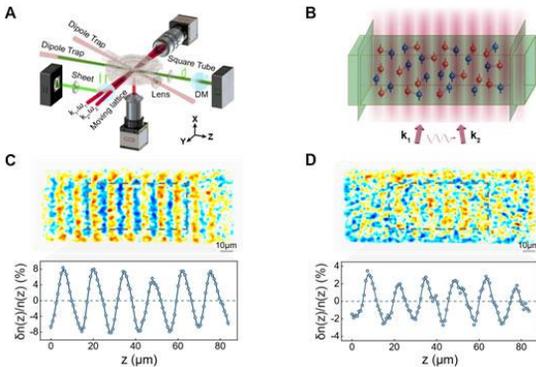




## 中国科学家首次观测到费米超流中的熵波临界发散



图注：(A) 装置示意图。(B) 探测方案示意图。  
(C) 第一声信号。(D) 第二声信号。

中国科学技术大学潘建伟、姚星灿、陈宇翱等与澳大利亚科学家胡辉合作，首次在处于强相互作用（ $\epsilon$ 正）极限下的费米超流体中观测到了熵波衰减的临界发散行为，揭示了该体系存在着一个可观的相变临界区，并获得了热导率与粘滞系数等重要的运输系数。该项工作为理解强相互作用费米体系的量子输运现象提供了重要的实验信息，是利用量子模拟解决重要物理问题的一个范例。该成果以长文（research article）的形式发表在国际权威学术期刊《Science》上。

80多年前，朗道建立了两流体理论，成功解释了氦-4液体（强相互作用玻色体系）的超流现象，并预言了熵或温度会以波的形式在超流中传播。熵波的性质与传统声波类似，它在传播过程中会逐渐衰减，因此朗道又将其命名为第二声（second sound）。第二声的传播和衰减与超流序参量直接耦合，是一种只存在于超流体中的独特量子输运现象。在费米超流中研究第二声的衰减行为，不仅能回答“两流体理论能否描述强相互作用费米超流的低能物理”这一长期存在的问题，还能表征强相互作用费米体系在超流相变处的临界输运现象。

在该项工作中，中国科大研究团队经过4年多的艰苦攻关，搭建了一个全新的超冷锂-镝原子量子模拟平台，融合发展了灰色黏团与算法冷却、盒型光势阱等先进的超冷原子调控技术，最终成功地实现了世界领先的均匀费米气体的制备；与此同时，研究团队还基于低噪声行波光晶格与高分辨原位成像技术，实验实现并理论诠释了低动量传递（约百分之五的费米动量）与高能量分辨率（优于千分之一的费米能）的布拉格谱学方法，并利用其实现了对体系密度响应的高分辨测量。在取得上述两项关键技术突破的基础上，研究团队成功地在 $\epsilon$ 正费米超流体的密度响应中观测到了第二声的信号，并获得了完整的 $\epsilon$ 正费米超流体的密度响应谱，实验结果与基于耗散两流体理论的描述高度吻合。

进一步地，研究团队获得了第二声的衰减率（声扩散系数），并以此准确测定了体系的热导率与粘滞系数。研究表明， $\epsilon$ 正费米超流体的运输系数均达到了普适的量子力学极限值，例如第二声扩散系数约为 $\hbar/m$ ，热导率约为 $n\hbar k_B/m$ 。这些极限值仅由约化普朗克（ $\hbar$ ）和玻尔兹曼常数（ $k_B$ ），粒子质量 $m$ 和密度 $n$ 决定。此外，他们还在超流相变附近观测到了上述输运量的临界发散行为，并发现 $\epsilon$ 正费米超流体具有一个可观的临界区（比液氦超流体临界区大约100倍）。这一发现为利用该体系开展进一步的量子模拟研究，从而理解强关联费米体系中的反常输运现象奠定了基础。

《Science》杂志的审稿人对该工作给予了高度评价，称该项工作“展示了令人惊叹的，实验的杰作”（This paper presents spectacular, “tour de force,” experiments,...），“这是一篇极为出色的论文”（This is an extremely impressive paper...），“该工作有望成为量子模拟领域的一项里程碑”（...this paper could be a milestone in quantum simulation...）。

