

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

FB03-低维轻元素材料与器件
FB03-Low-Dimensional Light-Element
Materials and Devices

主办单位

中国材料研究学会

会议网址: <https://cmc2025.scimeeting.cn>



FB03 低维轻元素材料与器件

分会主席：符汪洋、刘磊、史志文、王立芬、张晓艳

拟交流类型：口头报告

1169

基于差分衬度成像的铁电氧化物构效关系的定量研究

廖磊^{*1,3}、杨庆^{1,3}、蔡尘^{1,3}、周勇²、孙华聪^{1,3}、黄旭丹^{1,3}、陈潘^{1,3}、王建林^{1,3}、李晓梅⁴、田学增^{1,3}、孟胜^{1,3,5}、白雪冬^{1,3,5}、王立芬^{1,3,5}

1. 中国科学院物理研究所
2. 上海同步辐射光源
3. 中国科学院大学
4. 华东师范大学
5. 松山湖材料实验室

铁电材料具有电场可调控的自发极化特性，在非易失存储器领域展现出巨大应用潜力。铁电材料中的缺陷会引起微观应变和电子掺杂，这为调控材料中独特的物理特性开辟了新的可能性。然而，理解这些深埋的缺陷结构与由此产生的物理性质之间的关系是一个长期的挑战。我们通过使用对轻元素敏感的原子分辨积分差分相位衬度成像技术（iDPC）结合谱学方法，我们确定了 Nb 掺杂导致的 BFO 铁电薄膜中线缺陷的精确原子构型，这些线缺陷表现为一维的 45° 旋转的钙钛矿 BiNbO_3 单元格链。通过定量电镜图像分析氧原子相对于阳离子晶格的位移，我们揭示了这些缺陷周围的“头对头”极化分布和显著的晶格畸变。通过密度泛函理论（DFT）计算，我们进一步揭示了这些线缺陷所具有的一维金属态。这些原子尺度的发现为理解和利用掺杂效应提供了新的见解，并且为在绝缘材料内构建一维导电通道提供了新的机会，在未来的低维纳米电子器件中具有潜在的应用前景

拟交流类型：邀请报告

1184

面向生物化学感应的石墨烯边缘量子电容效应调控

符汪洋*

清华大学

包括石墨烯在内的二维材料原子暴露在外，对于外界环境变化极为敏感，其生物化学传感器能够在几分钟内检测到极低浓度的生物化学分子。许多基于亲和力的生物传感器采用非共价功能化策略固定捕获探针，并通过其与目标分子选择性结合，将溶液中目标分子检测的挑战转移到表面局部变化的监测。然而，基于范德瓦尔斯力自组装的传感界面往往面临稳定性和复现性问题。针对这一限制当前石墨烯传感器实际应用可靠性的关键问题，我们提出石墨烯边缘调控策略，基于边缘场增强量子电容效应，研发出量子电容效应生物传感器，显著提升游离氨基酸等重要小分子代谢物检测限两个数量级，并结合重氮盐化学实现石墨烯边缘的可复现共价修饰，在连续 100 次 miRNA 检测中，传感器的响应标准偏差保持在 40% 以下，同时在 10 fM 到 10 pM 动态范围内，定量检测的准确度达 93% 以上。

拟交流类型：邀请报告

1188

同时成像材料原子结构和磁畴的大角度洛伦茨 4D-STEM 电子显微方法

穆晓柯^{*1}、Sangjun Kang³、Christian Kuebel²

1. 兰州大学

2. Karlsruhe Institute of Technology (KIT), 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, Germany

3. Technical University of Darmstadt (TUDa), 64287 Darmstadt, Germany

原子排列对材料磁结构（例如铁磁磁畴、畴壁等）有着决定性的影响，例如应变场可以直接调制材料的微观磁结构。然而，实验上测量和探明材料微观磁性相关的构效关系却是一个长期存在的难题。透射电子显微镜虽然可以在关闭物镜的条件下对微纳尺度的磁场成像，但却因为光路的降级而无法获得原子尺度的分辨率，从而无法实现对材料原子结构和磁结构的直接关联。为克服这种长期以来存在的挑战，我们开发大角度洛伦茨四维扫描透射电子显微技术（LA-Ltz-STEM）：首先改变电子光路，在适应洛伦茨模式的情况下获得大角度电子衍射能力，配合 4D-STEM 数据采集逻辑，从而同时采集包含电磁场信息和原子结构信息的衍射数据，分析每一个空间采样点处的材料结构（atomic packing、orientation、strain）和该处的磁场，最终获得多物理场的多维度直接可视化关联。报告将使用铁磁非晶合金作为应用案例，可视化其在塑性形变下原子结构应变和磁结构的直接耦合。

拟交流类型：口头报告

1193

冰形核结晶的原位透射电子显微学研究

黄旭丹¹、王立芬^{*1,3}、刘科阳⁴、廖磊^{1,2}、孙华聪^{1,2}、王建林^{1,2}、田学增¹、许智³、王文龙^{1,3}、刘磊^{5,6}、江颖^{4,6}、陈基¹、王思哥^{1,3,4,6}、白雪冬^{1,2,3}

1. 中科院物理所

2. 中国科学院大学

3. 东莞松山湖实验室

4. 北京大学物理学院

5. 北京大学材料科学与工程学院

6. 北京大学轻元素先进材料研究中心 轻元素量子材料交叉平台

冰在地球上无处不在，在云物理、气候变化和低温保存等众多领域都发挥着关键作用。借助像差校正透射电镜，结合原位冷冻技术和低剂量成像技术，我们首次实现在分子水平上观测冰的形核结晶过程，证实了低温下水蒸气结晶可以形成亚稳相立方冰，并系统展示了不同晶型冰的形核生长路径。

拟交流类型：邀请报告

1426

主族元素二维材料的外延生长与界面调控

牛天超*

北京航空航天大学

外延生长是晶圆级二维材料单晶制备的关键技术，而二维材料与衬底之间的界面形成机制及其与衬底和二维材料之间的耦合作用直接决定了所生长二维材料的相结构成与性能调控。然而，目前针对外延体系中界面工程调控机制依然缺乏原子尺度的机理分析。本报告中，我将基于我们近期在外延生长各类主族元素二维材料取得的进展，聚焦“衬底-缓冲层-二维材料”多级界面耦合机制，通过扫描探针显微技术原子分辨表征与多尺度理论计算，汇报基于衬底晶格对称性与表面化学活性的缓冲层结构与性质对二维材料相选择性的调控规律；揭示前驱体在缓冲层表面的吸附、扩散及成核过程，阐明热/动力学因素对晶畴尺寸与相纯度的协同作用机制；揭示缓冲层结构、界面作用与结构性质调控规律。界面，特别是缓冲层的原子尺度研究将为二维材料外延生长的界面工程提供理论指导，为二维材料的精准合成提供工艺方法。

拟交流类型：口头报告

1483

二维材料色心发光机理的原位电子显微学研究

孙华聪^{*1}、杨庆¹、王建林¹、丁铭超¹、程谋阳²、廖磊¹、蔡尘¹、陈子韬¹、黄旭丹¹、王梓冰¹、许智³、王文龙¹、刘开辉²、刘磊²、白雪冬¹、陈基²、孟胜¹、王立芬¹

1. 中科院物理研究所

2. 北京大学

3. 松山湖材料实验室

色心是晶体中的缺陷，因改变局域电子结构而引发额外的光吸收或发射。色心具备单光子发射的潜力，在量子通讯、量子计算、量子传感等领域都有广阔的应用前景。众多材料体系中，二维材料中的色心因其具有高光子提取效率、易于集成化、光学性质可调等优势，成为近年来的研究热点。然而，由于实验技术的限制，二维材料中色心的原子构型至今仍是谜题。为了使量子技术走向应用，将稳定明亮的发射与局域晶体环境建立起关联是其中重要的一环。

