

分会场一：纳米化学分会

团簇诱导亚纳米材料的可控制备及其电池性能研究

刘俊利*

北京航空航天大学

报告人首次提出了一种新的物质生长模式——“团簇-晶核共组装”方法，初步实现了在亚纳米尺度对无机材料组分和结构的精准调控，为亚纳米尺度物质构效关系研究奠定了坚实的材料基础。基于“精准合成”的目标，利用尺寸约为1纳米且具有明确结构的多酸团簇干预材料成核过程，实现了亚纳米材料在“三维-二维-一维”三种维度上的定向设计和精准构筑，建立了通用的无机组分-多酸杂化亚纳米材料合成方法；基于“功能导向”的目标，进一步扩展“团簇-晶核共组装”方法的适用范围，实现了低维亚纳米材料从单组分亚纳米材料到高熵亚纳米材料的成功制备；基于精准构筑的亚纳米材料组成和结构，深入研究了其在电/光电催化、电池储能方面的性能，结合理论计算，建立了组分-结构-性能之间的本征关系。

关键词 多酸团簇；低维亚纳米材料；锂离子电池；钠离子电池；金属-空气电池

软晶格低维半导体的超结构设计及界面物性

张树辰*

中国科学技术大学

传统共价低维材料具有稳定的晶格结构与高载流子迁移率，但其制备通常依赖高温、高真空等复杂条件，难以实现低成本、大面积的可控生长，限制了其大规模集成应用的可能性。相比之下，软晶格低维半导体材料，尤其是有机无机杂化钙钛矿，凭借低温溶液法加工、自发层状组装能力以及丰富的化学可调性，在材料合成、组分工程和尺度放大方面展现出显著优势。其柔性的有机-无机框架不仅带来优异的缺陷容忍性，还利于实现器件级别的制备工艺兼容性。然而，由于缺乏面内强化学键作用，其也面临构建超结构（超晶格或定向堆叠结构）时的内在挑战，进而限制其在方向性光电响应和结构功能集成方面的进一步发展。基于此，本研究基于二维钙钛矿的物化特性，开发了一系列模板法成功构建了基于软晶格二维钙钛矿的不同超晶格结构，并分别考察了结构关联的界面物性。具体而言，以二维钙钛矿为模板，结合异丙醇溶液中的阳离子交换机制，实现了超薄ABX₃钙钛矿二维晶体的制备，进而首次构建了方型moiré超晶格结构，实现了平带调控与相关激子光学性质调控，提供了低维材料物理研究的新平台。进一步利用其面内应力分布差异，发展溶液相下的自刻蚀策略，结合内嵌生长，首次实现了原子级界面衔接的二维钙钛矿马赛克超结构。总之，二维钙钛矿超结构的构建不仅为理解钙钛矿离子晶格结构转变与提升结构稳定性提供了原子角度的理解，还为发现新奇的光学性质创造了新的材料平台。

关键词 软晶格；二维钙钛矿；超结构；界面物性

抗热猝发光

黄岭*

新疆大学

荧光热猝灭自发现以来就一直互相纠缠，而且对能量转换效率相对较低的稀土掺杂上转换发光进一步应用的限制更为严重。多种策略被用来实现抗热猝上转换发光，比如通过将上转换纳米颗粒表面的吸附物脱附来减少吸附物对发光的吸收进而使得发光变强，通过晶体内部的缺陷提供能量补偿，选择具有刚性框架结构的主体材料，以及选用具有热布居能级的发光离子通过损失较低能级的发光而实现较高能级的发光热增强等。但它们要么受限于纳米材料，要么不具有普适性。在此汇报我们在解决抗热猝上转换发光（或者发光热增强）方面的设计原理与应用，比如弗伦克尔缺陷辅助上转换发光，依靠具有正热膨胀/负热膨胀性能的核/壳纳米结构在高温下产生的巨大压力而抑制主体材料中的多声子弛豫过程，从而使得更多的能量用于发光。[1-5]

