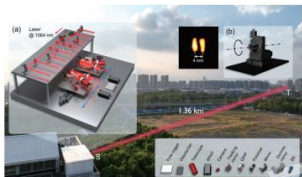


中国科大实现基于主动光学强度干涉的合成孔径成像

本报讯 5月9日，中国科大潘建伟、张强、徐飞虎等人联合中国科学院西安光学精密机械研究所等国内外科研机构，首次提出并实验验证了主动光学强度干涉技术合成孔径技术，实



实验系统示意图

现了对1.36公里外毫米级目标的高分辨成像。实验系统的成像分辨率较干涉仪中的单台望远镜提升约14倍。该成果发表在国际学术期刊《物理评论快报》上，被选为编辑推荐论文，并被美国物理学会（APS）下属网站Physics所报道。

本研究团队创新性地提出了主动光学强度干涉技术，开发了一种多激光发射器阵列系统，通过大气湍流的自然调制，巧妙地合成多个相位独立的激光束以实现远距离照热照明。如图所示，在1.36公里城市大气链路外场实验中，研究团队使用8个相互独立的激光发射器构建发射阵列照射目标，相邻发射器间距为0.15米，大于大气湍流的典型外尺度（通常为0.02–0.05米），以确保每束激光在经过大气传

播后具有独立且随机的相位变化。同时，构建的接收系统由两台可移动的望远镜组成0.07–0.87米的干涉基线，结合高灵敏度的单光子探测器以测量目标反射光场的强度关联信息。研究团队还开发了鲁棒的图像恢复算法，最终成功重建出具有毫米级分辨率的目标图像。

该工作为远距离、高精度的遥感成像和日益重要的空间碎片探测等应用场景开辟了新的可能性。《物理评论快报》审稿人高度评价该成果，认为“该论文在远距离大气高分辨率成像问题上取得了重大进展”。

（物理学院 合肥微尺度物质科学国家研究中心 中国科学院量子信息与量子科技创新研究院 科研部）

中国科大研制可控颜色的高性能透波仿生结构材料

本报讯 中国科大俞书宏院士团队在《先进材料》发表研究成果，报道了一种结构功能一体化的仿珍珠母复合材料。该复合材料不仅具备独特的颜色可调性和优异的透波性能，同时实现了轻量化、高强度、高韧性以及出色的抗冲击性能。

研究团队提出了一种双氧化物界面设计策略，通过自蒸发组装与高温烧结的方式制备出了新型仿珍珠母氧化钨陶瓷复合材料。该设计策略通过构建氧化钨微米片之间的矿物桥结构显著提升了机械强度和韧性，同时利用固相反应调控组装微米片界面化学成分实现了可控着色。研究结果表明，这种仿生复合材料的断裂韧性（~12.2 MPa m^{1/2}）是商用氧化铝陶瓷的3倍以上；其吸收的冲击能量达到商用氧化铝陶瓷的4倍以上。

此前的研究主要关注珍珠母仿生结构对力

学性能的调控作用，而忽略了对电磁波传输特性方面的影响。研究团队基于珍珠母结构的启发，提出了一种电磁波传输设计理念，其高

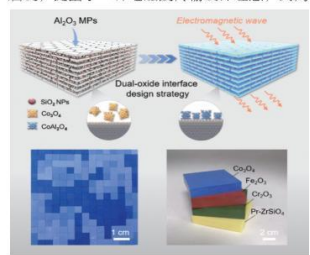


图 仿珍珠母复合材料的双氧化物设计策略示意图

效透波性能来源于层状陶瓷框架与低介电常数聚合物形成的微米级透波通道，无定形二氧化硅纳米颗粒以及单晶氧化铝微米片的轴垂直取向。因此，该结构设计实现了力学性能与透波性能的协同增强。

这项研究在仿生结构材料的机械鲁棒性、色彩伪装功能和透波功能的多性能集成方面取得了重要进展。这种双重效益的设计策略为机械性能和功能特性的整合提供了一个设计理念平台，为研发兼具隐身与防护性能的仿生层状结构材料提供指导。

中国科大博士研究生庞俊、南方科技大学博士后张振邦、中国科大博士后王泽宇为论文共同第一作者。中国科大俞书宏院士与高怀岭特任教授为通讯作者。

（合肥微尺度物质科学国家研究中心 化学与材料科学学院 科研部）

中国科大提出一种光学加密新策略

本报讯 中国科大、合肥国家实验室罗毅团队张群研究组在基于光学加密的信息安全领域取得重要进展，提出一种基于二维杂化钙钛矿有机阳离子精细调控的、兼具高安全性和高效率的信息加密/解密新策略。相关研究成果于5月6日在线发表在《德国应用物理》，并被选为热点论文。