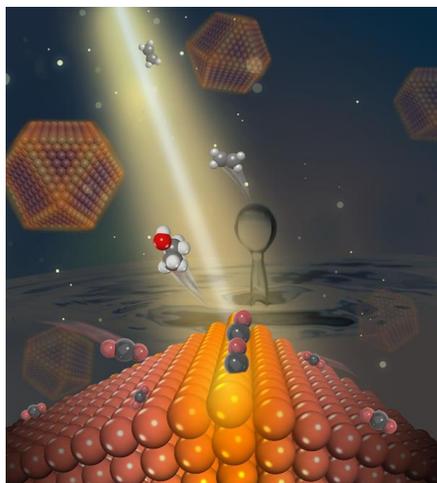
## 研究进展

## 中国科大发现铜多面体界面催化C-C电化学耦合的优越性

催化二氧化碳还原( $\text{CO}_2\text{RR}$ )是二氧化碳资源化利用的有效手段,为实现碳达峰与碳中和目标提供了一种有潜力的途径。近年来,随着对 $\text{CO}_2\text{RR}$ 研究的深入,通过催化转化二氧化碳制备能量密度高、应用前景广阔的多碳燃料(如乙烯、乙醇等)取得很大进展。然而,二氧化碳转化为多碳燃料需经历动力学缓慢的C-C耦联过程。因此,设计并发展能高效促进C-C电化学耦联催化剂对二氧化碳减排和变废为宝利用至关重要。

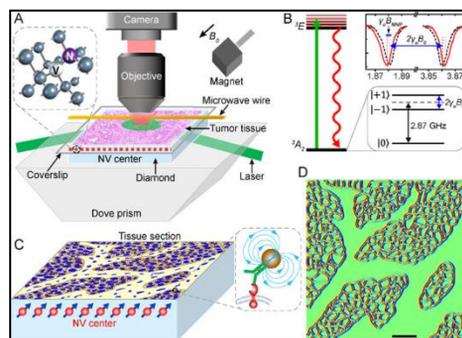
近日,中国科学技术大学高敏锐课题组控制合成了系列暴露不同Cu(100)和Cu(111)比例的铜催化剂,并发现Cu(100)/Cu(111)界面相比于单一的晶面展现显著地催化C-C电化学耦联优越性。相关成果发表于《美国化学会志》上(J. Am. Chem. Soc. 2022, 144, 1, 259–269)。

研究人员发现,在Cu(100)/Cu(111)界面处,其功函更低,有利于更快的电子转移。原位拉曼和红外实验证明,Cu(100)/Cu(111)界面处能更好吸附\*CO中间体,展现更强的C-C耦联能力。理论计算进一步表明Cu(100)/Cu(111)界面处电子结构被优化,促进了C-C耦联动力学。该项研究发现了铜原子排列变化形成的界面结构能更高效催化C-C耦联,降低多碳产物形成过程中的关键步骤能垒,其对二氧化碳制备多碳燃料的电化学升级利用具有重要的意义。



图注: Cu(100)/Cu(111)展现C-C耦联催化优越性示意图。

## 中国科大在肿瘤组织微观磁成像技术方面取得重要进展



图注: 肿瘤组织免疫磁显微技术的装置与原理。

中国科学技术大学中科院微观磁共振重点实验室杜江峰、石发展等与生命科学部魏海明教授等合作,在金刚石氮-空位色心量子精密测量技术的生物学应用方面取得重要进展,首次建立了肿瘤组织免疫磁显微成像技术,实现了组织水平微米分辨率的磁成像,其具有高稳定性、低背景和肿瘤标志物绝对定量的优势,同时实现了磁和光的多模态成像。相关研究成果发表在《美国国家科学院院刊》上[Proc Natl Acad Sci USA 119(5), e2118876119(2022)]。

在本工作中,研究团队利用近年发展起来的一种新兴量子磁传感器——金刚石中的氮-空位色心(NV色心,一种金刚石单晶中的原子缺陷),自主建立宽场磁成像装备,结合量子精密测量与免疫磁标记技术,实现了微米分辨率的肿瘤组织磁成像,并用于肺癌等的检测。具体而言,研究团队首先发展了组织水平的免疫磁标记方法,通过抗原-抗体的特异性识别,将20nm直径超顺磁颗粒特异标记在肿瘤组织中的PD-L1等靶蛋白分子上,接着将组织样品紧密贴附在金刚石表面,然后利用金刚石中分布在近表面约百纳米的一层NV色心作为二维量子磁传感器,在400nm分辨率的磁显微镜上进行磁场成像,在毫米级的视野范围里达到微米级空间分辨率,最后通过深度学习模型重构磁场对应的磁矩分布,为定量分析提供基础。

本研究的新方法主要有四个优点: 1、绝对磁定量。2、能避免背景信号的干扰。3、磁信号的高稳定性。4、磁和光多模态成像。除了肿瘤组织,该研究的微观磁成像技术也可以用于其它生物组织,开展免疫与炎症、神经退行性疾病、心血管疾病、生物磁感应、磁共振造影剂、磁靶向递送等领域的组织水平研究和临床诊断,尤其对于含有光学背景、光透过差和需要量化分析的生物组织具有独特优势。