我们利用球差校正透射电子显微镜中的阴极荧光技术，通过亚纳米尺寸的电子束探测二维材料中原子级缺陷的光学性质，并原位表征缺陷构型，从而实现原子尺度下二维材料中色心的构效关系的建立。我们发现硫空位对能够产生明亮且峰位稳定在 660 nm 的发射，而单硫空位、硫空位链和钨空位等缺陷会导致光谱扩散和光谱漂白等发光不稳定现象。本研究揭示了单层 WS₂ 中色心的结构起源，为识别发光缺陷提供了新思路。

拟交流类型：邀请报告

1538

纳米晶表面结构的演变与调控：原位电镜动态表征

袁文涛*

浙江大学

纳米晶在能源、环境、化工、光电等领域应用广泛。由于表面原子占比随材料的尺寸减少而急剧上升，因此纳米晶的表面在很大程度上决定了其物理化学特性。因此，揭示纳米晶的表面原子排布对于理解纳米晶的各种性质具有重要意义。在实际应用中，外场条件（如气氛、温度、电场等）常常与纳米晶的表面发生相互作用，引起纳米晶表面发生动态重构，进而引起性能的改变。

因此，精确解析纳米表面原子构型及其在外场条件下的演变规律，对高性能纳米材料的设计有指导意义。尽管传统的表面研究手段在揭示单晶等模型表面体系的原子构型、分子吸附等方面取得了诸多重要进展，然而对于实际应用广泛的纳米晶的表面科学研究依然面临巨大的挑战。近年来，原位透射电镜技术的发展为纳米晶表面原子结构的解析及原子尺度观测其动态演变提供了有力手段。本团队利用并发展表面原位电子显微学表征方法，在原子尺度下探索了 SnO_2 、 TiO_2 等纳米晶表面在外场条件中的表面动态演变行为，揭示了表面重构的原子位置和形成机制，为高性能负载型催化材料设计提供了原子级科学依据。本报告将重点介绍我们团队近期基于原位电镜技术在表面科学研究方面取得的进展。

拟交流类型：邀请报告

1833

二维金属的制备及物性

杜罗军*

中国科学院物理研究所

原子极厚的二维金属的实现不仅可以超越当前二维范德华层状材料体系，拓宽二维材料家族，还有望演出各种宏观量子现象，促进理论、实验和技术的进步。但不同于广泛研究的二维范德华层状材料，目前为止还未能实现大尺寸和本征的二维金属。针对二维金属制备挑战，发展了原子级制造的范德华挤压技术，通过利用团队前期在蓝宝石衬底上外延的高质量单层 MoS_2 作为范德华压砧，实现了埃米极限厚度下各种二维金属的普适制备，包括铋 (Bi , 6.3 Å)、锡 (Sn , 5.8 Å)、铅 (Pb , 7.5 Å)、铟 (In , 8.4 Å) 和镓 (Ga , 9.2 Å)。范德华挤压制备的二维金属单晶尺寸可达 $\sim 100\ \mu\text{m}$ ，且二维金属上下均被单层 MoS_2 所封装，因此具有非常好的环境稳定性和非成键的界面，有利于器件制备以探测二维金属的本征特性。电学测量表明，单层铋的室温电导率可达 $\sim 9.0 \times 10^6\ \text{S/m}$ ，比块体的室温电导率高一个数量级以上。并且，单层铋展现出明显的 P 型电场效应，其电阻可被栅压调控达 35%（块体金属通常小于 1%），为低功耗全金属晶体管和器件阐明了可能。非线性霍尔测量表明，单层铋可具有非平庸的二阶非线性霍尔效应。此外，范德华挤压技术还能以原子精度控制二维金属的厚度（即单层、双层或三层），为揭示以前难以企及的新奇层依赖特性提供了可能。

相关研究成果发表于 Nature 639, 354–359 (2025)。审稿人高度评价该工作：“opens an important research field on isolated 2D metals”（开创了二维金属这一重要研究领域）；“represents a major advance in the study of 2D materials”（代表二维材料研究领域的重大进展）。加州大学欧文分校的 Sanchez-Yamagishi 教授在 Nature 撰写 News & views，评价该工作是一个令人印象深刻的壮举 “an impressive feat”，实现了大面积真正的二维金属 “produces large-scale, truly 2D metals”。

拟交流类型：邀请报告

3081

面向现场快检的高灵敏碳纳米管晶体管生物传感器

肖梦梦^{*1}、李听弦¹、刘海洋¹、梁玉琪¹、肖博²

1. 北京大学

2. 湘潭大学

对病原、毒素小分子进行超灵敏的现场快速检测，对传染病防控、生物安全和食品安全至关重要。基于低维半导体的场效应晶体管（FET）生物传感器凭借其优异的灵敏度，在非标记生物靶标检测方面具有巨大潜力。然而，该类生物传感器的实际应用面临着诸如大规模器件制造和微弱信号可靠读取等挑战。我们开发了一套批量可重复、完整的半导体碳纳米管（CNT）薄膜 FET 生物传感器规模化生产链技术。我们采用改进的浸涂工艺制备高度均匀的 CNT 薄膜，并采用工业级标准自动化流程，制备的 CNT FET 在 4 英寸晶圆上的性能差异小于 6%（晶圆间差异为 9%）。基于 CNT FET 的离子传感器在各离子浓度下的阈值电压标准差小于 5.1 mV。在此基础上，我们开发了可扩展的无残留表面钝化及封装工艺，构建了可插拔式现场检测的便携式检测系统。通过耦合生物探针，利用该平台对新冠病毒临床样本、多种食源性致病菌及实际食品样品中的毒素进行了检测，结果表明，对呼吸道病毒和食源性微生物的检出限接近单个病毒和单个菌落形成单位（CFU）水平，并可在 5 分钟内实现快速现场检测。我们进一步开发了一种可重复电编程的生物探针，实现了生物传感表面的重构，有望应用在连续监测领域。完整的技术链将推动 CNT FET 生物传感器在食品安全、生物医学快速检测等领域的快速检测实际应用。

Presenting Type: Poster

3738

Overcoming the Debye Barrier for Ultrasensitive and Stable miRNA Detection with Gate-modulated Graphene Transistor

Ran Cao, Honglei Xue, Lei Bao, Lidong Guo, Wangyang Fu*

Tsinghua University

The performance of ion-sensitive field-effect transistors (ISFETs) for ultrasensitive biomolecular sensing in physiological environment, is fundamentally constrained by Debye screening and conductance drift. In this work, we introduce a heterodyne detection strategy to overcome these limitations by leveraging gate-modulated orientation control of surface-bound DNA-RNA molecules. By dynamically tuning the gate voltage relative to the Dirac point of a graphene ISFET, we achieve reversible orientation switching of DNA-RNA duplexes between "standing" and "lying" configurations within the Debye length. Utilizing the heterodyne mixing current shift as a response signal, our approach achieves a 6.3-fold improvement in the signal-to-drift ratio, thus establishing a robust and highly sensitive paradigm for in-situ miRNA detection in physiological environments.

