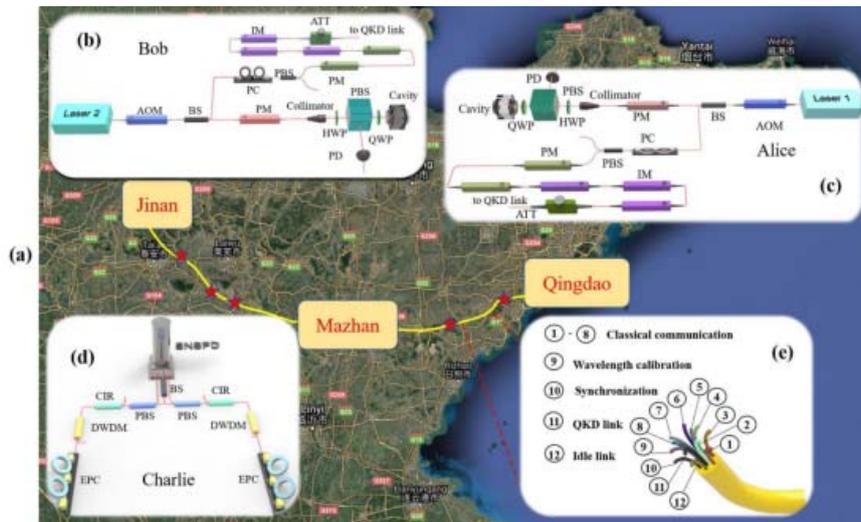




中国科大成功实现500公里量级现场无中继光纤量子密钥分发 创下现场光纤量子保密通信新的世界纪录



近日，中国科学技术大学教授潘建伟及其同事张强、陈腾云与济南量子技术研究院王向斌、刘洋等合作，利用中科院上海微系统所尤立星小组研制的超导探测器，基于“济青干线”现场光缆，突破现场远距离高性能单光子干涉技术，分别采用激光注入锁定实现了428公里双场量子密钥分发（TF-QKD），同时利用时频传递技术实现了511公里TF-QKD，是目前现场无中继光纤QKD最远的传输距离。相关研究成果分别发表于国际著名学术期刊《物理评论快报》（被选为编辑推荐文章）和《自然·光子学》上，并被APS下属网站Physics SYNOPSIS栏目和英国《新科学家》报道。

量子不可克隆原理保证了QKD的无条件安全性，而未知量子态的不可克隆性，也使得QKD不能像经典光通信那样，通过光放大对传输进行中继，因此实际应用中QKD的传输距离受到光纤损耗的限制。此前，潘建伟团队已经在实验室内实现超过500公里TF-QKD的验证，然而，在实际场景的苛刻环境下实现TF-QKD是极其困难的。实验室内温度、振动以及人活动引起的声音等噪声都可以被有效隔离，但现场环境中这些是不可避免的。

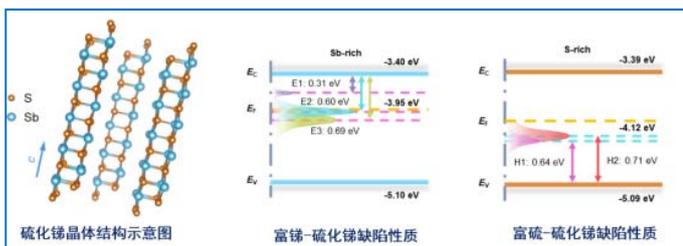
潘建伟团队基于王向斌提出的SNS-TF-QKD（“发送-不发送”双场量子密钥分发）协议，发展时频传输技术和激光注入锁定技术，将现场相隔几百公里的两个独立激光器的波长锁定为相同；再针对现场复杂的链路环境，开发了光纤长度及偏振变化实时补偿系统；此外，对于现场光缆中其他业务的串扰，精心设计了QKD光源的波长，并通过窄带滤波将串扰噪声滤除；最后结合中科院上海微系统所研制的高计数率低噪声单光子探测器，在现场将无中继光纤QKD的安全成码距离推至500公里以上。

