

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

FC04-材料颠覆性技术报告会

主办单位

中国材料研究学会

会议网址: <https://cmc2025.scimeeting.cn>



FC04. 材料颠覆性技术报告会**分会主席：彭慧胜、陶光明、陈培宁、秦杰、徐磊、李攀****FC04-01****透气电子皮肤**郑子剑¹

1. 香港理工大学

1. 中国科学院深圳先进技术研究院

柔性电子技术在健康监测与康复、物联网（IoT）以及软体机器人等领域具有重要作用。过去二十年间，该领域研究主要集中于开发基于薄膜材料及结构的非透气、防潮、防液体渗透的柔性电子器件。最新研究表明，透气性对于此类柔性器件（尤其是长期贴附于皮肤与软组织表面的设备）的长期生物相容性至关重要。本次报告将探讨我们近期在开发基于液态金属的透气型柔性电子皮肤方面的研究进展，重点面向可穿戴、皮肤贴附及植入式应用场景。具体而言，我们将系统介绍：（1）如何利用液态金属材料平台制备可拉伸透气电子器件；（2）如何解决界面失配问题；（3）如何实现高精度图案化加工以构建功能性可拉伸透气电子器件与系统；（4）如何将其集成至三维透气电子皮肤集成电路。

FC04-02**手术机器人力感知与力反馈**王磊¹

1. 中国科学院深圳先进技术研究院

手术机器人的力感知与力操控技术有十分重要的临床意义。本研究通过医工融合，建立医生端操控装置与患者端递送装置/器械间的力觉映射关系，构建多主体力觉传感器网络，对医生技能进行客观评估，提升机器人辅助手术操作的智能水平。系统已经完成多例动物实验验证。

FC04-03**AI 赋能锂电池材料高质量发展**张强¹

1. 清华大学

以“三传一反”为核心的化工学科发展在石油、煤、天然气化工等方面取得了重大成果，但在应对新能源、生命健康等新场景需求时面临着体系复杂、基础科学规律不清晰、影响因素强关联而难优化等巨大挑战。人工智能技术快速兴起，正在引领当代化工学科高质量发展，实现 AI for Science + Engineering 的新研究范式跃迁，有望成为我国能源存储等领域突破“卡脖子”困境和实现弯道超车的重大机遇。本报告介绍锂电池材料的化学基础，尤其是提出锂键化学概念，解释锂电池中的复杂现象，并将这些知识注入到人工智能模型中。通过构筑电池新材料数据库，开发材料性质预测人工智能模拟、具有目标性质的材料结构生成模型、材料合成路径预测模型、材料机理分析模型，结合领域专家知识，服务锂电池新材料的高效设计。

FC04-04

细胞诊疗芯片

常凌乾¹

1. 北京航空航天大学

对活细胞内外生物分子精确、安全地取样、检测和调控，是实现癌症等重大疾病精准诊断和治疗的基础之一。然而在临床实践中，由于细胞膜对物质跨膜交互的屏障，给细胞诊疗带来明显的技术瓶颈。针对这一问题，报告人设计了基于纳米电穿孔技术的生物芯片，实现了高效、安全、可控的细胞取样和分子递送。（1）在细胞治疗方面，将基因药物在体递送效率由< 1%（常规递送）提高到>30%，在器官损伤修复（Nature, 2025; Nature Electronics, 2024）和再生医学（Nature Nanotechnology, 2017）等应用中展示了前景；（2）在细胞检测方面，将临床肺癌、乳腺癌等基因检测时间由 2 天缩短到 30 分钟（Nature Photonics, 2024; PNAS, 2024）；（3）在细胞取样方面，在肺癌、流感等疾病的快速诊断中，灵敏度相比传统 PCR 技术提高 100 倍（Nature Communications, 2023; Science Advances, 2024）

FC04-05

二维/三维异质集成片上光源与探测

吕俊鹏¹

1. 东南大学

信息器件正朝着微型化、多功能、集成化等方向不断发展，需要将不同功能（如光电、存储、逻辑、传感等）的材料和器件集成到微纳尺度。微型异质集成器件中的缺陷与表界面态（空位、反位、晶界和杂质等）非常丰富，对载流子的影响格外显著，体现在寿命、辐射复合效率和载流子迁移率等方面并影响器件性能。目前相应的缺陷/表界面-光电性能的构效关系尚未明确建立，严重制约了高性能二维光电器件的开发与集成。异质集成过程中的缺陷与表界面的精准调控和按需构筑是决定器件性能的关键，现有的缺陷工程技术多致力于如何避免、钝化或修复缺陷，且存在可控性差、处理不均匀、效应不明显等问题。该报告深入研究低维异质集成中光电转换动力学过程的精确解析与精准调控为按需构筑新原理、高性能光电器件并探索集成化应用夯实基础。探索激光与低维异质集成体系的相互作用，利用温和等离子体技术实现缺陷与表界面态的精准调控，最终使得缺陷这类常规意义上的“负面”因素实现正面赋能，拓展并提升低维异质集成体系的光电应用，实现高质量片上微尺度光源与探测器。