Presenting Type: Poster

3745

Unveiling the Role of Edge-Doped Nitrogen in Graphene for Enhanced Hydrogen Evolution: Pyridinic N as the Catalytic Center

Xinyu Zhu¹, Ruopeng Cui², Yi Li³, Jianwei Gao^{2,4}, Chunlei Wan², Wangyang Fu², Xiaoyan Zhang^{*1}, Xinyu Zhu

1. Capital Medical University

2. Tsinghua University

3. Beijing University of Chemical Technology

4. Leiden University

The growing demand for clean and sustainable energy has intensified research into alternatives to traditional fossil fuels. Among various candidates, hydrogen stands out due to its high energy density and environmentally friendly combustion. However, the widespread application of hydrogen energy is hindered by the reliance on expensive and rare metal-based catalysts, such as platinum, for the hydrogen evolution reaction (HER). This study addresses the need for efficient, low-cost, and stable non-metal catalysts by introducing nitrogen atoms at the edges of reduced graphene oxide (rGO) through nitrogen plasma treatment. The optimized material, treated for 120 s, demonstrates a significantly low overpotential of 46.48 mV. Characterization results indicate that pyridinic nitrogen plays a dominant role in enhancing HER activity. These findings not only validate the effectiveness of edge-functionalized graphene but also offer new insights into the design of high-performance, metal-free electrocatalysts.

拟交流类型：邀请报告

4007

基于氢键的碳点自组装、簇发光调控及应用

彭智利*

云南大学材料与能源学院

碳点在分散态 (dispersed state) 和聚集态 (aggregated state) 的发光显著不同, 因此, 如何实现碳点在聚集态的高效发光是近年来的一个研究热点。目前, 研究人员对碳点的聚集诱导淬灭 (aggregation-caused-quenching, ACQ) 和聚集诱导发光 (aggregation-induced-emission, AIE) 两种聚集态下的典型发光行为研究比较深入; 但是对其它类型的聚集态发光行为关注不足。本报告中, 作者拟探讨一种同时具备分散态和聚集态发光的碳点。在分散态下, 该碳点的发光主要以碳点颗粒发光为主 (particle luminescence); 在聚集态下, 其发光主要以碳点自组装后形成的团簇发光为主 (cluster luminescence)。机理研究表明, 该碳点的颗粒、簇发光转化主要是通过调控碳点间氢键辅助下的空间共轭效应 (through-space conjugation) 来实现的。通过对分散条件的控制, 可实现对碳点颗粒、簇发光的细致调控, 实现单一碳点的全光谱发光。深入研究表明, 基于氢键诱导的碳点簇可进一步团聚, 实现碳点颗粒—碳点簇—碳点组装体的三重结构调控, 并成功应用于信息加密, LED 发光调控, 温度、湿度及压力传感等重要领域。

拟交流类型：邀请报告

4680

由两亲性分子到界面组装分离膜：研究的多维度视角与创新

刘学*

西安交通大学

超薄碳分离膜是一种新型的碳基薄膜材料, 厚度一般为 1 nm 以下。超薄碳分离膜具有不同于单层结晶碳膜的性质, 是电和热的不良导体。同时其为多孔结构, 可用于离子分离、气体分离等领域。由于材料超薄的特性, 物质透过阻力极低, 同时纳米尺寸孔径可以高效的截留离子、分子等, 进而在一种薄膜材料中实现高透过率和高选择性。我们提出了快速热解稠环芳烃膜制备单层碳分离膜的制备体系, 总结了稠环芳烃结构与薄膜结构的关系, 提出“热稳定性、分子量、两亲

性、氢键强度、分子间 $\pi-\pi$ 作用”是前驱体分子设计合成考虑的五个关键点，实现了通过调节前驱体的结构可控调节碳膜结构，获得了一系列性能优异的分膜材料。

Presenting Type: Poster

4919

Semiconducting detection of hydrogen isotopes tunneling through atom-thick 2D crystals

Lei Bao¹, Shen Ao¹, Honglei Xue¹, Jianwei Gao^{1,2}, Lidong Guo¹, Mingda Liu¹, Wanshuo Gao¹, Zhengjun Zhang¹, Engen Wang³, Sheng Meng³, Wangyang Fu^{*1}

1. School of Materials Science and Engineering, Tsinghua University

2. Institute of Chemistry, Leiden University, Leiden 2311 EZ, Netherlands

3. Beijing National Laboratory for Condensed Matter Physics and Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

Proton tunneling plays a crucial role in various physical and chemical processes, including hydrogen isotope separation and enzyme catalysis, but its practical applications are limited due to its subtle effects occurring over short timescales within confined spatial regions. In this study, we exploit proton tunneling across atomically thin, two-dimensional (2D) crystals to enable hydrogen isotope detection. By integrating ion-sensitive field-effect transistors (ISFETs), the mass-selective proton tunneling effect produces a measurable threshold voltage shift, allowing for sensitive isotope differentiation, limited by the precision of the ISFET pH meters. We shed light on its utility in medical diagnostics by demonstrating the platform's capability for rapid, on-site isotope analysis through tracking the urease metabolic activity using deuterium-labelled urea.

拟交流类型：邀请报告

4994

可转移金属氧化物的制备及其在二维光电领域中的应用研究

药志鑫、刘磊*

北京大学

二维（2D）材料在下一代电子器件领域展现出变革性潜力。将高介电常数（ k ）电介质集成至二维半导体材料表面，同时通过低缺陷密度界面维持其本征特性仍面临着挑战，已成为制约二维半导体器件实用化进程的关键性能瓶颈。本研究提出基于湿化学法的非晶态可转移高 k （42.9）铜钙钛矿钛酸盐（CCTO）薄膜制备方法，该材料可作为兼具双重功能的高质量电介质应用于二维电子器件。基于螯合作用的 Pechini 合成策略确保了钙钛矿型复合氧化物的均匀性，其可转移特性通过纳米间隙实现了与二维半导体的无损界面集成。基于 CCTO 栅介质的二硫化钼（ MoS_2 ）器件展现出 67 mV/dec 的亚阈值摆幅和超低的（ ~ 1 mV/(MV/cm)）滞后特性。此外，利用材料的可见光活性特征，我们在基于 CCTO 的 MoS_2 光电器件中实现了具有电调控、光激活的非易失性功能的浮栅架构，基于多物理场调控下的浮栅状态变化实现感存内逻辑运算操作，并在单个场效应晶体管器件中成功进行了 9 种不同基本布尔逻辑运算操作。该研究通过整合多功能传统复合氧化物，为开发低功耗、多功能的二维电子系统开辟了新路径。

拟交流类型：邀请报告

4997

二维非晶碳的无序度调控与构效关系

田慧丰、刘磊*

北京大学

结构决定性质，这一底层认知逻辑和研究范式已被多次验证和使用，广泛应用于新物理现象的理解和预测、新材料的设计等。非晶态材料中原子的排布无长程序、内部原子无法被直接观测而导致其三维原子结构依然成谜，原子尺度上的构效关系仍不清楚。直到现在来看，探索和表征非晶结构中的无序度依然是材料科学和凝聚态非晶物理最具挑战性的科学问题之一。针对这一关键科学问题，报告人团队利用了“二维材料的原子都暴露在表面，其位置可以被精准解析”这一特性，来解决非晶材料原子结构解析的难题。

该工作利用一种环状芳香分子作为前驱体，选用化学气相沉积方法，将金属衬底的温度作为主要调控参数，精确调控分子源热裂解程度及样品的成核生长，得到了具有不同结构无序度的单层非晶碳（AMC）样品。进一步，利用电子衍射和扫描透射电子显微技术揭示了 AMC 的原子结构，系统分析了 AMC 中程序差异和原子结构的温度依赖特性。同时在电学性质的测量中，AMC 材料的导电性也展现出了高度温度依赖特性：25 °C 的温度变化即可实现 AMC 材料从绝缘体到半导体的转变，使其导电性在 9 个数量级中连续可调。

