



成果速览

专注前沿探索、追求卓越突破。近期，中国科大在量子科学、凝聚态物理、信息材料等多领域取得一系列重要突破，展现了学校在前沿探索中的引领作用与创新活力。潘建伟、朱晓波、彭承志、龚明等在《科学》发表成果，利用超导量子处理器首次在量子体系内实现并探测了高维非平衡拓扑相；王亚团队与合作者在《自然》发表成果，在纳米尺度量子精密测量领域首次实现了噪声环境下纠缠增强的纳米尺度单自旋探测（详见1版）。陈仙辉团队在氮目超导体中发现晶格失稳与电子关联协同导致的电荷条纹相，张汇团队在范德华超晶格中实现室温铁电金属共存并研制出新型忆阻器，潘建伟、陆朝阳、陈明城等人的团队首次完整实现了“反冲狭缝”量子干涉思想实验，张国庆、罗毅等利用磷光揭示冰中氨基酸纳米聚集体的形成，庄涛涛团队研制出可穿戴圆偏振光学传感器器件。此外，学校牵头发起的“粉化石质文物加固保护”计划入选联合国教科文组织“科学十年”全球行动，体现了在科技人文交叉领域的国际影响力。每一项突破的背后，都是科大人扎根前沿、久久为功的坚守。在探索征程中笃行致远，用不懈奋斗突破科学边界，中国科大将持续以创新为笔、以实干为墨，奋力书写推动科技自立自强的科大答卷。

中国科大在氮目超导体中发现晶格失稳与电子关联协同导致的电荷条纹相

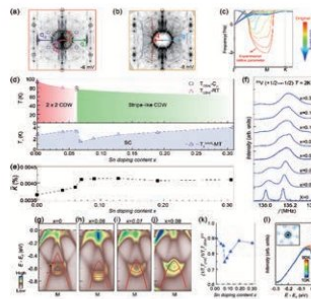
本报讯 近年来，中国科大陈仙辉教授团队结合多种测量与调控技术揭示氮基超导中新的电子态和电荷的演化效应，发现了三维电荷密度波诱导的电子有序相，揭示了压力诱导的电荷条纹相与非费米子超导性。越来越多的实验证据表明，这些电子有序态之间存在复杂交叉和演化。因此，氮基超导体系 AVSb₂ (A=K, Rb, Cs) 提供了一个在弱电子关联背景下研究交叉电子有序态以及物理机制的理想平台。

近日，陈仙辉教授团队与合作者通过角分辨光电子能谱 (ARPES)、核磁共振 (NMR)、扫描隧道显微镜 (STM) 与第一性原理计算 (DFT) 等多种技术手段，发现了 CsV₂Sb₂ 体系中当掺杂浓度达到一个较低的临界值时，系统中面内三重调制 2×2 电荷密度波程序会突然演化成为一种新颖的短程电荷条纹序，同时伴随着

超导电性的强烈抑制。相关研究成果12月1日发表在《物理评论X》上。

谱学测量表明上述条纹相沿某一个晶格方向呈现出近似的 3×1 调制，诱导了准一维的氮目 d 能带与其折叠能带之间强烈的准粒子散射，并显著抑制了费米能级附近的电子态密度。理论计算表明单轴 3×1 调制对应了 CsV₂Sb₂ 体系中一个隐藏的晶格不稳定性，它在未掺杂样品中并非能量最低态。掺杂在保持氮目晶格完整性的情况下，改变了面外能带中费米能级的比例，从而放大了这一不稳定性。氮目晶格中的非局域电子库仑作用进一步破坏了体系旋转对称性并导致低能态密度的抑制。因此，该条纹相的出现与掺杂导致的晶格不稳定性以及电子的非局域库仑作用密切相关。