关键词 稀土；上转换发光；抗热猝；机理；应用

基于中子衍射技术的固态电解质离子传输机制研究

高磊^{*1}、韩松柏³、邹如强^{1,2}

1. 北京大学深圳研究生院

2. 北京大学

3. 南方科技大学

全固态电池因其具备优异的安全性和潜在的高能量密度，被广泛认为是下一代储能技术的重要发展方向。固态电解质作为其中的核心组成部分，其离子传导性能直接决定了电池的整体性能与可行性。当前固态电解质的离子传输机制仍面临诸多问题，如离子电导率较低、结构-性能关系不明确、传输机制理解不足等，需要从材料的微观结构层面深入解析其离子迁移行为。中子衍射因其对轻元素（如锂、氧、氢等）的高灵敏性，已成为表征固态电解质晶体结构和离子传输机制的关键工具。通过获取晶体结构空间群、局域结构、温度因子、原子占位、缺陷态分布及扩散路径信息，中子衍射能够揭示固态电解质材料内部的本征离子迁移机制。我们通过中子衍射技术对固态电解质展开以下研究：（1）发现了固态电解质结构中的团簇阳离子取代机制；（2）阐明了固态电解质晶格缺陷是调控其离子电导率的重要因素；（3）揭示了阴离子基团的“桨轮效应”可显著降低固态电解质结构中的离子迁移势垒。以上研究探讨了固态电解质结构调控与离子电导率之间的构效关系，为新一代高性能固态电解质材料的设计与开发提供理论依据与实验范式。

关键词 中子衍射；固态电解质；离子传输机制

金属催化材料原子有序调控

张志成*

天津大学

能源小分子催化转化作为缓解全球能源危机和环境污染的关键技术路径，具有重要的科学意义与应用价值，是响应国家“双碳”战略重大部署的核心领域。探究小分子在金属催化材料上的动态转化机制与电子调控规律，是构建高效催化剂理性设计与定向合成的理论基础。然而，如何在原子精度层面实现金属活性中心与表面微环境的精准构筑，进而突破小分子活化能垒与产物选择性的协同优化难题，仍是当前催化材料领域亟待突破的关键科学挑战。

针对多相金属催化体系均相化特性难以调谐这一领域瓶颈，发展金属原子有序调控策略有望填补金属催化材料领域的鸿沟，报告人以亚稳态金属催化材料的原子尺度精细调控为核心，发展了异质原子掺杂、晶相耦合缺陷、维度耦合空间三种原子精度调控策略，分别实现了金属原子间距、金属原子空位、金属原子限域的有序调控，创立了亚稳态金属催化材料动态演化调控的新理论框架，实现了金属催化材料“原子经济性利用”与“过程能效优化”的双重跨越，为开发新一代智能化催化系统提供了范式性解决方案。

关键词 纳米电催化材料；金属材料；原子有序调控；低碳小分子催化转化

圆偏振敏感的ReS₂单层单晶的手性传递外延

蒋俊杰^{1,2}、王晓³、王丹阳¹、王珊珊^{*1}

1. 国防科技大学空天科学学院

2. 中南大学物理学院

3. 中国科学院深圳先进技术研究院

二维半导体材料的外延生长对于实现超越硅基半导体技术所需的晶圆级单晶薄膜具有重要意义。然而，在生长低对称性二维单晶时，如何同时精确控制其面内和面外（即手性）取向仍是一项重大挑战。本文以三斜晶系的ReS₂单层为模型体系，展示了在绝缘手性表面上，通过台面、台阶与扭结协同作用，实现了具有一致面内取向和可控手性的单晶ReS₂的外延生长，手性选择性超过97.5%，面内取向一致性超过99%。所得晶体在光电探测中表现出1.9的各向异性比（与剥离样品相当），并对圆偏振光具有高区分能力（不对称因子0.31）。理论计算结合多种显微与光谱技术揭示，台面主导外延生长方向，而台阶与扭结则打破了ReS₂在面内取向和手性上的能量简并。该方法同样适用于其他低对称性二维单晶材料（如单斜晶系MoO₂）的手性外延生长。我们的方法拓展了二维材料生长的控制维度，实现了手性从衬底向二维材料的传递，为大面积、高手性选择性二维单晶材料的合成提供了新路径。

关键词 二维材料，二维手性，可控制备

有机电注入泵浦激光的探索

付红兵*

北京石油化工学院

全固态激光器具有体积小、单色性好、方向性强、亮度高等特点，近年来受到了极大的关注。尤其是科技发展要求器件微型化、多功能化的今天，有机微纳晶激光材料因其价格低廉、可通过分子裁剪调控全光谱范围的激光波长、可在柔性基底上大规模集成等优点，有着巨大的应用潜力。基于激光器件的关键科学技术问题，从材料设计的源头出发，通过精准可控的自组装技术，实现在激光增益介质和激光谐振腔这两个核心技术上的突破。目前，已经实现高性能激光器件的波长从紫外区到近红外区的全光谱覆盖；通过激光微加工技术和图案化组装技术，实现了有机、有机/无机杂化的微纳晶激光阵列的设计；基于有机微纳晶激光材料实现微纳光子学器件的设计与应用。瞄准有机电泵浦激光这一重要科学前沿，从新材料、新技术、新原理上尝试解决其关键科学技术问题。