在上述实验的基础上，利用密度泛函理论计算和蒙特卡洛计算成功关联了二维非晶碳的原子结构和电学性质，揭示了 AMC 导电性差异的微观机理，引入一个全新的序参量——跳跃岛密度，并成功绘制了“微观结构-宏观导电性能”相图，首次在一个非晶材料实例中构建了精准的构效关系。

拟交流类型：邀请报告

5444

高熵纳米颗粒的限域热脉冲合成及其电催化应用

刘锴*

清华大学

纳米尺度高熵材料因其独特的构型熵效应和优异的物理化学性能，近年来成为材料科学领域的研究热点。这类材料由多种元素组成单相原子结构，由于原子尺寸的差异导致晶格畸变和原子配位环境的变化，从而引发显著的鸡尾酒效应，使其性能远超传统单一组分材料，在能源存储和转化领域展现出广阔的应用前景。然而，目前高熵纳米材料的合成仍面临温度控制要求高、纳米颗粒易团聚以及多组分元素互不相容等关键挑战。本报告将报道我们最近发展的碳管薄膜限域热脉冲合成方法。该方法充分利用碳管薄膜的超快速焦耳热脉冲特性，在非平衡态条件下合成高熵材料，并结合碳管纳米尺度的限域效应，实现了高熵纳米合金和高熵纳米碳化物的高效制备，应用于高电流密度析氢催化、高稳定醇氧化等电催化领域。这一创新性合成方法为高熵纳米材料的实际应用提供了新的解决方案。

拟交流类型：邀请报告

5727

轻元素二维材料光电气体传感器

李泽晖*、沈雪洁

上海交通大学

轻元素二维材料因其超薄结构所诱导的非平衡态特性、高载流子迁移率以及低界面散射特性，为构筑快速响应气体传感器提供了理想平台。近年来，基于石墨烯、过渡金属硫化物等轻元素二维材料的气体传感器在环境监测、医疗诊断和智能农业等领域取得了显著进展。然而，随着物联网技术的快速发展，对气体传感器的微型化、高灵敏度和多气体识别能力提出了更高要求，现有技术仍需在界面优化、选择性和稳定性等方面实现突破。轻元素二维材料与光子结构的天然兼容性为光电气体传感器的设计提供了新思路。通过光激发可精确调控材料的表面态和能带结构，利用光电导效应增强气体吸附引起的电学信号变化。此外，表面等离子激元共振等机制能够进一步放大信号，显著提升传感器的检测性能。这种基于光电效应的气体传感技术有望突破传统半导体传感器在检测极限和选择性识别方面的瓶颈，为气体传感器的发展开辟新的研究方向。

拟交流类型：口头报告

6006

单一手性碳纳米管范德华晶体

张智淳、史志文*

上海交通大学

单壁碳纳米管(SWCNT)得益于其广泛可调的带隙、超高的载流子迁移率和卓越的稳定性，被认为是下一代集成电路的理想材料。为了发展高性能电子器件，制备纯半导体性的、排列良好且高密度的碳纳米管阵列至关重要。然而，在碳纳米管阵列中实现期望的这些特性极具挑战性，限制了它们在纳米电子学中的应用。这里，我们报告了在六方氮化硼(hBN)衬底上使用化学气相沉积直接生长紧密堆积的碳纳米管阵列。其显著特征包括：完美排列的阵列结构和每个阵列内单一均匀的手性。我们通过分子动力学模拟揭示了碳纳米管阵列的自组装生长机制，这种机制是由碳管间范德华引力和碳管在原子级平整的hBN衬底上的超润滑特性带来的。利用纳米管阵列构建的场效应晶体管在室温下表现出优异的电学性能，迁移率高达 $2000 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ，开关比 $>10^7$ ，最大电流密度超过 $6 \text{ mA}/\mu\text{m}$ 。紧密排列的同手性碳纳米管阵列具有优异的电子性能，在碳基纳米电子学领域具有广阔的应用前景。

拟交流类型：邀请报告

6013

面向疾病快速检测的二维场效应晶体管传感器件

魏大程*

复旦大学

基于二维敏感材料的场效应晶体管传感器件是先进传感研究的前沿领域之一。这类材料的大比表面积和趋于物理极限的厚度有利于提高传感性能。围绕二维场效应晶体管传感器件的界面调控，我们开发了可控制备高质量二维敏感材料的新方法；针对传统医学实验室集成度低和效率不高的问题，设计并合成了分子尺度的功能组件，通过自组装得到纳米尺度的化学反应系统，将其组装到微米尺度的晶体管沟道表面，构筑出能够精准控制复杂化学反应过程并将其转换为电学信号的高集成“微型实验室”；发展了分子机电系统、分子晶体二维尺度下光电增强效应、可控电荷界面掺杂等新原理调控了传感功能界面的电子过程，实现了化学传感性能的提升；开发了新型

传感器件实现了病原体核酸、抗原、抗体的超灵敏检测，在传染病筛查、肝癌检测等领域开展了应用研究。

Presenting Type: Poster

6027

Mechanical exfoliation of non-layered metal oxides into ultrathin flakes

Ruijie Li¹, Zhixin Yao^{1,2}, Zhenjiang Li¹, Lei Liao³, Huacong Sun³, Chaonan Cong⁴, Xudan Huang³, Kang Wu³, Tingjun Wang⁵, Huifeng Tian¹, PeiChi Liao¹, Shizhuo Liu¹, Yihan Wang¹, Lina Yang Zhang¹, U Sasaki¹, Ge Yin¹, Junjie Guo², Yu Ye⁶, Xiaoding Wei^{4,7}, Xueyun Wang⁵, Jiawang Hong⁵, Jinhai Mao⁸, Lihong Bao^{3,8,9}, Lifeng Wang^{3,9}, Xuedong Bai^{3,9}, Peng Gao^{9,10,11}, Kaihui Liu^{11,12}, Lei Liao¹³, Jun He¹⁴, Shulin Bai¹, Yanfeng Zhang¹, Yanglong Hou¹, Ruqiang Zou¹, Hongjun Gao^{3,8,9}, Yue Zhang^{1,15}, Enge Wang^{9,10,11,16}, Lei Liu^{*1,11}

1. Peking University

2. Key Laboratory of Interface Science and Engineering in Advanced Materials, Ministry of Education, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China

3. Beijing National Laboratory for Condensed Matter Physics, Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

4. State Key Laboratory for Turbulence and Complex System, Department of Mechanics and Engineering Science, College of Engineering, Peking University, Beijing 100871, China

5. School of Aerospace Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China

6. State Key Laboratory for Mesoscopic Physics and Frontiers Science Center for Nano-optoelectronics, School of Physics, Peking University, Beijing 10087

7. Peking University Nanchang Innovation Institute, Nanchang 330000, China

8. School of Physical Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China

9. Songshan Lake Materials Laboratory, Dongguan, Guangdong 523808, China

10. International Center for Quantum Materials, Collaborative Innovation Center of Quantum Matter, Peking University, Beijing 100871, China

11. Interdisciplinary Institute of Light-Element Quantum Materials and Research Center for Light-Element Advanced Materials, Peking University, Beijing 100871, China

12. State Key Laboratory for Mesoscopic Physics, Frontiers Science Centre for Nano-optoelectronics, School of Physics, Peking University, Beijing 100871, China

13. Key Laboratory for Micro/Nano Optoelectronic Devices of Ministry of Education & Hunan Provincial Key Laboratory of Low-Dimensional Structural Physics and Devices, School of Semiconductors (School of Integrated Circuits), Hunan University, Changsha 410082, China

14. Key Laboratory of Artificial Micro- and Nano-Structures of Ministry of Education, School of Physics and Technology, Wuhan University, Wuhan 430072, China

15. Academy for Advanced Interdisciplinary Science and Technology, Beijing Advanced Innovation Center for Materials Genome Engineering, Beijing Key Laboratory for Advanced Energy Materials and Technologies, School of Materials Science and Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China

16. School of Physics, Liaoning University, Shenyang 110036, China

The exfoliation of layered crystals can produce diverse two-dimensional (2D) materials and heterostructures. However, the micromechanical cleavage of non-

stratified materials into 2D flakes remains challenging due to z-direction consecutive bonding. Here we report a mechanical exfoliation method for producing freestanding 2D metal oxide flakes. By synchronizing the thermal decomposition of metal salts and water-assisted forming, we synthesize large-aspect-ratio lamellae of amorphous and crystalline metal oxides as parent materials, which can exfoliate to ultrathin flakes. The freestanding, transferrable features allow the room temperature integration of high-k metal oxide flakes as top-gate dielectrics in 2D material transistors. We utilize the dual-function Cr-doped AlO_x flake as the gating dielectric and component, sensing and storing the visible light by photon-programming floating gate effect, showing an in-sensor computing device. Our results provide a platform to investigate the fundamental properties of ultrathin metal oxides free of substrate clamping and pave the way to metal oxides-based functional devices.