中国科大博士研究生张琳琳、王竹莹、饶华琛和福州大学副教授王磊为论文共同第一



图：掺杂 CsV₂Sb₂ 的相图和新型电荷条纹的谱学证据

作者：中国科大教授吴涛、何俊峰、王震宇和陈仙辉为论文共同通讯作者。

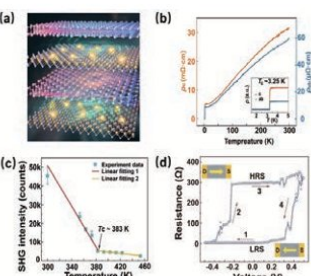
(物理学院 合肥微尺度物质科学国家研究中心 科研部)

中国科大在范德华超晶格中实现室温铁电金属共存

本报讯 中国科大合肥微尺度物质科学国家研究中心、国际功能材料量子设计中心 (ICQD) 张汇副研究员团队在量子功能材料“铁电金属”实验领域取得重要进展。团队在 (SnSe)_{1-x}(NbSe₂)_x 晶体中实现了铁电性、金属性与超导电性的共存，并研制出首例室温工作的金属性铁电忆阻器。相关研究成果12月3日发表在《物理评论快报》上。

铁电性与金属性被认为互不相容，因为金属中的高密度自由电子会屏蔽铁电极化。然而，近年来理论预言和实验探索表明，在特定材料中，二者可能共存，并衍生出一系列新奇量子现象和发展低能电子器件的潜力。自1965年“铁电金属”概念被安德森预言以来，虽然已经发现一些铁电金属体系，但普遍存在极化切换难、铁电稳定性差、居里温度低等不足。如何在室温下将优异金属性与稳健可切换铁电性整合，是长期困扰该领域的核心难题。

针对这一挑战，团队通过精准合成高质量范德华超晶格 (SnSe)_{1-x}(NbSe₂)_x 单晶，经多手段综合研究证明，该材料金属导电性优异，载流子密度超 10²¹ cm⁻³，超导临界温度达



图：(a) 范德华超晶格 (SnSe)_{1-x}(NbSe₂)_x 示意图，展示了铁电层和金属层的交替堆叠结构；(b) 该晶体系内方向和外方向的变温电阻率，展示了良好的金属性和超导电性；(c) 温度依赖的非线性光学二次谐波波谱和铁电居里温度；(d) 铁电忆阻效应，高低电阻态被小电压脉冲切换。

中国科大利用磷光揭示冰中氨基酸纳米聚集体的形成

本报讯 中国科大张国庆教授、罗毅教授、高永翔博士和宁波大学赵文辉教授等研究者，报道了用有机磷光探针和磷光光谱研究冰中氨基酸纳米聚集体的工作。相关研究成果12月3日发表在《自然·通讯》上。

研究团队设计并合成了一种构象敏感型有机磷光探针——2-苯基苯并噻唑磷光物 (SNI)。利用该探针，研究直接证实，即使在亚毫摩尔浓度下，氨基酸在冰中也能形成纳米聚集体。实验中观测到由不同氨基酸触发的特异性磷光信号，其机理在于：氨基酸聚集后形成的疏水微环境会物理吸附 SNI 分子，诱导其采取特定的基态构象，从而产生具有构象依赖性的磷光发射。这一发现将光谱信号与微聚集结构直接关联。

本研究使用的探针 SNI，对不同类型的氨

基酸表现出不同的发光响应。实验发现，加入亮氨酸、苯丙氨酸、组氨酸、谷氨酸和谷氨酰胺等不同氨基酸后，SNI 的荧光和磷光光谱在峰位及寿命上均发生显著且可区分的改变。例如，亮氨酸使其磷光变为黄色，而谷氨酸则使其磷光变为绿色。

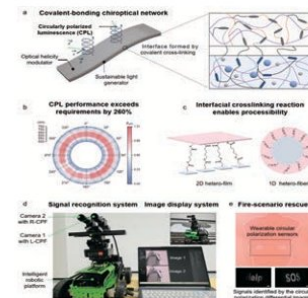
在进一步验证中，分子动力学模拟与冷冻透射电镜实验，直接证实了不同氨基酸在冰基团中会形成形态各异的纳米聚集体。模拟显示，亮氨酸形成致密疏水簇，亮氨酸聚集无序，而谷氨酸则形成亲水扩展结构。相应的冷冻电镜图像观测到了与模拟预测一致的纳米聚集体（尺寸约 3–20 纳米），且聚集体形貌和数量因氨基酸种类而异。