关键词 有机激光；有机电致发光；有机单晶器件；受激辐射；激子极化激元

单颗粒、单分子成像仪器在能源、环境分析中的应用

唐波*

崂山实验室

在环境与能源研究领域，颗粒表面电子的原位检测与时空动态行为表征是理解复杂化学反应机制、优化能源转化过程的关键。我们发展了单颗粒表面电子的荧光成像技术与仪器，实现了单颗粒三维建模与成像仿真、颗粒识别、图像信号增强和单分子定位等功能。基于开发的仪器，结合“电子荧光标签”，实现了颗粒表面电子的时空动态分布的可视化。发现反应中电子在TiO₂表面原位产生，并向碳纳米管传输的过程，材料表面反应活性位点存在显著的动态重构变化，呈现与颗粒化学组成和结构依赖的空间异质性；成像观察到电场调控的BiVO₄表面光电子与空穴的再分布行为，揭示了其与外电场的方向和强度密切相关；通过对外磁场下ZnO纳米棒表面电子的成像分析，首次观察到了一维纳米材料上的霍尔效应；探测了类囊体与细菌界面间的能量转移和电子转移过程，确认了类囊体可以通过能量分子供应和电子传递双路径为大肠杆菌供能。以此为基础，我们构建了系列催化剂和催化反应体系，实现了光驱动高效化学品合成。

关键词单颗粒；单分子成像；表界面分析；催化；能源

二维异质结表界面电化学

曹阳*

厦门大学

能源电化学中电极表面几个原子层的结构和性质决定了电极界面处的物质传递和能量转换过程。因此，实现电极表面层和表面位点在原子尺度的精确排布、可控组装和动态调控以全面揭示界面微观反应过程是相关领域一直以来的追求。二维材料及其异质结构由于其独特的单原子层厚度和丰富的性质和层层组装自由度，为揭示各原子层在电化学反应中的作用提供理想的模型体系，也为按需设计电极表面结构提供材料基础。基于此，报告人利用二维材料异质结建立了逐原子层精准构筑电化学反应界面的新方法，从分子和原子尺度深入探索了电极表面层和表面位点的组成、分布和尺寸等对典型能源电化学反应的影响规律，本报告将着重介绍以下两个方面研究进展：1) 解耦电极的表面原子层和体相原子层对电极反应的分别贡献，并用于指导开发单原子层助催化剂提升反应性能的普适性策略。2) 构建二维异质结边缘组合表面，解答了电化学反应过程随电极尺寸从单原子极限到微米尺度的连续演变规律，为理解单个反应位点处的尺寸效应提供了直接的实验证据。

关键词 界面微观结构；二维材料异质结；界面精准构筑；电化学；反应机制与调控

碳基催化剂的界面化学

王欢*

南开大学

基于两电子还原路径利用可再生能源产生的电能将CO₂和O₂转化是一种绿色制备化学品的重要途径。其中，碳基催化剂具有化学惰性、高效的电子传输能力及结构易调等特点，极具潜力的候选材料，也是研究电催化机理的理想模型。但本征碳材料催化活性低，CO₂/O₂在三相界面传质慢等问题，限制了电催化性能。针对上述关键科学问题，我们以石墨烯、碳纳米管、石墨炔等新型纳米碳材料为研究对象，通过发展可控的合成方法和化学修饰策略，提高碳材料的本征催化活性，并结合界面调控策略，增强传质过程，提高电催化性能，并以sp²和sp碳材料为模型体系，揭示电催化CO₂/O₂还原过程中的能质传递规律。主要包括：1) 建立了前驱体调控的配位-掺杂一体化生长方法，实现了对石墨烯金属掺杂位点的精准调控，激活了惰性碳基面，构筑了系列碳材料限域单原子催化模型，解析了从生长参数-电子结构-性质-CO₂电还原性能的构效关系，阐述了前驱体分子构型和结构对活性位点电子结构和CO₂电还原选择性的决定性作用。2) 基于化学气相沉积生长策略和自组装方法可控制备界面CO₂浓度梯度层，通过调控碳纳米管长度有效缩短传质边界层，增强催化剂界面层浓度梯度效应，实现膜电极体系内超低CO₂和模拟烟道气的高选择性还原。3) 开发碳纳米管在石墨炔表面的原位生长策略，基于石墨炔中sp-C和碳纳米管中sp²-C的化学差异性，向石墨炔基体中定点引入醚氧基团修饰的正电性碳位点，促进O₂活化，结合碳纳米管高导电性和界面疏水性，实现中性介质中稳定高效制备H₂O₂。