Presenting Type: Poster

6323

Polycyclic Molecule Chemical Vapor Deposition of Amorphous Monolayer Carbon

Zhenjiang Li¹, Huifeng Tian¹, U Sasaki¹, Xudan Huang², Mouyang Cheng³, Xiaocang Han¹, Yinhang Ma⁴, PeiChi Liao¹, Zhixin Yao^{1,5}, Yihan Wang¹, Zhang Lina Yang¹, Ge Yin¹, Yijie Luo¹, Wenxi Li¹, Xuanyu Zhang¹, Junjie Guo⁵, Xiaoxu Zhao¹, Lifan Wang^{2,6}, Ji Chen^{3,7}, Lei Liu^{1,7}

1. School of Materials Science and Engineering, Peking University

2. Peking University

3. School of Physics, Peking University

4. Schools of Materials and Energy, University of Electronic Science and Technology of China

5. Key Laboratory of Interface Science and Engineering in Advanced Materials Ministry of Education, Taiyuan University of Technology

6. Songshan Lake Materials Laboratory

7. Interdisciplinary Institute of Light-Element Quantum Materials and Research Center for Light-Element Advanced Materials, Peking University

Amorphous monolayer carbon (AMC), a new type of carbon nanomaterials created by merging modulations of the crystallinity and dimension, is of particular research interest since it has shown unprecedented properties that its crystalline counterpart - graphene - doesn't possess. The conductivity of AMC is controlled by its degree of disorder and can be continuously tuned with nine orders of magnitude. As one emergent carbon nanomaterial, the fundamental properties of AMC and its potential in applications remain largely unexplored. However, its current synthesis relies on one specific, lab-synthesized molecule, hampering further extensive investigations. Here, we report the feasible synthesis of AMC by chemical vapor deposition using commercial polycyclic molecules, which prove to be effective in repeatably obtaining AMC with a controllable degree of disorder and large sizes. By the backward-compatible regrowth, we demonstrate the in-plane, crystalline-amorphous heterostructures in one monolayer of carbon with mechanical continuity across the homojunction. Conductance measurements confirm in such monolayers the precise controls over both the spatial location and electrical properties, which are not only conductive or insulating but continuously tuned. Our results represent a significant step towards understanding

the mechanism of the AMC growth and pave the way for electronic devices using two-dimensional amorphous materials.

Presenting Type: Poster

6780

Ultrasensitive Hepatitis E Virus Detection Based on Field-Effect Transistors

Jiatong Liu¹, Jingyao Zhang¹, Feng Ren², Zihao Fan², Wangyang Fu³, Xiaoyan Zhang*¹

1. Capital Medical University

2. Beijing Institute of Hepatology/Beijing Youan Hospital, Capital Medical University

3. Tsinghua University

Hepatitis E Virus (HEV), transmitted via the fecal-oral route, is increasingly common in China. However, current diagnostic methods (PCR and ELISA) are insufficiently sensitive, costly, and complex, resulting in missed asymptomatic cases and posing significant risks to pregnant women, chronic liver disease patients, and immunocompromised individuals. Herein, we present a novel field-effect transistor biosensing platform for HEV detection. We construct a field-effect transistor structure with single-layer graphene as the channel and electrolyte liquid as the gate. Through non-covalent functionalization with 1-Pyrenebutyric acid N-hydroxysuccinimide ester, we successfully immobilized HEV-specific antibodies to construct the biosensor. Our field-effect transistor device demonstrates excellent detection capability for HEV antigen proteins at concentrations as low as 100 pM. This innovative biosensing platform offers rapid, high-throughput and cost-effective screening for early-stage HEV infection, representing a significant advancement in hepatitis diagnostics.

拟交流类型: 墙报

7116

碳纳米管自加热法制备用于甲醇催化氧化的高熵合金化单原子 Pt 材料

刘明达、刘锴*

清华大学

自 20 世纪 50 年代初以来,直接甲醇燃料电池(DMFCs)因其环保、高能量密度、低成本和便携性等优点而受到了广泛关注。然而,在 DMFCs 的阳极上发生的甲醇氧化反应(MOR)具有缓慢的动力学过程,这制约了直接甲醇燃料电池的实际应用。到目前为止,铂(Pt)基催化材料仍然是最高效的 MOR 催化剂。然而,Pt 稀缺且昂贵,并且 MOR 反应过程中的 CO 中间体会与 Pt 稳定结合,阻断活性位点并阻碍反应进一步进行,使得催化性能在短时间内锐减。

大量研究表明,在材料中将 Pt 以单原子形式分散,可以阻碍 CO 中间体的形成,避免 CO 中毒问题。然而,单独的 Pt 单原子(SAPt)并不具有甲醇催化氧化活性,Pt 单原子合金(SAA-Pt)也只具备有限性能,并且往往依赖贵金属基底。这导致了提高 Pt 质量活性和避免 CO 中毒之间的矛盾。在这里,我们设计了一种新型的高熵合金化 Pt 单原子位点(HEASA-Pt)催化剂,利用碳纳米管自加热所产生的超快速焦耳热,成功实现了 Pt 在单原子分散状态下与多种元素的合金化。HEASA-Pt 中的 Pt 单原子位点不仅对 MOR 具有很高催化活性,而且保持了单原子 Pt 抗 CO 中

毒的能力。该催化剂在 Pt 原子占比仅为 2.3% 的情况下表现出 35.3A/mg 的超高质量活性，并且在连续工作 180000 秒后活性仍可恢复。本工作为构建高活性、低成本、高耐久性的 MOR 催化剂提供了一种行之有效的策略。

拟交流类型：墙报

7755

基于 WPU-MXene@PEDOT:PSS 的可自粘附于人体的柔性薄膜温度传感器

杨志跃、于中振、李晓锋*

北京化工大学

高可靠性柔性热电温度传感器在人工智能、医疗监测等领域的重要性日益提升，而满足其所需的佩戴舒适性与稳定输出电压的能力，传统工艺需要复杂且能耗高的微观结构塑造或者宏观拓补设计，这些工艺所得的样品常因需要保持其结构稳定性而限制了其应用范围。因此，本文设计了一种基于水性聚氨酯（WPU）、二维过渡金属碳化物（Ti₃C₂T_x-MXene）以及聚（3,4-亚乙二氧基噻吩）-聚（苯乙烯磺酸）（PEDOT:PSS）的复合材料基应变不敏感自粘附温度柔性传感器（WMP），成功解决了现有柔性传感器在多模态信号干扰下的选择性响应难题。针对 MXene 在 WPU 基底中自聚集导致应变敏感性的关键问题，通过真空过滤-固化成型新工艺与 PEDOT:PSS 交联策略协同作用，构建了具有均匀紧凑导电网络的超薄（120 μm）柔性薄膜。实验表明：该传感器在保持高导电性（454 S·m⁻¹）的同时具有应变不敏感特性（5%应变下电阻变化<0.5%），其优异的性能源于（1）MXene 与 PEDOT:PSS 间的强氢键/静电交联抑制纳米片层聚集；（2）新型成型工艺消除传统 Janus 结构导致的应变敏感性。器件仅含 3.3% 导电填料（MXene/PEDOT:PSS）即可实现高灵敏度温度检测，且 96.7% 成分为环保型 WPU，兼具可直接皮肤贴附（断裂伸长率~280%）、低成本可规模化的综合优势，为可穿戴健康监测系统提供了新型解决方案。