## 研究进展

### 中国科大在生物力学领域取得重要进展

中国科大工程科学学院近代力学系姜洪源课题组建立了上皮组织断裂破坏的理论模型，揭示了上皮细胞单层的脆韧转变机制，相关研究成果在线发表于《物理评论快报》上[Phys. Rev. Lett. 128, 018101 (2022)]。

生物体内的许多器官、组织表面都覆盖着上皮组织，起到引导胚胎发育、防止细菌病毒感染、抵抗机械力等作用。在心跳、呼吸、血液流动、肠道蠕动等各种生理、病理过程中，上皮组织受到各种各样的内部或外部的机械力作用，并产生剧烈的变形。例如，在姿势改变或运动期间，人体皮肤的典型应变约为25%；血压的周期性变化可沿周向拉伸血管壁，并导致高达15%的应变；心脏跳动时二尖瓣的最大应变和应变率可高达30%和400%/s。此外，胚胎发育过程中的应力大到足以使组织弯曲和折叠，并推动大脑皮层、肠绒毛和视杯的形貌发生。因此，为了保证在机械载荷下的完整性，上皮组织的力学性能必须足够优异。

尽管上皮组织可以通过细胞分裂、重组、凋亡等过程去耗散应力以保证上皮组织的内稳态，但当细胞间粘附受损或受到过度拉伸时，上皮组织仍可能发生破坏和断裂。尽管上皮组织的机械性能是其功能的重要组成部分，但是上皮组织在机械力作用下的断裂失效机制还不清楚，而且目前也缺乏可以描述上皮组织断裂破坏的理论模型。

针对以上问题，姜洪源课题组通过引入一种新的拓扑转换(T4转变)，发展了一种改进的细胞顶点模型，研究了上皮细胞单层的力学性质和断裂破坏机制。该研究团队发现了一种由单细胞力学性质及细胞间粘附性质决定的脆韧转变现象，揭示了外加荷载可以激活韧性细胞单层中的细胞重排行为，其塑性变形来源于细胞单层内部与石墨烯等二维材料中常见的拓扑缺陷类似的“5-7缺陷”的形核和扩展。最后，该团队通过一个简化的四细胞模型，进一步证明了这种脆韧转变是由细胞重排和细胞脱粘的竞争引起的。该项工作为研究活体组织的断裂破坏提供了一个理论框架，并可能对许多其它生物学过程，例如伤口愈合和组织形貌发生，具有重要意义。



## 国家研究中心简讯

### ◆2022年冷冻电镜原位成像研讨会与培训班成功举办

2022年新年伊始，中国神经科学学会突触与神经可塑性分会、细胞动力学教育部重点实验室、中国细胞生物学学会细胞结构与细胞行为分会联合赛默飞世尔科技公司，共同举办了冷冻电镜原位成像研讨会与培训班。本次会议涵盖了前沿冷冻电镜原位成像前沿技术与应用进展讲座、交叉学科青年圆桌论坛以及冷冻电镜断层成像技术培训班。

本次会议采用了线上线下结合，共有来自包括中国科大、清华大学、北京大学、西湖大学、中科院、美国哈佛大学、美国华盛顿大学、德国马普所等国内外几十家单位400余名师生参会。会议中，各位专家从多个不同角度分享了冷冻电镜原位成像领域的最新进展，使得参会嘉宾对于冷冻电镜原位成像技术与应用有了较为全面的了解；同步培训班贯穿了冷冻电镜断层成像实验的各个环节，为初学者顺利开展基于冷冻电镜断层三维成像技术的研究工作奠定了基础。

### ◆中国科大俞书宏获2021年度中国科学院杰出科技成就奖

1月20日，中国科学院院长、党组书记侯建国在中国科学院2022年度工作会上，为获奖集体和个人颁发了2021年度中国科学院杰出科技成就奖，中国科学院副院长、党组成员周琪宣读了授奖决定。中国科大俞书宏院士荣获中国科学院杰出科技成就奖。

俞书宏院士长期从事无机合成和仿生材料研究。在仿生工程材料的设计制备及应用领域取得了一系列原创性成果，为实用仿生结构功能材料的创制及其应用奠定了坚实基础。创立了介观尺度“组装与矿化”相结合的合成方法，首次成功矿化合成了人工珍珠母，解决了这一世界公认的难题。成果发表在《Science》，被该刊 Perspectives 称“提出的矿化方法是一项突破性进展”，被 Nature 选为研究亮点。创制了具有优异隔热防火性能的轻质高强仿生木材，被 Science 新闻、Scientific American 选为亮点。开拓了宏观尺度纳米组装体的制备与功能化的研究，成功实现了具有重要应用前景的多种纳米结构单元及其组装体的宏量制备。两次获国家自然科学基金二等奖，先后获得全国创新争先奖章、安徽省重大科技成就奖等。