



中国材料大会 2024

暨第二届世界材料大会

CMC 2024 & WMC 2024

July 8-11, 2024

Guangzhou, China

FC06-爱思唯尔材料科学论坛
FC06-Elsevier Materials Science
Forum

Organized by

Chinese Materials Research Society

Website: <https://cmc2024.scimeeting.cn>

FC06. 爱思唯尔材料科学论坛

分会主席：成会明、郭传飞、潘洪革、宋旭、张强

FC06-01

题目：待定

陈华伟*

北京航空航天大学

FC06-02

金属卤化物钙钛矿阵列及人工视觉成像器件构筑研究

潘曹峰*

北京航空航天大学

FC06-03

离子热电材料与应用

刘玮书*

南方科技大学材料系

FC06-04

特种柔性传感材料与器件

王学文*

武汉理工大学

FC06-05

面向人体无感集成的超柔性有机电子

徐晓敏*

清华大学深圳国际研究生院

FC06-06

面向生物交互的感算存离子信息材料与器件

肖凯*

南方科技大学

离子在智能生命体中至关重要，神经细胞中动作电位的产生、植物细胞光合作用、皮肤的压力感知等都和离子的定向传输密切相关。可以说，智能生命的语言是“离子”，而人工智能的语言是“电子”。因此，如何构筑基于离子传输的类脑计算器件，从而架起智能生命和仿生体系的桥梁，是我们未来面向脑-机混合智能的一个重要挑战。该研究方向是受生物蛋白质通道及其离子输运功能的启发，近年来随着纳米科学与信息技术的发展而兴起的最前沿和最活跃的课题之一。我们课题组围绕“神经仿生材料、类脑计算器件、神经调控技术”这一主题开展化学、材料、信息、生物等多学科交叉研究。通过仿生的手段构筑了一系列离子传输材料，通过调控其结构和界面性质，探究了限域空间/界面内可控离子传输的机制，实现了类脑的多种脉冲放电功能；在此基础上，基于深度神经网络（DNN）和脉冲神经网络的（SNN）的新型类脑算法，实现了低能耗、高通量的类脑计算；通过多尺度范围内构筑基于离子传输的神经拟态器件，实现了以“离子”为语言的类脑计算器件的构筑并用于生物信号/信息调控和“人工智能-生物智能”无障碍沟通。

参考文献：

- [1] Kai Xiao.* et al., *Sci. Adv.* 2024, 10, eadj7867.
- [2] Kai Xiao.* et al., *Nat. Commun.* 2021, 12, 4650.
- [7] Kai Xiao.* et al., *Nat. Commun.* 2019, 10, 74.
- [3] Kai Xiao.* et al., *Natl. Sci. Rev.* 2021, 8, nwaa231.
- [4] Kai Xiao.* et al., *Adv. Mater.* 2020, 32, 2000218.
- [5] Kai Xiao.* et al., *Angew. Chem.*, 2024, e202401477.
- [5] Kai Xiao.* et al., *Angew. Chem.*, 2020, 59, 9067.
- [6] Kai Xiao.* et al., *Angew. Chem.*, 2019, 58, 12574.
- [9] Kai Xiao.* et al., *Angew. Chem.*, 2018, 130, 10280.
- [10] Kai Xiao.* et al., *Angew. Chem.*, 2018, 57, 151.

FC06-07

激光融合制造及柔性生物/共体电子应用

徐凯臣*

浙江大学

柔性智能感知技术，作为柔性电子技术的重要体现形式之一，颠覆性地改变了传统刚性器件的物理形态，在物联网、人工智能等技术中发挥着至关重要的作用。本工作以激光增-等-减材融合制造技术为核心，基于多模式（超快）激光与物质相互作用机理，实现“结构-材料-功能”一体化集成创制；通过模型构建、原理突破、结构创新，解决了柔性传感器稳定性差、精确度低等问题；研制了柔性热式流量传感阵列、多模态超薄生物电子、织物集成电子等若干多功能感知系统，并探索在人-机-环境感知交互、植介入式医疗器械以及高端装备等方面的应用。