拟交流类型：墙报

7756

利用 p-n 异质结阵列结构实现超灵敏高分辨率柔性热电传感器

徐星荷、高福临、于中振、李晓锋*

北京化工大学

高可靠性柔性热电温度传感器在触觉感知、可穿戴技术与医疗监测等领域的重要性日益提升，而满足其所需的高塞贝克系数与卓越分辨率，传统策略常依赖于复杂的分子工程、微纳结构优化或宏观拓补设计，这些方法常伴随高成本与复杂工艺，严重制约了大规模应用。为此，本研究提出了一种创新的结构设计策略——利用自渗透效应在具备微通道结构的柔性基底内部构建 p-n 异质结阵列，成功制备出高性能柔性热电温度传感器。该传感器由水性聚氨酯（WPU）、单壁碳纳米管（SWCNTs）和纤维素纳米纤维（CNF）构成，采用独特的 p 型层-中间层-n 型层（PIN）多层构型：WPU 提供优异的柔韧性；原始 SWCNTs 与聚乙烯亚胺（PEI）修饰的 SWCNTs 分别作为 p 型与 n 型灵敏单元；CNF 则有效分散 SWCNTs，确保其均匀分布。关键工艺在于 WPU 固化过程中形成的针状微米级垂直通道，通过自渗透效应促成了 p 型层与 n 型层在中间层的紧密接触，从而原位形成大量 p-n 异质结。该异质结阵列结构通过能量过滤效应显著提升了塞贝克系数（ST），实现了创纪录的 1203.6 μV K⁻¹ 超高灵敏度；同时，得益于多层结构赋予的高 ST 值与低热导特性，传感器获得了 0.001 K 的超低检测限。此外，本工作开发的 PIN 结构柔性热电温度传感器凭借其卓越的灵敏度与分辨率，在三维环境监测及机器人指尖触觉传感等领域展现出广阔应用前景。

拟交流类型：口头报告

7901

L-半胱氨酸在石墨烯上吸附与传感的密度泛函理论研究

罗慧娟*

宿州学院

提升石墨烯在生物分子吸附和检测中的应用潜力在纳米生物技术领域具有重要意义。本文采用密度泛函理论计算研究了 L-半胱氨酸在掺杂 Al、Si、P、S 的单空位石墨烯和双空位石墨烯上的吸附和传感行为。随着掺杂剂从 Al 变为 S，单空位石墨烯对 L-半胱氨酸的作用从放热型化学吸附转变为吸热型化学吸附，而双空位石墨烯则从放热型化学吸附转变为吸热型物理吸附。双空位石墨烯对 L-半胱氨酸的吸附弱于单空位石墨烯的相应吸附。价电子数、原子电离势、空位类型调节的 X-C 相互作用共同作用于 L-半胱氨酸在石墨烯上的吸附机制调节。Si 掺杂单空位石墨烯对 L-半胱氨酸的传感能力最强，电导变化率达到 300%。对该研究可以促进铝、硅、磷和硫掺杂石墨烯在生物传感技术、生物分子固定、生物分离等领域的应用。

拟交流类型：墙报

7946

基于层状 CNT/MXene/纤维素纳米纤维气凝胶的高性能双模态温度/压力触觉传感器，具备增强的多功能性

田琳¹、高福临²、于中振^{1,3}、李晓锋^{*1,3}

1. 中国 100029, 北京, 北京化工大学, 材料科学与工程学院, 有机无机复合材料国家重点实验室
2. 中国 100190, 北京, 中国科学院化学研究所, 高分子物理与化学实验室, 北京分子科学国家实验室
3. 中国 100029, 北京, 北京化工大学, 北京先进功能高分子材料重点实验室

热电-压阻双模传感器的快速发展为柔性触觉传感器在功能增强、微型化及集成化方面开辟了新途径。然而，现有研究主要集中于温度与压力响应的解耦，尚未充分优化传感器性能并探索其多功能应用潜力。为克服这一局限，我们开发了一种具有分层多孔结构的复合气凝胶，采用碳纳米管和 MXene 作为导电材料，并以纤维素纳米纤维进行增强。这一创新结构设计兼具超低热导率与优异的电学和热电性能，使得传感器可通过热电效应与压阻效应实现温度与压力信号的无干扰监测。该传感器具有卓越的感应性能，温度分辨率达到 0.03 K，压力灵敏度高达 0.3 Pa，热电灵敏度为 33.5 $\mu\text{V K}^{-1}$ ，压阻灵敏度为 -45.2% kPa^{-1} ，且在温度和压力双重刺激下均展现出优异的稳定性。此外，该多模态传感机制支持多种应用场景，包括热电能量收集、材料识别、复杂信息传输、智能可穿戴设备、电子皮肤及人机交互接口等。本研究为高性能双模态触觉传感器的设计提供了坚实方案，并显著推动了其在多领域的实际应用进程。

拟交流类型：邀请报告

8353

石墨烯场效应晶体管传感器在细胞检测及活体分析中的应用

李玉桃*

湖北中医药大学

场效应晶体管（FET）生物传感器，是一种新型生物传感器。具有灵敏度高（fM-aM）、分析速度快、试剂消耗少、操作简单、免标记等特点，特别是其高度微型化和集成化引起了生命医学领域的广泛关注。与传统电化学传感平台相比，FET 生物传感器不受电活性物质的限制，单纯是靶标分子自带电荷引起的传感信号，可以做到免标记，实时检测。并且，FET 传感器仅在 0.1V 低偏压下工作，几乎不会对细胞造成影响（而其他的电化学传感器检测电压则大于 0.5V）。这些突出的优势都使得 FET 生物传感器成为细胞研究的重要工具。本课题组在场效应晶体管生物传感器用于细胞原位实时监测方面做了一系列工作，在场效应晶体管芯片上构建了各种功能化的界面用于实时监测细胞释放的 NO，谷氨酸，过氧化氢，硫化氢以及监测细胞外的酸环境等。最近我们发展了新型针灸场效应晶体管生物传感器，可以插入活体组织，进行活体信号分子的原位实时监测。我们成功将该针型 FET 传感器用于大鼠脑部组织多巴胺、神经肽、pH 等信号分子的实时监测。为活体分析提供了一种新的检测工具。