研究人员选取了一类代表性的二维杂化钙钛矿材料（苯乙胺铅镉，PEA₂PbI₄），采用有机阳离子精细调控工程，获得了一系列卤代衍生物，并证实了其应用于信息加密/解密的可行性，继而构建了一个兼具高信息安全性和高信息提取效率的多模态加密/解密工作平台。首先，在高

质量二维钙钛矿薄膜的变温发光实验中，研究人员定量刻画了相邻的两个发射带在低温条件下的发射强度变化关系，并据此遴选出母体PEA₂PbI₄及其卤代衍生物（2-F-PEA）₂PbI₄和（4-Br-PEA）₂PbI₄作为实施信息加密/解密的三种原料。其次，在验证了常温下这三种原料样的不可区分性之后，研究人员采用三重“钥匙”（即紫外光照、液氮降温、窄带滤波），使得信息加密/解密运作于八个模态（有且只有一个“Real”信息，余者则为“Fake”或“Null”信息），大大提高了信息安全性。值得一提的是，采用常规的液液接触直接降温方式，不仅具有显著的成本效益，而且可以大

幅缩短信息提取时间（仅需10秒）。最后，为了防止“钥匙”泄露所带来的保密性降低，研究人员进一步提出了一种基于点阵密码本的加密方式，由简单的2×2点阵所生成的随机变量数可高达4.566×10⁶（即使采用目前最快的计算机El Capitan也需约10⁶年方可破解），确保了极高的信息安全。

这项成果所展示的基于钙钛矿材料刺激响应发光性质的、采用三重“钥匙”运作于多模态下的信息加密/解密新策略和新方案，不仅具有高的信息安全，而且具有高的信息提取效率，为信息安全领域的加密解密相关研究提供了新的可能性。

中国科大化学物理系博士研究生陈子昂同学为论文的第一作者。

（合肥国家实验室 科研部）

中国科大在火星气电池温度调控机制方面取得进展

本报讯 中国科大谈鹏教授团队在火星原位能源利用领域取得进展，首次揭示了锂-火星气电池（LMGBs）的温度调控机制，为下一代深空探测能源电池设计提供了理论基石。相关研究成果以“Deciphering Temperature-Governed Processes of Lithium-Mars Gas Batteries”为题发表于国际期刊Advanced Functional Materials。

火星具有复杂的自然环境，包括含有多种气体的火星大气以及剧烈的温度波动。锂-火星气电池因可直接利用火星大气释放电能，被视为未来火星基地的供能技术。然而，电池在宽温域下的反应路径复杂、界面易失效等问题制约其应用。本研究揭示了温度通过调控“两电子-四电子反应路径竞争”和“固态产物生长模式”主导电池性能，且低温下容量衰减的关键因素来源于过量无定形碳导致的界面钝化。

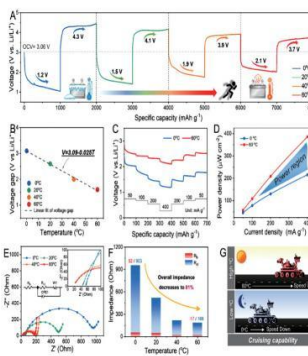


图 不同温度下锂火星气电池性能

研究团队发现，温度能够驱动反应路径切换与界面重构。温度升高时，电池放电反应从生成固态碳酸锂的无电子路径（4Li+3CO₂+4e⁻→2Li₂CO₃+C）转向生成气态一氧化碳化的两电子路径（2Li⁺+2CO₂+2e⁻→Li₂C₂O₄+CO），反应动力学提升两倍。充电过程中，高温环境激发单电子氧化等活性物种生成，使碳酸锂分解效率提升。高温下碳酸锂以孤立三维结构生长，界面二氧化碳浓度相对较低提升四倍，可破解低温界面窒息难题。基于上述机制，团队提出了温度自适应充电协议，在火星昼夜循环中，利用日间高温触发高效分解模式，夜间低温启动保护性慢充策略。通过抑制无定形碳生成、优化固态产物形成，提高电池功率，可支持火星车夜间持续行驶。

中国科大肖旭博士为论文第一作者，谈鹏教授为通讯作者。

（工程科学学院 科研部）

中国科大在黑碳气溶胶成核机理研究取得重要进展

本报讯 中国科大国家同步辐射实验室和火灾安全国家重点实验室王占东教授团队通过实验和理论相结合，发现燃烧中产生的团簇中间体在气相小分子-黑碳颗粒转换过程中扮演着桥梁作用，提出了“共振稳定自由基团催化（RSRC）”的黑碳气溶胶成核新机制。相关研究成果发表于《美国国家科学院院刊》。