关键词碳基催化剂，CO₂/O₂电还原，界面调控

超级蒙烯材料：从外延生长到性质计算

孙秀彩*¹、刘忠范²

1. 北京石墨烯研究院

2. 北京大学化学与分子工程学院

作为石墨烯材料家族的新成员，超级蒙烯材料是通过化学气相沉积（CVD）工艺在传统材料表面直接生长连续态石墨烯而形成的新型复合材料。通过传统工程材料表面构建高性能石墨烯“蒙皮”，赋予基材全新的功能特性，让原子级厚度的石墨烯薄膜搭乘传统材料载体走进市场。实验研究的突破得益于理论研究的深入探索，我们运用第一性原理计算、分子动力学模拟和高通量机器学习等方法，对石墨烯“蒙皮”从生长到应用的关键科学问题开展了系统研究。基于化学气相沉积过程中气相-表面反应机制的研究，我们建立了适用于金属和非金属基材的石墨烯生长理论框架；通过对石墨烯抗氧化性、水氧阻隔性能以及跨尺度热传导特性的深入解析，为实现连续态石墨烯薄膜的大规模工程化应用提供了理论支撑和技术路径。

关键词 超级蒙烯材料；化学气相沉积；石墨烯生长；性质；跨尺度计算

固态锂硫电池固固界面结构调控与性能研究

周建斌*

中国科学技术大学

固态锂硫电池兼具高比能和高安全性等优点，是发展超越传统电池体系的重要研究方向。固态锂硫电池正极依赖于硫材料自身传输电荷并实现氧化还原反应。但是，硫的电子绝缘特性以及电化学过程中的巨大体积变化使得质荷难以在动态的固态界面实现稳定传输。此外，锂金属负极界面枝晶生长及其与固态电解质界面的机械、化学稳定性差等挑战，进一步限制了固态锂硫电池的应用与发展。本报告将围绕固态锂硫电池的正负极界面的挑战，探讨固固界面结构调控的新方案：1) 设计了锂金属负极固态界面保护层，提出了新型离子传输策略，克服了锂金属负极固态界面挑战；2) 提出了硫晶体结构调控工程策略，开发了具有高电子电导率、固态界面可修复的新型正极材料，解决了固态锂硫电池正极界面质荷传输不稳定难题。

关键词 固态电池，锂硫电池，固态界面，硫正极，锂金属负极

中空多壳层结构的可控合成与能源催化

王丹*

深圳大学

中空多壳层结构 (HollowMultishelledStructure, HoMS) 是一种独特的多功能结构体系, 为材料的多功能化提供了结构基础。独特新颖HoMS的精准合成是合成化学的巨大挑战! 本研究建立了HoMS的普适可控合成新方法: 次序模板法, 揭示了HoMS是浓度波宏观表现的物理本质, 实现了其精准合成; 发现了HoMS独特的时空顺序新颖属性, 拓展了其应用领域; 揭示了HoMS的有效表面与物质传递的协同调控规律, 实现了HoMS高效能源和有序敏感固体材料的创制。将中空结构与二维材料结合起来, 构建了综合性能最优的非贵金属燃料电池器件, 为低成本燃料电池的开发提供了新思路。

关键词中空多壳层结构、精准合成、能源催化、燃料电池

碳基生物电子界面材料化学

刘楠*

北京师范大学

报告聚焦“碳基生物电子界面材料化学”，针对碳基材料与生物组织/器官的界面接触自由能高和电荷传输效率低的关键科学问题，在发展碳基生物电子界面材料方面取得突破：（1）创新碳基生物电子界面表征方法，提出“亚微米自适应形”和“电容耦合增强”策略构筑高效稳定的生物电子界面；（2）调控“限域弱相互作用”，优化碳基材料界面电荷排布，制备电容耦合增强的碳基生物电子界面材料；（3）开发折叠超晶格结构的光电响应生物电信号调制新技术，为发展碳基智能材料化学提供新思路。