拟交流类型：邀请报告

8361

拓扑材料的物性调控及其生物传感应用

韩俊峰*

北京理工大学

疾病的特征分子标记物的检测有利于各类疾病的预防和早期治疗。常用的方法包括聚合酶链反应和酶联免疫吸附法等。然而，这些方法需要熟练的操作人员、专门的实验仪器和较长的处理时间。因此，开发一种省时、高灵敏度、准确和经济的测试方法尤为重要。其中，电化学生物传感器是有力的候选者。其关键技术之一是需要开发合适的电极材料。拓扑材料具有鲁棒的狄拉克结构的表面态，有利于设计高灵敏度的生物传感器。本工作基于拓扑材料单晶开发的电化学生物传感器，用于核酸分子检测，灵敏度达到 fmol/mL 量级，且具有较好的分子识别效果。在进一步的工作中，设计构建了基于拓扑材料纳米片的电化学传感器，用于检测干扰素分子。干扰素是一种重要的炎症细胞因子，可作为多种疾病的早期指标。采用特异性的适配体，可以有效识别干扰素分子，灵敏度达到 pg/mL 级别。该传感器为临床检测应用提供一种新的可能途径，其还具有规模化生产的潜力。

拟交流类型：墙报

8510

双模式温-压一体传感器用于人体与环境能量收集和触觉电子皮肤

徐星荷、高福临、李晓锋*

北京化工大学

传统的基于热阻和压阻效应的温度-压力双功能传感器由于难以解决的信号耦合问题，无法满足日益增长的检测多信号的需求。开发无需复杂解耦过程即可检测多种刺激的新器件势在必行。本研究开发了一种具有自供电能力的集成式温压双模 PCPP 传感器。其制备过程首先采用聚多巴胺（PDA）对自制的弹性 PDMS 泡沫进行改性，随后在其表面修饰热电材料 PEDOT:PSS/碳纳米管（CNT）复合物。该传感器可独立精确地检测温度与压力信号，在温度传感方面拥有高达 $40.5 \text{ mV} \cdot \text{K}^{-1}$ 的塞贝克系数和低至 0.05 K 的检测限，在压力传感方面展现出高灵敏度、快速响应时间以及优异的循环稳定性。尤为关键的是，该传感器成功实现了由温差引起的输出电压变化与压力导致的电阻变化之间的信号解耦，这一突破源于塞贝克效应与压阻效应不同的传感机制，使其能够同步响应温度和压力刺激。此外，卓越的热电性能赋予了该器件利用人体皮肤与环境温

差进行能量收集的能力。这些 PCPP 传感器可进一步集成组装为触觉电子皮肤 (E-skin)，用于同步感知空间分布的温度和压力信息，在生物信号检测领域展现出广阔的应用前景。

拟交流类型：邀请报告

8641

低维材料基气敏传感器的表界面工程与应用

许适溥*

中山大学

半导体型气敏传感器应用广泛，包括疾病诊断和环境检测等诸多领域，其前沿研究致力于传感灵敏度和特异性的提高，旨在实现超痕量气体的高特异性传感。本研究首先提出传感位点尺寸效应，并基于低维材料，微型化传感位点：实验分别运用模板法和范德华外延沉积技术，通过材料的自组装和表面重构效应，将传感位点尺寸从微米缩小到原子水平，逐步实现了对超痕量气体的特异性检测；针对超痕量气体高特异性传感，本研究提出肖特基型传感范式：基于器件的金半接触能带工程，实验构筑肖特基型气敏传感器，采集传感阻抗信号，研究目标分子极性与器件输运性质的关系，结合主成分算法分析，实现对十种以上气体的高特异性传感检测，一定程度弥补了针对超痕量气体高特异性传感的技术空白，为新一代半导体型气敏传感器研究提供了理论和技术借鉴。

拟交流类型：邀请报告

8726

新型低维半导体异质结

师思政*

西湖大学

半导体异质结是现代电子学和光电子学的重要组成部分。传统的异质结主要是基于氧化物钙钛矿、III-V 族半导体、单质半导体等材料体系。由于具有高度可调的能带结构，优异的半导体性质等优势，二维卤素钙钛矿被认为是构建新一代半导体异质结的重要候选材料。通过引入共轭有机配体，报告人获得了高稳定性的二维卤素钙钛矿外延异质结，同时卤素离子的横向扩散得到显著抑制。基于这种策略，报告人制备了一系列基于不同卤素、不同金属阳离子、不同有机配体的外延异质结，多级异质结以及横向超晶格。此外，报告人还基于一维的碳纳米管和二硫化钼构筑了半导体异质结。

拟交流类型：邀请报告

8855

机器学习辅助碳基生物功能材料设计及性能应用

冯凌燕*

上海大学

目前生物功能材料的研究大多仍以“试错法”经验寻优为主。鉴于新材料制备过程中系统环境的复杂性以及材料合成数据缺乏清晰度，精确构建实验参数和目标性能之间的关系存在困难，机器学习可以极大地优化材料设计合成和性能提升，助力新型碳基生物功能材料研究新范式。

报告人聚焦课题组近期工作，汇报机器学习辅助的高灵敏手性圆偏振碳量子点功能材料设计，通过“实验-预测-验证”的优化以及特征重要性筛选，确定各种可能的合成实验参数及其组合与材料目标性能之间的关系。通过机器学习和实验验证相结合，从累计 15640 个的实验和计算“组合样本”数据中进行大规模预测筛选，优化后精确合成的核酸-碳量子点功能水凝胶材料目标不对称因子可达 0.15，比未优化的材料性能提升 10 倍以上。同时，我们报道了一类新型的“分而治之”机器学习策略识别碳量子点功能材料小数据机理，通过该模型预测了 24 000 个虚拟的实验合成路径，推选出最优虚拟的实验合成路径进行实验验证。并有效结合了碳材料纳米酶及一氧化氮气体治疗，实现协同铁死亡/凋亡抗肿瘤疗法，进一步推动机器学习辅助的碳基生物功能材料体系抗肿瘤研究。

拟交流类型：邀请报告

9353

低维合成材料中的拓扑和关联电子态

冯宝杰*

中国科学院物理研究所

二维合成材料不具有层状母体材料，仅能通过外延生长的方法获得。这类材料种类丰富，可以通过人工设计原子结构来实现丰富的物性，包括二维拓扑以及多铁。在此次报告中，我将简要介绍我们团队近年来发现的几种新型的二维合成材料，包括磷纳米带、硅纳米带、以及二维水合氢化物。我们利用扫描隧道显微镜、角分辨光电子能谱、X 射线光电子能谱等表面分析技术研究了这些材料的电子结构，发现了奇特的拓扑和关联电子态，并揭示了其可能的应用前景。

拟交流类型：邀请报告

9428

碳纳米管量子色心：化学合成与应用

黄中杰*

东华大学

作为一维量子材料，单壁碳纳米管具有独特的电学和光学性能。与其他色心通常作为局部缺陷出现不同，单壁碳纳米管管壁的量子色心可以在分子精度下可控合成，因此为化学创新开辟了广阔的机遇。本报告将介绍基于半导体手性单壁碳纳米管的量子色心体系，通过在管壁 sp^2 晶格中合成 sp^3 缺陷，可将传统晶体里不受欢迎的缺陷转变成调配低维材料中电子、激子、声子和自旋耦合的分子焦点，在室温单光子源、近红外二区生物成像、化学传感等领域有重大的应用前景。本报告将介绍在管壁精准修饰合成量子色心的化学策略与机理、演示如何实现精准的制备与空间分辨表征、以及在相应领域的应用探索。

拟交流类型：仅发表全文

9526

一种对光气模拟剂具备高敏感性的催化膜/气敏膜叠层结构传感材料

祁烨林¹⁾ 刘亚东¹⁾ 阎瑞¹⁾ 杨文¹⁾ 李江存¹⁾ 梁婷^{1*)}

陆军防化学院, 北京 102205

本文将一种硅磷铝分子筛(SAPO-34)作为催化膜材料, 一种改性的金属氧化物半导体((Pt+Rh)-WO₃)作为气敏膜材料, 制备了SAPO-34/(Pt+Rh)-WO₃催化膜/气敏膜叠层结构传感材料。实验以一种窒息性化学战剂光气模拟剂(草酰氯)为目标气体, 测试了SAPO-34/(Pt+Rh)-WO₃叠层结构传感材料对光气模拟剂(草酰氯)和12种对照气体的敏感性。结果表明, 随着温度的增加, 该传感材料对光气模拟剂(草酰氯)的电阻响应灵敏度随之增加, 在400℃时对2mg/m³光气模拟剂的电阻响应灵敏度明显高于同浓度的对照气体, 且当光气模拟剂的浓度超过8mg/m³时, 电阻响应灵敏度超过90%。本文的研究成果为制备检测化学战剂的高敏感性传感材料提供了新的研究思路。