FC06-08

Flexible Materials and Devices for Wearable Antibacterial Therapies

Peng Li*

Northwestern Polytechnical University

Bacterial resistance caused by the overuse of antibiotics and the shelter of biofilms has evolved into a global health crisis. In the past ten years, our group developed series of antimicrobial peptides/polymers, nanomaterials and wearable devices to fight against drug-resistant bacteria and biofilm-associated infections. Cationic peptides/polymers that act their bactericidal efficacy by disrupting bacterial cell walls have been synthesized, and applied as disinfectants, surface coating of biomedical devices, wound dressings, etc. We also developed several nanomaterials for high efficient eradication of bacterial biofilm based on photothermal/photodynamic/gas therapy. Selective antimicrobial materials have been designed by metallic labelling. Moreover, wearable therapeutic devices were fabricated using flexible materials loaded with our antimicrobial molecules. These antimicrobial materials and

devices exhibited excellent efficacy towards drug-resistant bacteria and could serve as alternatives of antibiotics in the future.

References

- [1] Li, P*, et al., An Electroluminodynamic Flexible Device for Highly Efficient Eradication of Drug - Resistant Bacteria, *Advanced Materials*, 2022, 34(17): 2200334.
- [2] Li, P*, et al., Self - Reinforced Hydrogel - Based Skin - Contactable Flexible Electronics for Multimodal Electrophysiological Signal Monitoring and Emergency Alarming System, *Advanced Functional Materials*, 2023, 33(24): 2214917.
- [3] Li, P*, et al., Skin-adhesive and self-healing diagnostic wound dressings for diabetic wound healing recording and electrophysiological signal monitoring, *Materials Horizons*, 2024, ASAP (d3mh02064a).
- [4] Li, P*, et al., Sponge Inspired Flexible, Antibacterial Aerogel Electrode with Long-Term High-Quality Electrophysiological Signal Recording for Human-Machine Interface, *Advanced Functional Materials*, 2024, ASAP (adfm.202309704).
- [5] Li, P*, et al., Sponge Inspired Flexible, Antibacterial Aerogel Electrode with Long-Term High-Quality Electrophysiological Signal Recording for Human-Machine Interface, *Advanced Functional Materials*, 2024, ASAP (adfm.202309704).

FC06-09

尖晶石能源电催化材料

刘兆清*

广州大学

FC06-10

电解液及其电极/电解液界面相

邢丽丹*

华南师范大学

FC06-11

锂离子电池材料回收再利用

周光敏*

清华大学深圳国际研究生院

FC06-12

电化学储能用高分子基功能复合材料

梁业如*

华南农业大学

FC06-13**非贵金属电催化剂的合成与转化**

王浩帆*

华南理工大学

FC06-14**题目：待定**

侯廷政*

清华大学深圳国际研究生院

FC06-15**基于湿法制备的碳基材料及其水系储能的应用**

黄铁骑*

中南大学

先进储能技术是发展新质生产力的内在要求，也是实现“双碳”战略的基础保障。相较于以锂离子电池为代表的基于有机电解液的储能体系，水系储能具有安全、可靠、环保、低碳等特点，在长效储能等特殊领域具有广阔的应用前景。碳基材料拥有特殊的本征优势，很适合作为水系储能体系的电极材料或基底材料，为实现精细优化电化学反应提供了可能性。基于此，报告人以实用高效水系储能为应用导向，利用不同的碳基材料前驱体，通过自行设计的各类框架合成路线以及微纳改性技术，基于湿化学成功制备了一系列具有不同宏观与微观形貌的碳基电极材料，定制了具有适配不同水系储能体系的材料表面与内部的化学成分与多级结构，利用多种材料加工手段合成了具有预定拓扑结构的碳基电极材料，电化学测试表明其在各自的使用领域具有优异的电化学性能，相关组装的实体器件展示了未来实用化的前景。本报告旨在分享利用不同的湿法制备技术获得所需的碳基电极材料的经验与思路、探讨碳基电极材料精细拓扑结构的精准调控技术、推动功能化的碳材料在水系储能领域的应用。