FC04-06

一种由高分子网络固定液态金属连续体的金属凝胶

王嘉诚¹、叶婷婷¹、焦一丁¹、任卫同²、李一然³、李旭嵩¹、李亦冉¹、李丹⁴、李方琰¹、王远贞¹、宋杰¹、邹旷怡¹、茆伟¹、吴茗⁵、谭睿阳⁶、卢江¹、何儿¹、王列¹、陈昊¹、李录河¹、栗乾明¹、白辰昱¹、高睿¹、任俊烨¹、李文飞³、曹毅³、张晔^{*1}

1. 南京大学现代工程与应用科学学院

2. 中国科学院温州研究院生物物理重点实验室

3. 南京大学物理学院

4. 南京中医药大学医学和整体结合医学学院免疫学系

5. 南京大学化学化工学院

6. 南京大学电子科学与工程学院

凝胶材料是一类半固体材料，其中流体被固定填充在三维高分子网络中。流体占据了凝胶的主体体积，决定了凝胶的性质。目前已开发的凝胶体系有水凝胶、有机凝胶、离子液体凝胶和气凝胶等，探索新型流体对于解锁凝胶新性能至关重要。兼具高导电性和柔韧性的材料一直是迫切需求，尤其是在生物电子学和可穿戴技术等快速发展的新兴领域中。传统材料通常只能提供导电性（如金属）或柔韧性（如高分子），

而要在同一种材料中同时实现这两种优异特性，仍然是一项挑战。为了解决这一核心难题，我们设计制备了一种金属凝胶的新材料，将液态金属作为流体首次引入到凝胶材料中，通过静电相互作用固定填充在相互连接的纳米级高分子网络中。金属凝胶是通过流体置换的策略实现，该方法具有良好的普适性，适用于不同的液态金属和高分子。由于液态金属在凝胶中占据 96.83% 的质量分数和 92.40% 的体积分数，所以金属凝胶的电子电导率达到 $3.18 \times 10^6 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ ，接近传统金属，显著高于其他导电凝胶材料。同时，杨氏模量最低至 70 kPa，与人体软组织的模量相匹配。此外，金属凝胶还展示出优异的稳定性。一辆 4.5 吨重的卡车从金属凝胶样品上碾过，依然可以保持其结构和性能，电阻仅增加了 9%。在经历 10,000 次的反复弯曲、拉伸和扭转等变形下，电阻基本保持不变。实现金属凝胶独特结构和优异性能的关键是液态金属与高分子网络之间的相互作用。金属凝胶的潜在应用是多种多样的，包括软电磁屏蔽、密封和可植入生物电子学中的刺激/传感电极，表明其广泛的适用性。

FC04-07

动态交联补强增塑

游正伟*

东华大学

本团队长期致力于弹性体的研究。本工作针对弹性体中普遍存在的力学性能与加工性能难以兼顾的问题，提出了一种基于动态共价键温度响应行为的分子设计新策略，并据此构建了两具有工业应用潜力的动态交联聚合物体系。

(1) 增塑型补强剂：利用动态交联刚性聚氨酯作为热塑性聚氨酯的专用改性剂，在室温下其交联结构有效补强基体材料，而在高温条件下可逆解离生成寡聚物和小分子，发挥增塑作用。该方法不仅大幅提升了热塑性聚氨酯的强度（拉伸强度高达 75.8 MPa），同时显著降低了加工时的粘度（降低 70%），且此策略同样适用于聚乳酸、聚氯乙烯等其他聚合物，展现出良好的通用性。

(2) 多臂动态共价交联聚氨酯：设计了具有内源性催化作用的化学耦合四臂动态聚合物交联位点，在提高聚氨酯网络的交联密度时，既增强了材料在使用环境下的力学和耐溶剂性能；又使得网络中具备更多动态键，受热后这些动态键解离，将聚合物网络更高效地转化为短链段，从而显著改善了热塑加工性能。当温度从 30 度升高到 150 度，其储能模量 $G'_{\max}$ 与 $G'_{\min}$ 之比达到 153.3，是当前报道的交联聚氨酯中的最高值。

上述研究有效突破了力学性能与加工性能间此消彼长的瓶颈，为新一代高性能易加工聚合物材料的研发提供了新策略，同时也为动态共价键的实际应用提供了新思路，具有良好的理论意义与应用价值。

