /木炭复合材料。所得复合材料中 SbS_x 组分可均匀负载于木炭的孔隙结构中, 有利于构建良好的导电网络。在 500 mA/g 电流密度下, 循环500次后仍保持 690 mAh/g 的可逆容量, 展现出优异的倍率与循环性能。该微波合成策略具有工艺简便、能耗低和原料成本优势, 具备较强的规模化制备潜力(Wang 等, 2023)。

[1] Hai, Y., Wang, S., Liu, H., Lv, G., Mei, L., and Liao, L. JOM, 2020, 72: 4505-13.

[2] Wang, S., Hai, Y., Zhou, B., Liu, H., and Liao, L. RSC Advances, 2020,10(70):43012-43.

[3] Wang, S., Hao, Y., Zhang, K., Liu, H., and Liao, L. JMCA, 2023, 11, 24959-69.

拟交流类型：墙报

火焰合成法快速制备高性能无钴富镍正极材料

李金宇、王君雷、李世龙、王昆*

天津大学

在全球“双碳”目标背景下，锂离子电池在实现清洁能源转型和碳中和目标中扮演着至关重要的角色。开发高性能、低成本的正极材料成为锂离子电池提高容量、降低成本的关键要素。三元正极材料（如 NCM 和 NCA）虽然具有较高的能量密度，但钴资源稀缺、价格昂贵且存在地缘政治问题；无钴富镍正极材料被认为是未来高能量密度电池体系的重要方向之一。新型纳米材料快速制备技术--火焰合成方法，具有反应迅速、能耗低、污染小、可连续化大规模生产等特点，为高性能正极材料的制备提供了新思路。该方法将燃烧反应焓变生成的火焰作为热源，分解前驱体气溶胶，进而合成纳米结构材料。其基本原理和流程可简述为，含有目标元素的前驱体水溶液，雾化为微液滴，进入火焰场，在燃烧高温作用下，溶剂雾滴迅速蒸发，前驱体化合物热解产生初级粒子，在化学键作用下，初级粒子凝聚成核、生长、团簇，形成目标纳米颗粒产物，在微负压玻璃纤维膜上沉积、收集。基于火焰合成方法，本研究首先快速高效制备了无钴富镍正极材料 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Mn}_{0.2}\text{O}_2$ (NM82)及镁钼掺杂改性的无钴富镍正极材料 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Mn}_{0.16}\text{Mg}_{0.02}\text{Mo}_{0.02}\text{O}_2$ (NM-MM)。通过调控前驱体配比、燃烧温度和火焰场停留时间等参数，实现了对样品晶相结构、颗粒形貌和元素组成的准确控制。其次，开展了结构形貌与电化学性能表征分析。XRD 结果表明，合成的样品具有良好的层状结构；EDS 和 ICP 结果表明，样品表面和体相元素比例均与设计比基本一致。电化学测试结果表明，在 0.1 C 倍率下，NM82 首次放电比容量可达 193 mAh/g；NM-MM 首次放电比容量可达 210 mAh/g。同时，以上样品的循环稳定性和倍率性能也较为优异。本研究为无钴富镍正极材料的快速、低成本制备提供了新思路，具有良好的应用前景，有助于推动高性能锂离子电池的发展。

拟交流类型：墙报

无钴 $\text{BaFe}_{0.4}\text{Sn}_{0.16}\text{Bi}_{0.24}\text{Ce}_{0.1}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-\delta}$ 钙钛矿作为质子陶瓷燃料电池的三相导电阴极

郭锐^{1,2}、杨磊²、王耀文²、周子棋²、关瑞²、贺天民^{*2}

1. 中国人民警察大学警务装备技术学院
2. 吉林大学物理学院新型电池物理和技术教育部重点实验室

由于阴极材料缺乏同时传输质子(H^+)、氧离子(O^{2-})和电子(e^-)的特性，限制了它们在质子陶瓷燃料电池(H^+ -SOFCs)中的应用。在此，我们报告了基于 $\text{BaZr}_{0.1}\text{Ce}_{0.7}\text{Y}_{0.1}\text{Yb}_{0.1}\text{O}_{3-\delta}$ (BZCYYb)电解质的无钴钙钛矿 $\text{BaFe}_{0.4}\text{Sn}_{0.16}\text{Bi}_{0.24}\text{Ce}_{0.1}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-\delta}$ (BFSBCY)作为 H^+ -SOFC 的三相导电阴极。由于水的引入，600 °C 时 BFSBCY 在 BZCYYb 电解质上的极化电阻(R_p)从空气中的 $2.718\Omega\text{ cm}^2$ 下降到湿润空气(3% H_2O)中的 $0.488\Omega\text{ cm}^2$ 。使用 BFSBCY-30wt% BZCYYb 作为复合阴极（电解质厚度：~60 μm ）的单电池在 700°C时的最大功率密度达到 373 mWcm^2 ，相应的 R_p 为 $0.127\Omega\text{ cm}^2$ 。基于阻抗分析，欧姆电阻被确定为限速步骤。使用 BFSBCY-30wt%BZCYYb 作为阴极的单电池在 700°C下在 100 小时的耐久性测试期间表现出良好的稳定性。这项研究为设计 H^+ -SOFCs 的高性能阴极打开了大门。