FC06-16**锂键化学推动能源存储材料高质量发展**

张强*

清华大学

我国提出力争 2030 年前二氧化碳排放达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。电化学能源是构筑太阳能-电能-氢能/动力/热能系统的新途径。发展基于锂离子的锂电池技术是电化学领域的长期关注的目标。采用理论与实验相结合的方法，系统地研究了多硫化物与氮掺杂碳材料之间形成的锂键的几何结构、键能、电荷分布、偶极等性质，提出锂键是一种偶极-偶极相互作用，并通过理论和实验核磁表征指认复杂体系中锂键的形成过程。锂键主要用于解释多硫化物与正极宿主材料之间的相互作用，但锂键的概念可以被广泛应用锂电池研究的各个方面，也为锂电池的机理研究提供了一种新的视角。本报告将锂键的概念引入到锂电池的研究中，并基于多硫化物与正极宿主材料相互作用的体系，系统地研究了锂键的几何结构、电子结构、键能、偶极等性质。希望锂键的概念在锂电池研究中取得更大的应用，因此将这一概念引申到电解液、锂金属负极等体系。基础原理上的新认识会更加清晰的认识自然界的本质，能够助力基于锂的化学电源探索和开发。

参考文献：

[1] Chen, X.; Bai, Y.-K.; Zhao, C.-Z.; Shen, X.; Zhang, Q., Lithium bond in lithium batteries. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2020, 59, 11192–11195.

[2] Hou, T. Z.; Xu, W. T.; Chen, X.; Peng, H. J.; Huang, J. Q.; Zhang, Q., Lithium bond chemistry in lithium-sulfur batteries. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2017, 56, 8178–8182.

[3] Lu, Y.; Zhao, C.-Z.; Zhang, R.; Yuan, H.; Hou, L.-P.; Fu, Z.-H.; Chen, X.; Huang, J.-Q.; Zhang, Q. The carrier transition from Li atoms to Li vacancies in solid-state lithium alloy anodes. *Sci. Adv.* 2021, 7, eabi5520.

[4] Chen, X.; Chen, X.-R.; Hou, T.-Z.; Li, B.-Q.; Cheng, X.-B.; Zhang, R.; Zhang, Q., Lithiophilicity chemistry of heteroatom-doped carbon to guide uniform lithium nucleation in lithium metal anodes. *Sci. Adv.* 2019, 5, eaau7728.

[5] Yao, Y.X.; Wan, J.; Liang, N.Y.; Yan, C.; Wen, R.; Zhang, Q. Nucleation and growth mode of solid electrolyte interphase in Li-ion batteries. *J. Am. Chem. Soc.* 2023, 145, 8001

FC06-17

Additively manufactured CoCrFeNi-based high-entropy alloy

魏军*

哈尔滨工业大学（深圳）

FC06-18

Ultra-light mechanical metamaterials of cubic shell lattices: interplays in geometry, mechanics and fabrication

王煜*

大湾区大学

FC06-19

Scale up 2D nanomechanics to functional metamaterial devices

陆洋*

香港大学

FC06-20

面向 4D 打印的形状记忆聚合物大变形可重构力学行为研究

葛锜*、李红庚

南方科技大学

4D 打印作为一个新兴的跨学科前沿研究领域，已成为国内外热点研究方向之一。由于相对较高的模量，形状记忆聚合物（Shape Memory Polymers, SMPs）已被广泛用于 4D 打印。然而，用于 4D 打印的大多数 SMPs 是热固性材料，一旦化学结构确定，其只能“记忆”一种永久形状。近年来，一些研究将共价适应性网络（Covalent Adaptable Networks, CAN）引入到 SMPs 中，以实现其永久形状的多次可重构。但是，现有动态共价 SMPs 无法兼顾形状记忆性能、变形重构能力、高精度可打印性。针对上述问题，我们开发了一种能够用于数字光处理（Digital Light Processing-DLP）高分辨率 3D 打印的高力学性能的共价适应性网络 SMP（Mechanically Robust Covalent Adaptable Network Shape Memory Polymer, MRC-SMP），实现了可重构、大变形、高精度 4D 打印。