化石燃料和生物质质的不完全燃烧产生的黑碳气溶胶是大气气溶胶的关键组分，在多维度环境中具有重要影响：其不仅降低区域空气质量、加剧呼吸道疾病风险，还通过吸收太阳辐射改变大气能量平衡，成为继二氧化碳之后的第二大气候变暖驱动因子。在能源动力领域成为发动机积碳现象——由未充分燃烧产生的碳微粒沉积会显著降低燃烧效率，并加速发动机部件磨

损。尽管学界已建立对其环境危害的系统认知，但关于其成核机理的核心科学问题仍未突破：从气态前驱体向颗粒相转变的动态演化路径，特别是临界成核阶段的分子界面反应机制。这一基础研究瓶颈制约着污染控制技术革新（如发动机清洁燃烧技术）、环境治理策略优化，以及大气化学-物理-气候模型等多学科交叉领域关键界面过程的精准解析。

该研究团队近期的研究中已发现燃烧中持久性自由基反应可以产生共价团簇中间体，以及黑碳气溶胶成核。本工作中，通过反应调控以1-萘基、1-甲萘基、典型运输燃料组分等为反基，热解制备黑碳气溶胶新粒子。激光解吸/电离质谱测量发现黑碳气溶胶新粒子中存在一系列的共价团簇。通过旋蒸/汽化/同步辐射光电质谱测量、热重分析、团簇分子

动力学直径计算，发现气相小分子团簇在质量增长到一定程度会出现明显的颗粒相增长特征，而且相变临界尺寸与实验测量的黑碳气溶胶新粒子尺寸一致。

本工作所提出的RSRC黑碳气溶胶成核新机制通过自由基链反应实现分子团簇的共价键合生长，强调共价团簇在黑碳气溶胶形成过程中的重要性，与传统理论认为黑碳气溶胶颗粒成核主要依赖多芳环物理堆叠或弱化学缔合。RSRC机制的建立，为黑碳气溶胶颗粒的初始成核过程提供了新的分子层面的机理阐释，也为燃烧黑碳气溶胶颗粒的多尺度模拟提供了关键理论基石。

（国家同步辐射实验室 火灾安全国家重点实验室 科研部）

中国科大实现一公斤南极古冰芯的氮-81定年

本报讯 中国科大卢征天、蒋蔚教授团队通过自主研发的“全光原子阱激光分析”方法，与美国冰川学家合作实现了对1公斤南极古冰芯样品的氮-81定年，为研究百万年尺度古气候变化提供了全新手段。相关成果以“81Kr dating of 1 kg Antarctic ice”为题于5月12日发表在《自然·通讯》。

人类在南极大陆和格陵兰冰盖钻取了多根深达数千米的冰芯，是地球气候及冰盖演化的珍贵档案。其中，冰芯底部的基底冰可能记录了地球气候的重大转变事件，但因冰层受到扰动，其年龄测定一直是一个难题，制约了冰川和古气候的研究。放射性氮-81同位素的定年区间达百万年尺度，被视为理想的冰芯定年示踪同位素，但每公斤古冰芯中仅含有数百个氮-81原子，对超灵敏检测技术是巨大的挑战。

团队利用自主研发的高亮度窄带124nm真空紫外光源高效产生亚稳态氮原子，新技术能够将样品交叉污染的影响降低两个量级，同时实现样品的无损测量。这一突破使得定年所需的样品量减小至100纳升氮气（对应约1公斤冰芯样品），同时将定年上限扩展至150万年。

依托最新的分析技术，中国科大团队与普林斯顿大学Michael Bender教授、Sarah Shackleton博士等冰川学家合作，对南极泰来冰川两处一公斤冰样进行了氮-81定年，结果与传传冰层年代学得到的13.7万年龄高度吻合，验证了氮-81定年方法的可靠性。

该工作使得小冰芯样品的氮-81定年成为可能。目前中国科大团队正与国内外冰川学家合作，系统性地开展格陵兰冰盖基底冰芯、南极深冰芯以及青藏高原冰芯样品的定年和析分工作。新的定年方法为格陵兰冰盖稳定性、青藏高原冰川发育年代、以及寻找跨越中更新世转型的古冰芯等重要科学问题带来新的研究机遇，将推动冰川和古气候学领域的创新研究。

合肥微尺度物质科学国家研究中心原博士后 Florian Ritterbusch、合肥国家实验室博士后王杰为论文的共同第一作者。

（合肥微尺度物质科学国家研究中心 物理学院 科研部）