拟交流类型：墙报

焦耳热调控 ZrO₂ 催化剂物相结构及其 CO 加氢异构性能研究沈燕云¹, 王康洲², 高新华¹, 马清祥¹, 赵天生¹, 张建利^{1*}¹ 宁夏大学 化学化工学院 (省部共建煤炭高效利用与绿色化工国家重点实验室), 银川, 中国, 750021² 宁夏大学 材料与新能源学院, 银川, 中国, 750021

*Email: zhangjl@nxu.edu.cn

异丁烯 (i-C₄=) 是生产高附加值化学品的重要原料。将合成气直接转化为异丁烯的反应过程被称为异构合成反应。该过程具有能耗较低, 工艺简洁的优势, 一定程度上打破了传统制备异丁烯对石油资源的依赖。二氧化锆 (ZrO₂) 是一种具备多种物相结构且表面具有氧空位、酸碱位点的催化剂, 在 CO 加氢异构反应中制备异丁烯表现出优异的催化性能。相较于四方相 ZrO₂ 催化剂, 单斜相 ZrO₂ 催化剂异构反应性能最优。然而, 其制备过程中难以控制单一单斜相 ZrO₂, 催化剂物相结构与活性位点的调控机制仍不明确, 且 ZrO₂ 表面氧空位和酸碱位点的演变规律均有待深入探究。本研究采用溶剂热制备 ZrO₂ 前驱体, 并经焦耳热冲击 (HTS), 通过调控焦耳热冲击温度, 并对不同冲击次数和冲击质量进行优化, 制备出系列 ZrO₂ 催化剂。结合 XRD、BET、TEM、XPS、ESR 和 NH₃-TPD、CO₂-TPD 等表征手段, 探究了 ZrO₂ 结构对异构反应活性和 i-C₄=选择性的影响。结果表明, 1600°C 焦耳热冲击下, 催化剂物相仍稳定保持单斜相; 焦耳热冲击温度为 900°C 制备的单斜相 ZrO₂ 催化剂表面具有丰富的氧空位和酸碱位点。在 CO 加氢反应中, H₂/CO=2、T=400 °C、P=2 MPa、GHSV=500 h⁻¹ 反应条件下, CO 转化率为 11.28%, i-C₄=/C₄= 为 92.88%, O/P 值达 8.09。

关键词: ZrO₂; 异构合成; 异丁烯; 焦耳热冲击

- [1] Zhang, R., Wang, K., Xing, Y., et al. Research advances on ZrO₂-based catalysts for CO hydrogenation to isobutene, *Fuel*, 380 (2025): 133139.
- [2] Zhang, J., Zhang, R., Xing, Y., et al. Highly selective formation of isobutene over Zn modified m-ZrO₂ catalyst from syngas, *Molecular Catalysis*, 553 (2024): 113801.

拟交流类型: 墙报

Boosting low temperature CO₂ methanation of Co-based monolithic catalysts via 3D printing technology-induced heat/mass-transfer enhancementsQiqi Du^a, Kangzhou Wang^b, Qingxiang Ma^a, Xinhua Gao^a, Tian-Sheng Zhao^a, Jianli Zhang^{a,*}^a State Key Laboratory of High-efficiency Utilization of Coal and Green Chemical Engineering, College of Chemistry & Chemical Engineering, Ningxia University, Yinchuan 750021, Ningxia, China.^b School of Materials and New Energy, Ningxia University, Yinchuan 750021, Ningxia, China.