FC06-21

考虑刚度特性的力学超材料设计

王毅强*¹、俞雪¹、张磊²、宋旭³

1. 大连理工大学 工业装备结构分析优化与 CAE 软件全国重点实验室 中国大连 116024
2. 上海交通大学 元知机器人研究院 中国上海 200240
3. 香港中文大学 机械与自动化工程学院 中国香港

力学超材料是一大类新型人工材料，通过设计微结构构型能够获得自然材料不具备的超凡力学性能，如负泊松比、五模态、拉胀等。高速发展的 3D 打印技术为加工高质量、具有复杂构型的力学超材料提供了工艺支撑。在超材料的各种力学性能中，等效刚度是最重要的基础性能之一，不仅决定了微结构的等效承载能力，还影响其等效强度等。尤其是，具有各向同性等效刚度的微结构，可适用于多载荷工况作用，且对大小与方向不确定的载荷不敏感，因此备受科学与工程领域关注。目前，已有大量研究工作基于力学原理设计出丰富的各向同性刚度微结构，如类 Vidergauze 微结构、Rank-N 微结构、组合式微结构等。其中，以多种基础板件组合而成的微结构，可获得由 Hashin-Strihman 边界定义的理论极限最大刚度。另一方面，结构拓扑优化方法结合数学规划与优化理论，能够创造出满足几何与加工约束要求的各向同性刚度微结构。然而，在微结构刚度设计中，仍存在三个问题有待解决。第一，已有各向同性刚度微结构都包含周期胞元，周期特性隐性地施加了几何约束，限制了可达的构型空间，是否存在创新的设计机理以实现新型各向同性刚度微结构，仍有待探索。第二，已有各向同性微结构主要是单一层级微结构，即微结构本身由杆梁、板壳、实心实体等传统构件型式组成，难以实现多功能需求（如保形）的同时实现各向同性刚度设计。第三，将微结构用于宏观结构时，需要依据宏观结构每点处的受力状态定制化地设计微结构构型，因此迫切需要建立针对任意应力载荷工况，能够设计最优各向异性刚度微结构的有效策略。

为解答上述问题，报告人完成了以下研究工作。第一，建立了看似杂乱实则内蕴优美准周期几何的新型微结构。所构筑的微结构包括一组水平板件以及 n 组倾斜板件，依据弹性力学理论，当 $n > 4$ 时，微结构在平面内满足各向同性刚度，即三维微结构具有横观各向同性刚度，通过调整水平与倾斜板件的厚度比值即可获得各向同性等效刚度。理论分析与数值仿真结果表明，准周期微结构的等效刚度可达理论极限最大刚度，并且其在单向压缩载荷作用下的等效强度比组合式微结构提高 10% 以上。第二，提出了一种多层级微结构设计策略，在单一层级微结构的实体区域填充尺寸更小的第二层级微结构，在保证原有单一层级微结构几何特征不变条件下，实现各向同性刚度设计。该策略被成功用于多个 2D 和 3D 单一层级各向异性刚度微结构设计，并采用高精度加工制备出多层级样件。分析结果不仅验证了所设计多层级构型的各向同性刚度，还表明其比单一层级微结构具有更高的屈曲失效强度。第三，提出了一种 6 次旋转对称的微结构原胞，通过优化其胞元形状（胞元边长与内角大小），可获得在任意多工况宏观应力载荷作用下，具有接近理论极限的最大各向异性刚度（ $>99.5\%$ 的理论最大极限刚度），为用于宏观结构的最优刚度设计提供了完备的构型与最优刚度性能空间。

FC06-22

轻质高强曲壳点阵结构设计

张磊*

上海交通大学

曲壳点阵结构（Shell-based Lattices）由周期、光滑的微曲壳构筑而成，具有低应力集中、高力学性能、高表面积等独特优势，是桁架、平板之外的第三大点阵构型，其中的代表性案例为基于三周期极小曲面（TPMS）的曲壳点阵结构，近年来受到广泛关注。然而，由于增材制造（3D 打印）过程引入的几何缺陷、材料各向异性等问题，曲壳点阵结构的力学性能分析和优化设计仍面临挑战：一是曲壳点阵结构形状复杂且几何缺陷分布规律复杂，导致点阵结构实际力学性能难预测；二是 3D 打印基材各向异性对曲壳点阵结构宏观性能的影响规律不清晰，导致由各向异性基材构建的各向同性曲壳点阵结构难实现。针对上述问题，本工作