总结来说，本工作通过磷光光谱、冷冻电镜与分子动力学模拟，直接观测到亮氨

酸、亮氨酸和谷氨酸在冰冻后形成均一的纳米结构。这些聚集体与构象敏感探针 SNI 产生吸附作用，后者因聚集体的差异呈现不同的磷光信号。研究发现，冰冻条件下氨基酸发生质子转移，疏水性增强从而驱动聚集。这一过程提高了氨基酸在冰中的局部浓度与稳定性，为肽链聚集等前生命聚合创造了有利微环境。SNI 的构象依赖性磷光为探测冰基团内分子相互作用提供了光谱工具，本研究揭示了冰作为前生命分子演化媒介的关键作用。

张国庆、罗毅、高永翔和赵文辉为论文通讯作者；中国科学技术大学博士生刘洪平为论文第一作者。

(合肥微尺度物质科学国家研究中心 合肥国家实验室 科研部)



图：可拉伸手性发光材料的制备、性能及圆偏振成像传感应用

铭江为论文共同第一作者，庄涛涛教授为论文通讯作者。(化学与材料科学学院 科研部)

我国科学家实现反冲狭缝思想实验

中国科大潘建伟、陆朝阳、陈明城等人组成的研究团队，利用光镊囚禁的量子基态原子，首次完整地实现了1927年爱因斯坦和玻尔争论中提出的“反冲狭缝”量子干涉思想实验，观测到了原子动量可调节的干涉对比度渐进变化过程，证明了海森堡极限下的互补性原理，并展示了从量子到经典的连续转变过程。相关成果12月3日发表在《物理评论快报》上。

在第五届索尔维会议上，爱因斯坦为挑战玻尔提出的互补性原理，在双缝干涉实验中，设计让单光子通过一个可移动的狭缝。爱因斯坦认为，单光子会给予狭缝一个极微弱的反冲动量，若能测出这一反冲即可知道光子的路径，而只要狭缝位置足够精确，干涉条纹仍可保留。这一思想实验被视为量子力学最深刻的悖论之一。

实现这一思想实验的关键在于测量有效的反冲信号，这就要求狭缝的动量不确定度要小于光子的冲击动量。然而，由于单光子的动量反冲非常微弱，远小于宏观物体的动量不确定度。所以，这一巧妙的思想实验在过去近百年仍停留在“思想”层面。

据了解，在本次研究工作中，研究团队在量子极限条件下实现了最灵敏的“可移动狭缝”：利用光镊囚禁的单个铷原子作为“可移动狭缝”，使用拉曼边带冷却技术将原子制备至三维运动基态，使其动量不确定性下降至与单光子动量相当的水平。同时，实验可通过灵活地调节光镊囚禁势阱深度，来改变原子狭缝的动量不确定度。

实验结果表明，经过光子反冲后，原子动量波函数的重叠度增加，导致光子与原子间的纠缠度降低，从而使得光子干涉对比度提高。此外，在实验中观察到的干涉对比度下降，部分由原子加热引起。研究团队通过校准和去除这一经典噪声影响后，实验数据与原子处于完美基态时的干涉对比度高度吻合。

研究人员表示，此次研究工作在爱因斯坦和玻尔关于量子基础的争论近百年之后，首次利用量子基态原子作为对单光子动量敏感的“可移动狭缝”，不仅在量子极限层面实现了爱因斯坦思想实验，而且发展了高精度单原子操控、单原子—单光子纠缠和干涉等精密量子技术，为未来实现大规模中性原子阵列、压缩态纠错编码，以及进一步探索消相干和量子到经典过渡等基础问题奠定基础。(转自新华社客户端 2025年12月3日 记者 戴威)