关键词 纳米碳基、聚合物、界面作用、材料化学

太阳能驱动的化学反应研究

徐东升*

北京大学

利用太阳能来驱动化学反应是实现“双碳”战略目标的重要途径之一。我们课题组最近围绕二氧化碳转化过程中的光电活化新机制展开了探索研究。针对传统光催化太阳能利用波长范围窄的问题，设计了集捕光、光热转化、助催化一体的全太阳光范围内的光热催化反应。发展了全光谱干重整反应光热催化剂Rh/Ce_xW₀₃和Rh/LaNiO₃，实现了超过10%的太阳能到化学能转化效率，并提出了加快晶格氧迁移的光诱导金属-金属电子转移活化新途径。设计了新的光电活化途径，有效调控了催化剂表面活性位点的电子性质，实现了富氢环境下CO高选择性氧化和逆水汽转化反应高的反应活性和近100%CO选择性。

关键词 太阳能

多孔纳米催化剂可控合成与性能调控

李国栋*

国家纳米科学中心

随着合成化学的快速发展，新兴的多孔材料不断出现，它们通常具有多样的拓扑结构、丰富的金属位点、多样性的有机配体、规则且可调的孔道、极大的比表面积等优良性质，这些将有望为高性能纳米催化剂的构筑提供重要的平台。本次报告主要围绕着新型多孔纳米材料及其复合材料的结构设计、可控合成及其催化性能方面展开，包括以下3个方面的内容：1) 发展了多孔晶态材料中构筑双单金属催化位点的策略，实现了空气气氛下两者协同高选择性氧化烯烃制备环氧烷烃。2) 发展了MOF基仿酶“纳米口袋”的可控合成策略，利用单齿配体的变构效应显著提升金属节点催化乙酰丙酸酯氢化制备 γ -戊内酯的性能。3) 发展了纳米粒子与MOF复合结构的可控合成策略，实现了两者限域孔道内协同催化加氢。这些将为高效多孔纳米催化剂的设计和可控制备提供新思路。

关键词 晶态孔材料；纳米粒子；微环境调控；协同催化

硅基负极SEI的表征与可控构筑

杨卢奕*

北京大学深圳研究生院

高比容量硅基负极的应用已成为提升锂离子电池能量密度的关键方向之一。然而，在充放电过程中，其剧烈的体积膨胀与收缩不仅易导致活性颗粒与导电网络的脱离，还会引发固态电解质界面（SEI）层的持续破坏与重建，加速界面老化，最终造成容量快速衰减。本研究通过多种先进表征手段，系统解析了硅颗粒表面SEI的形成与演化过程，并提出了因SEI老化引发界面导电网络坍塌的失效机制。在此基础上，通过电解液工程实现了SEI的可控原位构筑，从化学组成与结构特征两方面精准调控界面特性。所构建的SEI能够更好适应硅基负极的体积变化，有效缓冲应力积累，维持电极结构稳定性，从而显著提升了循环寿命与电化学性能。