提出了基于高精度 CT 的薄壁曲壳点阵结构几何缺陷的定量化表征方法,建立了高保真度有限元分析模型,通过构建不均匀壁厚、粗糙度等 4 种典型几何缺陷的有限元映射模型,实现了压缩失效行为的高精度预测,将刚度、强度预测精度提升 30%以上。针对 SLM 不锈钢基材各向异性问题,提出了考虑基材各向异性的曲壳点阵结构设计方法,发展了变壁厚曲壳优化模型,实现了高刚度且刚度各向同性曲壳点阵结构设计。上述研究成果为面向增材制造的轻质高弱点阵结构力学性能分析和优化设计问题提供了解决思路。

FC06-23

Vat photopolymerization 3D printing of non-metallic materials: design optimisation and application exploration

白家鸣*

南方科技大学

FC06-24

Unveiling critical damage events of laser 3D printed AlSi10Mg alloys by in situ synchrotron X-ray tomography

Wu Zhengkai¹, Shengchuan Wu^{*1}, Philip J. Withers²

1. Southwest Jiaotong University

2. The University of Manchester

Defects and fish-scale-like melt pool structures are unique characteristic of metal additive manufacturing (AM). These lead to considerable scatter in fatigue. By in situ time-lapse synchrotron X-ray tomography and diffraction, we identify the initiation and growth of life-limiting damage under tensile, low cycle fatigue (LCF), and high cycle fatigue (HCF) loading. A novel transition from meso-structure insensitive, defect-dominated short fatigue crack propagation to a meso-structure sensitive mechanism occurs as the plastic zone expands. Under tension and LCF, the damage accumulation gradually increases and micro-voids nucleate at the melt pool boundaries (MPBs) after which the crack path follows the MPBs. In contrast, under HCF, surface defects initiate fatigue cracking and the MPBs have a very limited effect on the crack propagation path. Finally, machine learning method is used to develop a novel approach for identifying the damage criticality by introducing three-dimensional distributions of defects into AM parts.

FC06-25

等离子体球磨技术及其在先进材料制备中的应用

欧阳柳章*

华南理工大学

FC06-26

同步辐射技术在二次电池正极材料研究中的应用

周永宁*

复旦大学

同步辐射是高能电子在磁场作用下做圆周运动时,因其运动方向发生改变,沿其轨迹切线方向发出的电磁波,它是一种覆盖了从红外到硬 X 射线连续光谱的人工光源。由于其光谱连续、亮度高、准直性好、有偏振性、有脉冲时间结构、性能参数可精确计算等特点,具有其它光源无可比拟的优越性,在许多学科的基础研究和高科技领域中都有广泛的应用。目前,我国正在大力规划建设多个先进同步辐射光源,以推动我

国前沿科学技术的发展。

近年来，同步辐射技术在电池领域的研究中已得到广泛应用，成为研究相关材料及电池体系的一个强有力的表征工具。尤其适合实时跟踪材料及体系在电化学过程中的物理化学变化。该报告将重点介绍同步辐射技术的原理和特点、及其在电池正极材料研究中的典型应用示范。

FC06-27

tomly.net: 开启 “AI+材料科学” 的新赛道

刘淼*

中国科学院物理研究所

数据和人工智能正在潜移默化地改变科研的方式。本次报告，报告人将介绍 Atomly 材料数据库的近期进展及应用实例。Atomly 数据库是我国近期建立的世界级材料科学数据平台，借助高通量第一性原理计算获得了 34 余万个无机晶体材料的基础数据，数据规模和质量已经跻身世界顶级水准。