FC04-08

高能辐射探测用玻璃光纤

周时凤¹

1. 华南理工大学

闪烁体被广泛应用于医学成像、高能物理、环境监测以及安检等领域。玻璃和微晶玻璃是十分重要的闪烁体材料，玻璃材料容易拉制成光纤，而光纤具有细小、柔韧性好和易加工成阵列等突出优势，因此一些特殊场合具有重要应用背景。报告以玻璃和微晶玻璃闪烁体微结构和辐射响应特性为主线，介绍了玻璃、微晶玻璃闪烁体和闪烁光纤的制备技术、结构-辐射响应构效关系、应用探索等方面的研究进展。

FC04-9**Publish with Cell Press in Materials Science**林宇卿¹

1. Cell Press

经过五十年的不断发展，Cell Press 已成为涵盖生命、物理、地球和健康等科学领域 50 余种科学期刊的出版社，我将概述我们的各种期刊，尤其是介绍物理材料相关期刊 Matter 以及近年来 Cell Press 主办的学术活动。本报告旨在展示我们出版物的广度和深度，同时分享论文写作、文章提交和同行评审中的重要流程和注意事项的更多细节。

FC04-10**原位光热转换与利用一体化的热管理技术**冯奕钰¹

1. 山东理工大学

面向以空间、极地和海洋等极端环境热管理的需求，提出一项具有原位光热转换与利用功能的一体化热管理技术，通过对太阳热能的可逆循环利用，达到维持温度平衡的目标。以昼夜交替环境为背景，通过构建光热转换与利用一体化结构，实现在白昼吸收“光能”降温以及黑夜释放“热能”升温，从而控制系统温度平衡的目标；提升在极端环境中持续热管理能力，颠覆被动自供给、设备负担重且能量利用率低的热管理模式，突破一体化热管理功能调控、高能量光热稳定存储、低温环境自主调控热量输出、结构拓扑优化热能利用过程、环境温度控制与热管理功能实现等关键技术，为未来极端环境热管理系统的构建提供关键技术支持。

FC04-11**基于低维结构限域自组装的超结构智能纤维设计开发**卓明鹏¹

1. 苏州大学

作为智能织物的核心部件之一，光电功能纤维在传感、信号传输及器件互连等方面发挥至关重要的作用。然而，在智能纺织品中实现优异光电特性、大拉伸性并保持稳定的光电性能，仍面临诸多挑战。有机低维结构兼具了有机半导体与晶态材料优势，是构筑高性能、低成本、柔性轻薄光电器件的理想载体。但弱的分子间作用力导致有机晶体成核及晶体生长难于控制，给有机低维结构的可控合成/宏量制备带来了巨大挑战。因此，我们提出了以纤维微纳结构作为有机低维材料限域自组装的微纳反应器，实现传统纤维的结构性与低维结构的功能性集成的纺丝化学新策略，同步实现低维材料的宏量制备和具有结构功能一体化超结智能纤维开发，有助于打破有机低维材料和传统纤维发展的局限性。低维结构在纤维内限域自组装与光电性能的精确调控，将有力推动超结构智能纤维向更高维度、更高集成度方向发展，最终将促进纺织产业与电子产业等的深度融合，为智能穿戴电子的发展带来了新机遇。

FC04-12**纳米材料在 CFRP 层间增韧中的应用**

欧云福*

中国科学院宁波材料技术与工程研究所

碳纤维增强树脂基复合材料（CFRP）凭借其超高的比刚度、比强度，出色的疲劳性能，优良的耐腐蚀性能，加上可设计性强和便于大面积整体成型等突出优点，成为飞机、汽车、建筑结构加固、船舶和海上平台设施等多种结构应用的理想候选材料。但受到其层级结构特性和树脂基体本征脆性的影响，容易发生

分层损伤，限制了它的进一步应用。本报告主要介绍了汇报人在 CFRP 层间增韧方面取得的一系列进展：开辟了一条超薄层间增韧路线，利用百纳米级厚的 CNT 纤维纱，将复合材料的 I 型层间断裂韧性提升了 100% 以上；研发了一套的纳米颗粒分散工艺，能高效地将 CNT 粉末均匀分散于树脂基体之中，并创新性地提出利用短 CNT 粉末和长 CNT 纤维纱多尺度协同增韧纤维复合材料的新方法，显著提升了 CNT 的增韧效率；发现非连续分布的 CNT 团聚颗粒能诱导裂纹的非定向偏转，触发多尺度纤维桥接机制，并首次提出“CNT 团聚颗粒增韧”的概念，打破了纳米粒子“团聚”势必导致复合材料力学性能下降的刻板印象，为 CNT 增韧应用提供了一种新的思路。