关键词 锂离子电池；硅基负极；SEI；电解液

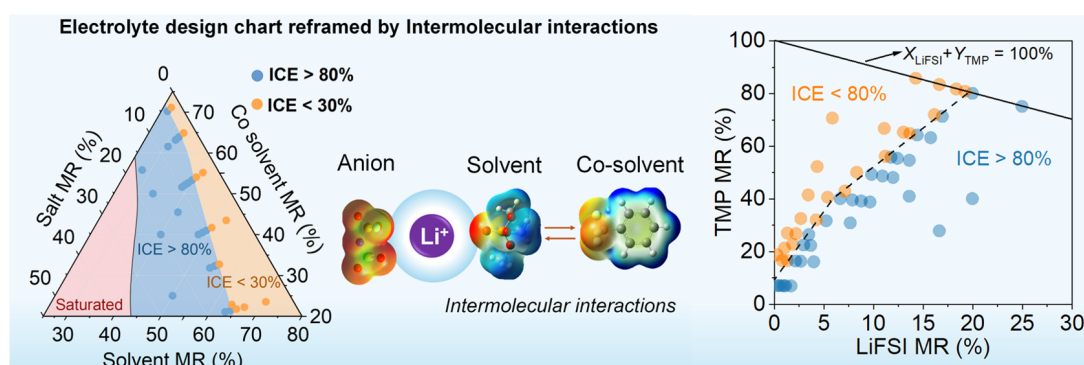
电解液结构设计与电池性能

潘慧霖

浙江大学 化学系

*panhuilin@zju.edu.cn

摘要正文： 电解液对二次电池技术的性能至关重要。通常情况下，电解液被视为一种无序或各向同性的液态混合物，我们对其结构的认识主要集中在局部配位结构上。最近的研究发现，电解液成分的空间分布可以通过溶剂分子之间的相互作用显著调控。本报告将详细讨论电解液中弱相互作用（如溶剂-溶剂分子间相互作用）对电解液局部和长程结构的影响和调控作用。同时，我们还将探讨电解液的微观结构与其宏观物理化学性质及离子输运机制之间的关系，并讨论提升电解液电化学稳定性和离子扩散输运性能的方法。通过结合系统谱学和机器学习辅助分类方法，我们提出并展示了由溶剂-溶剂分子间相互作用调控的电解液设计图，以及一种半定量的电解液设计标准，用于预测电池的电化学性能。



一些化学参数的变化规律 → 宏观电解液性质的设计和预测

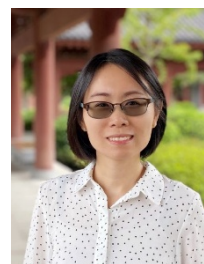
关键词： 电解液结构设计；电池性能；离子输运

参考文献

- [1] Ma, M., Chen, B., Yang, X., Liu, Y.,... & Pan, H. *ACS Energy Letters*, 2022, 8, 477-485.
- [2] Ma, M., Chen, B., & Pan, H. *Chemical Science*, 2023, 14(22), 5983-5991.
- [3] Ma, M., Chen, B., Tu, Y., & Pan, H. *ACS Energy Letters*, 2024, 9, 4655
- [4] Huang, R., Guo, X., Chen, B., Ma, M., Chen, Q.,... & Pan, H. *JACS Au*, 2024, 4, 1986.
- [5] Zhang, C., Chen, B., Chen, Q., ,...Lu, J. & Pan, H., *Advanced Materials*, 2024. 36, 2405913.
- [6] Zhang, C., Chen, B., Chen, Q., Tian, C.,..... & Pan, H., *ACS Energy Letters*, 2024. 9, 4691.

报告人/墙报展示人简介:

潘慧霖，浙江大学化学系博士生导师。2019年入选国家海外高层次人才青年项目，目前主持国家重点研发青年项目、国家自然科学基金联合基金、浙江省杰出青年等课题。在 Nat. Energy、Nat. Nanotechnol.、Nat. Commun.、Adv. Mater.、Adv. Energy Mater.、Energy Environ. Sci.、ACS Energy Lett.等国际顶级学术期刊发表SCI论文80余篇，论文引用14000余次，授权美国专利3项，申请中国专利13件。目前担任中国化学会女化学工作者委员、浙江省化学会理事、浙江省能源研究会储能专委会委员、交叉材料学科期刊学术编辑、Nano Research青年编委等。



碳纳米笼的创制及能源应用

胡征

南京大学化学化工学院，南京，210023

Email: zhenghu@nju.edu.cn

摘要正文：近40年相继发现了富勒烯、碳纳米管、石墨烯和石墨炔，纳米碳材料是当今最令人关注的前沿领域之一。我们课题组长期致力于微纳材料物理化学研究，近十年来发明了介观结构碳纳米笼新材料。介观结构碳纳米笼具有微孔-介孔-大孔连通共存、质-荷高效协同运输、活性物种高效利用等本征特点，成为碳材料领域的新增长点。本文将着重介绍：①碳纳米笼新材料的制备科学和特点，②基于碳纳米笼的微纳复合及其性质和功能（着重于能源存储和转换，吸附和催化），③推进碳纳米笼走向产业应用的思考 and 努力。[1-10]

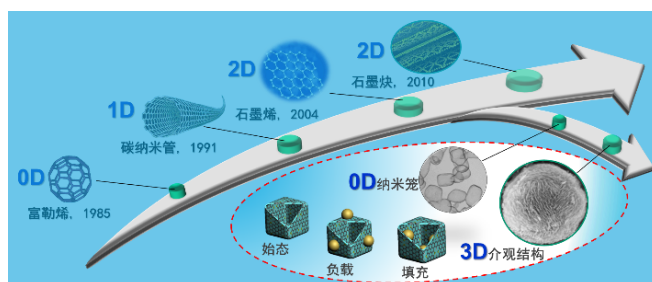


Fig. 1 Schematic diagram of the research history of nanocarbon materials. Carbon nanocages have become a new growth point in the field of nanocarbon materials.