借助海量数据和数据科学手段，报告将讲述 Atomly 团队如何实现新材料体系的快速搜索、预测、人工智能建模。如：筛选出“类 CsV₃Sb₅”笼目结构材料[Chin. Phys. Lett. 39 047402 (2022)]; 完成了“类 MgB₂”超导材料的端到端设计 [Phys. Rev. B 105, 214517 (2022)]; 并构建了具有强外推本领的无机材料形成能预测模型[Science China Materials 66, 343 (2023)]; 开发具备出色的精度和泛化能力通用力场 GPTFF，能够精准模拟任意无机化合物[arXiv:2402.19327(2024)]; 开发锂离子/钠离子电池材料等[J. Mater. Chem. A 2024,12, 3954 (2024)]。

FC06-28

Sn 基负极材料的结构设计及低温储锂特性

胡仁宗*

华南理工大学

目前采用低嵌锂电位石墨作为负极的锂离子电池在低温充电时，由于电荷传输阻抗增大导致嵌锂电位降低，负极表面极易析锂而导致电池性能衰减或安全问题。因此采用嵌锂电位高、无析锂风险的负极材料是提升电池低温充电能力的技术途径之一。我们研究发现具有适中嵌锂电位的金属 Sn 在低温储锂过程会转变为晶格致密度更低的 α 相，更利于 Li⁺在晶体内的快速迁移而降低低温充放电极化，加以利用可进一步提升 Sn 基负极材料的低温储锂性能。我们拟利用该负极体系来构建具备-40°C 下快速充电能力的电池体系与器件，为实现低温转化电能在高比能电池体系中的快速存储提供材料支持。本报告将主要介绍上述研究进展。

FC06-29

低维碳负载金属对镁基氢化物可逆储氢性能的调控策略

Regulation of reversible hydrogen storage properties of Mg-based hydrides by low dimensional carbon supported metals

肖学章

浙江大学 材料科学与工程学院 / 氢能研究院, 浙江省 杭州市 310058

E-mail: xzxiao@zju.edu.cn (Xuezhang Xiao)

FC06-30

Medium-entropy alloy MoCoCu-P as an efficient bifunctional catalyst for water splitting

Lin Jiang (姜琳)*¹, Xue Wang (王雪)², Lianwei Wang (王连卫)²

1. Shanghai University

2. East China Normal University

Medium/high-entropy alloy (MEA/HEA) catalysts have emerged as ideal candidates as multi-functional catalysts owing to their synergistic effects of multiple metal components on the boosted catalytic activity. However, the facile preparation and screening of suitable MEAs element to achieve high catalytic performance still remain challenging. In this work, we successfully synthesized a MoCoCu-P MEA electrocatalyst for water splitting electrocatalysis through a feasible electrodeposition method. The as-prepared MEA demonstrated an overpotential of 276.1 mV ($j=10 \text{ mA/cm}^2$) for OER with a Tafel slope of 38.3 mV/dec, coupled with an overpotential of 64.7 mV for HER ($j=10 \text{ mA/cm}^2$) with a Tafel slope of 87.7 mV/dec. Employed in an overall water electrolysis cell, MEA achieved a nearly 100% Faradaic efficiency and superior stability over than 50 hours at a high current density of 50 mA/cm². X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) analysis verify that high-valence Co and Mo are the most active sites for OER, while electron-rich Cu at the presence of P is responsible for the boosted HER in the MoCoCu-P MEA. This study not only provides a feasible electrodeposition strategy to obtain MEA catalysts with high activity and excellent stability, but also sheds fundamental lights on the identification of the active sites in MEA catalysis.

FC06-31

离子辨识功能 MOF 材料及其储能应用

张琪*

广东工业大学

FC06-32

Flexible Al₂O₃ nanofibrous aerogels for thermal insulation

李守振 1,2、韩光亭*2

1. 南通职业大学
2. 青岛大学

Developing ceramic nanofibers for thermal insulation is vital. However, ceramic nanofibers were brittle and rigid during the service in the high-temperature environment, and the elastic performance was poor during service time. The lack of elastic property has limited many high-end applications of ceramic nanofibers. This work fabricated the elastic Al₂O₃ nanofibers via electrospinning and calcination in the air at different temperatures. The flexible Al₂O₃ nanofibers at -196 to 1400 °C could remain elastic performance. The Al₂O₃ nanofibers had a high working temperature. This favorable characteristic displayed the Al₂O₃ nanofibers for high-temperature thermal insulation applications.