Presenting Type: Published only

9645

Efficient Separation of Wastewater Containing High-Toxicity organic Based on Anti-Fouling Membrane Materials: A Systematic Literature Review and Visualization Analysis

Wen Yang, Yelin Qi, Yadong Liu, Rui Yan, Tengbo Ma, Jin Gu, Ting Liang*

Institute of NBC Defence PLA ARMY

Background: The treatment of industrial wastewater containing high-toxicity organics and high-concentration surfactants (such as from the pesticide, petrochemical, and textile dyeing industries) poses significant challenges. Traditional separation methods are inefficient, costly, and ineffective in removing toxic substances. Membrane separation technology holds great potential, but membrane fouling, especially that caused by surfactants, severely limits its application efficiency and lifespan. This study aims to conduct a systematic literature review and visualization analysis to deeply explore the research status, key progress, and future directions of anti-fouling membrane materials in achieving efficient separation of such complex wastewater.

Methods: A comprehensive and large-scale literature search and analysis was conducted. Using scientometric tools (such as CiteSpace and VOSviewer), it systematically reviewed, content-mined, and constructed knowledge maps of relevant research over the past decade, with a focus on the modification strategies of anti-fouling membrane materials (such as hydrophilic modification, zwitterionic polymer coatings, nanocomposites, surface charge regulation, etc.) and their separation performance and anti-fouling mechanisms in systems with high-concentration/high-toxicity surfactants.

Results and discussion: The visualization trend map clearly reveals the evolution of research hotspots in anti-fouling membrane materials and identifies core modification strategies against surfactant fouling (such as strong hydrophilicity, low surface energy, and charge repulsion). The comprehensive literature analysis indicates that surface modification is one of the most effective ways to endow membranes with anti-surfactant fouling capabilities, especially the construction of hydrophilic/hydrated layers, which can significantly reduce the adsorption and deposition of surfactants on the membrane surface. Specifically designed anti-fouling membranes (such as those based on polydopamine, polyethylene glycol, zwitterionic

materials, metal-organic framework composites, etc.) have demonstrated excellent separation efficiency (high flux, high rejection rate) and significant improvement in anti-fouling performance (high flux recovery rate, strong fouling reversibility) in simulated and actual wastewater containing high-toxicity surfactants. The analysis has revealed key structure-performance relationships between membrane material surface properties (hydrophilicity, charge, roughness), surfactant properties (type, concentration, critical micelle concentration CMC), and separation/anti-fouling performance. The study also pointed out current challenges, such as long-term stability at ultra-high concentrations, co-fouling in complex actual water quality (containing oil, salt, particles, etc.), and the need for precise design of membrane materials for selective separation of high-toxicity substances.

Conclusion: Through systematic literature review and visualization analysis, this study has confirmed that anti-fouling membrane materials are a highly promising technical solution for the efficient separation of wastewater containing high-toxicity organics. The current technological advantages, mechanisms of action, and core challenges were clarified, providing important theoretical basis and research directions for the future development of more efficient, stable, and targeted anti-fouling separation membranes. This has positive implications for advancing the treatment technology of refractory toxic wastewater.

Presenting Type: Poster

9913

Magnetic Localization of Microrobots in Gastrointestinal Tracts

Yiyang Li*

Tsinghua University

Abstract:

Magnetically actuated microrobots (fabricated from high-performance NdFeB permanent magnets) hold significant potential in minimally invasive surgical applications, such as kidney stone removal, intravascular drug delivery, and thrombus elimination. Their precise motion control relies on robust localization and orientation technologies. This study focuses on the magnetic localization of helical microrobots in human gastrointestinal tracts. By employing a Hall-effect sensor array (MLX90393), we developed a multi-component magnetic localization system to achieve sub-millimeter real-time tracking.

Materials and Equipment included in the magnetic positioning system:

1. Magnetic Sensor Array: A custom-designed printed circuit board (PCB) integrated with 20 MLX90393 Hall-effect sensors arranged in a 5×4 grid, used for detecting variations in magnetic field strength generated by NdFeB magnets.
2. Signal Processing Module: Equipped with a TCA9548A multichannel switching circuit, enabling efficient data transmission via a 16-bit analog-to-digital converter (ADC).
3. Microcontroller Unit: Based on the Teensy 4.0 development board, facilitating serial communication for transmitting digitized signals to a computer.

4. Data Processing Platform: The computer processes sensor data using a median filter to suppress noise and applies an adaptive localization algorithm to analyze the sensor array signals, calculating target 3D coordinates and orientation parameters.

拟交流类型：邀请报告

10303

黏土限域酸固态质子电解质的构筑、机理及应用研究

王诗童*

北京航空航天大学

本报告将系统介绍限域水在固态离子学中的理论认识和技术突破，从锂离子电池到高价离子电池、从负极到正极、从电极到电解质、从离子导体到质子导体，基于限域水的新材料可兼顾高传质动力学与高热力学稳定性，不仅印证了限域理论的普适性规律，还打破了传统电池“怕水”的固有认识。最后针对现有酸性膜的不足，提出限域酸理论，设计并制备了一系列黏土限域酸固态质子电解质，同时兼顾了高质子传导、宽电化学稳定窗口、强化学稳定性和离子选择性的所有优点。通过在全固态质子电池中验证其在低温低湿、高电压、高倍率、长循环等苛刻工况下的优越性能，为质子储能与清洁能源转化提供新型电解质设计策略，也为黏土矿物在能源材料领域的高附加值应用开辟更广阔空间。

拟交流类型：邀请报告

二维材料局域对称性破缺的三维原子成像研究

田学增

中山大学

二维材料中通过掺杂等手段引入的三维原子晶格对称性破缺可诱导新奇物态的产生，对材料性能调控至关重要。然而，常用的透射电镜技术或扫描探针技术得到的是投影像或表面结构，难以揭示晶格对称性破缺的三维本质特征。在这个报告中，我将报道我们发展的具有皮米分辨能力的扫描三维原子断层成像技术，获得已知最高纪录的皮米精度三维原子成像。并应用这个技术，研究了二维电子材料中掺杂原子引起的三维晶格对称性破缺与衍生的奇异电子态，以及交叉应用新发展的 sAET 与色差校正 EELS 技术，揭示了二维异质界面的晶格对称性破缺引起的三维褶皱与声子结构等科学问题。

拟交流类型：邀请报告

待定（新型超分子力亲金属相互作用的光生物学应用）

周学拳

清华大学

拟交流类型：邀请报告

待定

王炜鹏

清华大学

拟交流类型：邀请报告

待定

李秋瑾

中国科学院物理研究所

拟交流类型：邀请报告

待定（生物微纳病原信息传感技术及其应用研究）

徐李舟

浙江大学

拟交流类型：邀请报告

待定

张传芳

四川大学

拟交流类型：墙报

待定

姑丽米热·土尔地

新疆工程学院

拟交流类型：邀请报告

待定

李浩

军事科学院

拟交流类型：邀请报告

待定

王琛

清华大学

拟交流类型：邀请报告

待定

姜琳

上海大学