关键词：碳纳米笼，介观结构，等级孔，能源存储与转化，构效关系与机理

参考文献

- [1] 胡征、吴强、陈轶群，第九章 碳纳米笼，《中国新材料研究前沿报告 2021》化学工业出版社，北京 **2022**，第230-255页
- [2] Q. Wu, L. J. Yang, X. Z. Wang, and Z. Hu, From carbon-based nanotubes to nanocages for advanced energy conversion and storage. *Acc. Chem. Res.* **50** (2017) 435. (综述)
- [3] Q. Wu, L. J. Yang, X. Z. Wang, Z. Hu, Carbon-based nanocages: a new platform for advanced energy storage and conversion. *Adv. Mater.* **32** (2020) 1904177. (综述)
- [4] Z. Q. Zhang, Y.G. Chen,... and Z. Hu, The simplest construction of single-site catalysts by the synergism of micropore trapping and nitrogen anchoring. *Nat. Commun.* **10** (2019) 1657.

- [5] Z. Shen, G. H. Chen, ...and Z. Hu, Self-enhanced localized alkalinity at the encapsulated Cu catalyst for superb electrocatalytic nitrate/nitrite reduction to NH_3 in neutral electrolyte. *Sci. Adv.* 10 (2024) eadm9325.
- [6] F. F. Xu, B. Feng,... and Z. Hu, Oxygen-bridged Cu binuclear sites for efficient electrocatalytic CO_2 reduction to ethanol at ultralow overpotential. *J. Am. Chem. Soc.* 146 (2024) 9365.
- [7] X. Y. Cheng, C. H. Mao,... and Z. Hu, Correlation between heteroatom coordination and hydrogen evolution for single-site Pt on carbon-based nanocages. *Angew. Chem, Int. Ed.* (2024)e202401304.
- [8] J. Y. Tian, M. Q. Xia,... and Z. Hu, Understanding Pt active sites on nitrogen-doped carbon nanocages for industrial hydrogen evolution with ultralow Pt usage. *J. Am. Chem. Soc.* 146 (2024) 33640.
- [9] Z. X. Sun, C. K. Zhou,... and Z. Hu, Decoupling activity-selectivity trade-off in photothermal catalytic CO_2 hydrogenation: a hydrogen spillover-assisted dual-site synergy mechanism. *Angew. Chem, Int. Ed.* (2025) DOI: 10.1002/anie.202508090.
- [10] Z. Shen, F. F. Xu, ... Z. Hu, Highly accessible electrocatalyst with in situ formed copper-cluster active sites for enhanced nitrate-to-ammonia conversion. *ACS Nano* 19 (2025) 4611.

Creation and Energy Applications of Carbon Nanocages

Hu Zheng

School of Chemistry and Chemical Engineering, Nanjing University, Nanjing 210023

Email: zhenghu@nju.edu.cn

In the past 40 years, fullerenes, carbon nanotubes, graphene, and graphdiyne have been discovered successively. Nanocarbon materials are among the most fascinating frontier fields today. Our research group has long been committed to the study of physical chemistry of micro- and nano-materials. In the past decade, we have invented a new type of mesostructured carbon nanocages. Mesostructured carbon nanocages possess intrinsic characteristics such as the coexistence of interconnected micropores, mesopores, and macropores, efficient synergistic mass-charge transport, and high utilization of active species, thus emerging as a new growth point in the field of carbon materials. This talk will focus on three aspects: ① the preparation science and characteristics of the new carbon nanocage materials; ② the micro-nano composites based on carbon nanocages, as well as their properties and functions (with emphasis on energy storage and conversion, adsorption, and catalysis); ③ thoughts and efforts to promote the industrial application of carbon nanocages.