中国科大“粉化石质文物加固保护”联合国教科文组织“科学十年”框架入选

本报讯 11月26日，由中国科大牵头发起的“粉化石质文物加固保护”计划入选联合国教科文组织“可持续发展国际科学十年”第二批全球行动计划清单，成为本批次全球仅有的29项战略行动计划之一。联合国教科文组织自然科学助理总干事莉迪亚·布利托在致函中对该计划的人选表示祝贺。

“粉化石质文物的加固保护”计划由中国科大人文与社会科学学院文物保护与材料实验室负责人马啸教授牵头，联合新疆维吾尔自治区克孜尔石窟研究所副所长、研究员苗利辉，大足石刻研究院院长、研究员苗利辉，以及意大利塞尼厄大学Giovanna Grifa教授等国内外重要文化遗产保护与研究机构共同发起。该计划直面全球石窟寺及石质文物保护中的关键挑战——岩体表层粉化劣化，旨在通过跨学科联合攻关，发展创新加固材料、技术与理论体系，建立科学的保护效果评价标准，为我国及全球面临类似威胁的濒危石质文物，提供可复制、可推广的科技保护方案。

“可持续发展国际科学十年”是由联合国大会于2023年通过决议设立的全球性科学倡议，旨在凝聚跨国家、跨学科的科学力量，加速实现2030年可持续发展目标。该计划的成功入选，体现了中国学者在世界文化遗产保护领域的学术贡献获得国际同行认可，也为全球脆弱性文物保护提供了重要的科学路径。

未来，研究团队将依托“科学十年”这一权威国际平台，定期发布研究进展，推动科研数据与成果的全球开放共享。团队承诺将积极倡导并实践国际协同创新，向全球范围内的科研机构、文化遗产管理机构及青年学者开放合作，共同构建开放、包容、共建、共享的世界级文化遗产保护科研共同体。

(人文与社会科学学院 文科建设办公室)

中国科大创制可穿戴圆偏振光学传感器

本报讯 光学成像作为人类拓展视觉感知的重要手段，其材料体系的关键挑战是如何在复杂干扰与剧烈形变下，仍能实现高对比度、高信噪比的信息捕获。中国科大庄涛涛教授团队提出了一种基于共价键合手性发光材料的圆偏振光学传感器，可在大幅形变下保持高发光不对称性，并成功应用于火灾等极端环境下的成像传感。相关研究成果近日发表在《自然·通讯》上。

在浓烟、强光、复杂背景干扰等极端环境中，传统光学成像技术（如强度成像、光谱成像及红外热成像）常因信息维度单一，导致识别率下降、目标隐匿的困境。圆偏振作为光的重要属性，能够提供强度与波长之外的深层信息。其中，圆偏振光在传播过程中具备特定的旋转方向和对偏振的保真性，为突破复杂环境成像瓶颈提供可能。然而，如何实现圆偏振发光材料在承受大幅机械形变时仍保持高圆偏振信号，是实现柔性可穿戴圆偏振成像的重要挑战。

为解决这一难题，研究团队提出了一种共价键合策略，将手性液晶弹性体作为光学螺旋调制器，与嵌入聚合物基质的手性发光结构相结合，制备了一系列可拉伸手性发光材料。这类材料的光发光不对称因子高达1.31，且在80%的形变下（成年人关节最大形变率为50%–70%）仍能保持10⁻⁴量级的发光不对称性。基于此，研究团队创制了可穿戴圆偏振光学传感器，并创新性地开发了“圆偏振差分成像”技术。该设计可显著提升目标与背景的对比如，在复杂的火灾场景中，成功实现对偏振信号的精准、稳定识别，其成像效果优于传统强度成像与光谱成像技术。

该研究不仅为开发适应极端环境的可穿戴成像系统提供新材料与新方法，也为偏振光学在智能传感、救援监测等领域的应用开辟了新路径。

中国科大化学系博士生赵珊珊和博士生张