Email: zhangjl@nxu.edu.cn

CO₂ methanation is an effective way to achieve CO₂ emission reduction and resource utilization. In this paper, a series of cobalt-based monolithic catalysts with different active component contents were precisely designed using the stereolithography three-dimensional (3D) printing technology. Compared with the 60%Co-Al-O@C- powder catalyst, the 60%Co-Al- O@C

国家自然科学基金 (22368041)

catalyst with a helical structure exhibits significantly improved catalytic performance at 250 °C: the CO₂ conversion rate reaches 48%, the CH₄ selectivity reaches 98.3%, and the catalytic performance is relatively improved by 17%. The powerful strategy for catalyst fabrication not only provides a new concept of regulating performance of Co-based catalysts but also holds a great promise to spread into other catalytic systems for targeted synthesis.

Keywords: CO₂ methanation ; Structure design; Performance enhancement

- [1] Alipour, Z., Babu Borugadda, V., Wang, H. & Dalai, A. K. Syngas production through dry reforming: A review on catalysts and their materials, preparation methods and reactor type. Chemical Engineering Journal 452, 139416 (2023).
- [2] Moshkovitz, M. Y., Paz, D. & Magdassi, S. 3D Printing Transparent γ -Alumina Porous Structures Based on Photopolymerizable Sol–Gel Inks. Adv Materials Technologies 8, 2300123 (2023).

拟交流类型：仅发表论文

二硒化钼中间层增强型雨滴摩擦纳米发电机的能量转换定量分析

郑阳*, 周伟家

济南大学

摩擦纳米发电机 (TENG) 凭借对不规则低频雨滴能量的高效捕获能力, 成为多雨地区环境能量采集的关键技术。本研究突破性地 将二硒化钼 (MoSe₂) 纳米片引入 TENG 结构作为中间层, 通过构筑电子捕获活性位点, 在无表面改性处理条件下, 成功将器件的短路电流 (I_{sc}) 和开路电压 (V_{oc}) 提升至 1.2 mA 和 120 V, 显著增强了能量转换性能。在理论建模方面, 创新性地融合空气浮力与粘性阻力模型, 对动能计算和电流积分 (KECCI) 方法进行系统性改进, 建立了普适性的能量转换效率计算框架, 有效填补了该领域精确理论模型的研究空白。此外, 通过开发全固态超级电容器与 TENG 集成, 构建了具备自供能特性的储能系统。该集成设备成功驱动智能无线传感系统, 实现对环境参数的实时监测, 为智慧城市建设提供了可行的技术方案。本研究不仅揭示了二维材料在 TENG 中的作用机制, 为中间层材料的开发提供了理论依据, 其构建的集成系统及传感应用, 更为自供能物联网设备的发展提供了重要的技术支撑与创新思路。

拟交流类型：仅发表论文

基于飞秒激光液相加工的高熵陶瓷胶体超快制备

李泰赫*

上海交通大学

高熵陶瓷作为具有广阔应用前景的新兴材料, 在热障涂层、催化和生物医学等领域展现出优异性能。然而, 传统固相反应法虽可制备块体高熵陶瓷, 却难以实现分散良好的纳米胶体制备。针对这一挑战, 本研究采用飞秒激光液相烧蚀技术, 选用 RE₂(Ce_{0.2}Zr_{0.2}Hf_{0.2}Sn_{0.2}Ti_{0.2})₂O₇ (RE = Sm, Eu, Er) 高熵陶瓷片作为烧蚀靶材, 在乙醇溶液中实现了高效的超快胶体合成。结合扫描电镜、透射电镜、及能谱分析等表征手段, 系统深入地研

究了烧蚀靶材表面微结构的演变以及合成胶体的形貌特征、晶体结构和元素组成分布。研究表明，飞秒激光烧蚀过程中光热熔化与光机械破裂两种机制协同作用：光热烧蚀机制主导球形纳米颗粒的形成，而光机械破裂机制则产生不规则形状的颗粒。其中，所合成的纳米材料普遍呈现非晶态结构，这主要归因于熔融材料经历的超快淬火过程。能谱分析结果揭示了显著的尺寸依赖性元素分离现象：尺寸小于 10 纳米的颗粒表现出 Sn 元素富集的特征，而其他元素含量相对较低；相比之下，大尺寸颗粒则很好地保持了多元素的均匀分布，充分体现了原始材料的高熵特性。此外，在合成产物中观察到的拖尾状纳米结构，其内部包含细长孔洞的独特形貌，证明了孔洞冻结与气泡捕获等复杂的物理机制。本研究阐明了飞秒激光液相烧蚀高熵陶瓷制备胶体的机理，为超快合成技术制备功能纳米材料提供了新思路，将高熵陶瓷从块体尺度降维至纳米尺度，为理解陶瓷材料的激光烧蚀动力学和胶体形成机制提供了重要见解。