报告人简介：



胡征 南京大学化学化工学院教授，长期在微纳材料物理化学领域进行探索，在纳米/介观结构新材料的生长机理、材料设计、能源应用及调控机制研究方面取得重要进展，特别在碳纳米笼新材料的创制和性能研究方面作出了创新而系统的成果。国家杰出青年基金获得者，教育部长江学者特聘教授，教育部创新团队带头人，中国化学会会士，中国微米纳米技术学会会士，中国微米纳米技术学会微纳复合材料分会理事长，江苏省材料学会理事长。

铋基二维半导体的创制与界面物理化学

彭海琳

北京大学化学与分子工程学院，100871

*Email: hlpeng@pku.edu.cn

后摩尔时代，传统硅基半导体材料在芯片尺寸微缩极限下遇到短沟道效应等关键挑战，功耗上升和算力不足等瓶颈问题日益突出，亟需芯片关键新材料、先进架构及三维异质集成技术的创新。本报告将介绍课题组创制的高迁移率铋基二维半导体、高 κ （介电常数）原生氧化物栅介质以及外延界面异质集成方面的研究进展。新型二维铋基半导体氧化铋 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}$ 不仅具有超高迁移率、合适带隙、环境稳定，可与高 κ 自然氧化物 Bi_2SeO_5 栅介质形成高质量异质界面等独特材料优势，含铋重元素二维体系还具有很强的自旋轨道耦合和 $6s^2$ 孤对电子效应，能产生铁电、自旋极化和新奇量子态，有望构筑下一代高速低功耗电子及自旋器件。我们率先开发了超高迁移率二维半导体 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}$ 和高 κ 栅介电层 Bi_2SeO_5 ，实现了晶圆级二维半导体单晶制备和界面调控，构筑了高性能场效应晶体管、逻辑门器件、光电器件、偶数量子霍尔效应器件、首例外延高 κ 栅介质集成型二维鳍式晶体管和二维环栅晶体管，为未来高性能芯片的发展提供了一种可能的材料选择。

关键词：二维材料；铋基二维半导体；二维鳍式晶体管；二维环栅晶体管

参考文献

- [1] Tan, C.W.; Peng H.L., et al. *Nature* 2023, 616, 66.
- [2] Zhang Y.C.; Peng H.L., et al. *Nature Electron.* 2022, 5, 643.
- [3] Li, T.R.; Peng H.L., et al. *Nature Electron.* 2020, 3, 473.
- [4] Wu, J.X.; Peng, H.L., et al. *Nature Nanotech.* 2017, 12, 530.
- [5] Tang, J.C.; Tan, C.W.; Qiu, C.G.; Peng H.L., et al. *Nature Mater.* 2025, 24, 519.
- [6] Wang, Y.N.; Peng, H.L., et al. *Nature Mater.* 2024, 23, 1495.
- [7] Zhang C.C.; Peng H.L., et al. *Nature Mater.* 2023, 22, 832
- [8] Cong, X.Z.; Peng, H.L., et al. *J. Am. Chem. Soc.* 2024, 146, 30, 20837.
- [9] Wang, J.Y.; Yan, B.H.; Yuan, H.T.; Peng, H.L., et al. *Nature Nanotech.* 2024, 19, 1452.
- [10] Tan, C.W.; Peng, H.L., et al. *Nature Reviews Electrical Engineering* 2025, 2, 494.

报告人/墙报展示人简介:

彭海琳，北京大学博雅特聘教授，国家杰出青年科学基金获得者，教育部长江学者特聘教授，中组部“万人计划”科技领军人才，国家重点研发计划首席科学家，中国化学会会士。吉林大学学士（2000年）、北京大学博士（2005年），斯坦福大学博士后（2005~2009年），2009年到北京大学工作至今。主要从事二维材料物理化学研究，在高迁移率二维材料（石墨烯、铋基二维材料等）的精准合成、界面调控、制备装备研制和器件应用方面取得进展，获2023年度中国半导体十大研究进展、中国芯片科学十大进展。已发表论文280余篇（含Science和Nature及子刊40余篇），出版学术著作3部，授权专利70余项，部分成果已经推广应用。曾获教育部自然科学一等奖、国家自然科学基金二等奖、教育部青年科学奖、科学探索奖、明珠学者奖、Small Young Innovator Award、茅以升北京青年科技奖等荣誉或称号。现任北京大学化学与分子工程学院院长、北京大学纳米科技中心主任、北京大学石墨烯产业技术研究院（BGI）副院长、国家纳米科学中心副主任（兼）、北京分子科学国家研究中心副主任。