上述研究成果成功创造了现场光纤无中继QKD最远距离新的世界纪录，在超过500公里的光纤成码率打破了传统无中继QKD所限定的成码率极限，即超过了理想的探测装置（探测器效率为100%）下的无中继QKD成码极限。上述的工作在实际环境中证明了TF-QKD的可行性，并为实现长距离光纤量子网络铺平了道路。



研究进展

中国科大在硫化锑缺陷性质研究中取得进展



近日，中国科学技术大学陈涛教授团队研究了硫化锑 (Sb_2S_3) 薄膜中深能级缺陷态性质，建立了低维材料硫化锑深能级缺陷与其结构及化学计量比之间的依赖关系，揭示了低维材料独特的缺陷机制，从而为调控该类材料的性质、为制备高质量的太阳能电池薄膜材料提供了新的思路。该成果以“Revealing composition and structure dependent deep-level defect in antimony trisulfide photovoltaics”为题为于2021年5月31日发表在 Nature communications。

硫化锑是一种新兴的光伏材料，其禁带宽度为 1.7eV，非常适合做叠层太阳能电池的顶电池光吸收材料。另外，硫化锑具有独特的准一维晶体结构，基于硫化锑薄膜材料有望大幅度减少悬挂键的存在，从而可以减少表界面复合。在太阳能电池器件的应用方面，缺陷性质是提高器件光电性能的关键问题之一。作为一种新兴光伏材料，在理论上进行了深入的研究，然而仍缺乏实验角度阐释硫化锑深能级缺陷的形成与组分、结构之间的关系。这对人们深入理解硫化锑深能级缺陷的形成机制及其对载流子运输的影响规律、器件效率的提升造成了阻碍。该工作通过真空相法调控了薄膜元素组分，制备出富锑和富硫的硫化锑薄膜。研究通过多种元素和结构表征手段证实了材料的纯度，这对于缺陷性质的分析非常重要。然后，基于深能级瞬态谱技术，对两类硫化锑薄膜材料的缺陷性质进行了细致的表征。发现硫化锑中阴阳离子的反位缺陷是该材料的主要缺陷形式，并表现出显著的阴阳离子化学计量比的依赖关系。相比于富锑的 Sb_2S_3 太阳能电池，富硫的硫化锑薄膜材料深能级缺陷种类少，浓度低，捕获截面小，对载流子寿命危害较轻，更有利于提高器件的性能。同时，因其一维结构的特点，该材料也显示出对间隙缺陷的包容性，在间隙的位置引入杂质并不会降低载流子的寿命，从而为调控该材料的性能提供了一个新的思路。

中科大超导研究团队在笼目结构超导体的高压研究中取得重要进展

中国科大合肥微尺度物质科学国家研究中心和物理系陈仙辉超导研究团队近日在笼目结构超导材料研究中取得重要进展。该研究团队在层状笼目结构超导体 CsV_3Sb_5 中发现了非寻常的电荷密度波 (CDW) 与超导的竞争关系，为理解新奇的 CDW 和超导态提供了关键性的实验证据。相关研究成果于6月10日以“Unusual competition of superconductivity and charge-density-wave state in a compressed topological kagome metal”为题为在线发表在《自然·通讯》上 (Nat. Commun. 12, 3645 (2021))，并被推荐为亮点文章 (Featured Article)。

传统超导和 CDW 是两种不同的电子态，两者都起源于电声子耦合和费米面失稳。在传统的 CDW 和超导共存图像中，进入 CDW 态后，由于费米面的嵌套而打开能隙，从而导致态密度的丢失，表现出 CDW 与超导相竞争的行为。人们可以通过增加压力或化学掺杂等手段压制 CDW 态，超导临界转变温度 T_c 随着 CDW 态压制会展现出单穹顶状的行为。而在具有笼目结构的化合物中，由于强的几何阻挫，理论预言会出现更多新奇的量子物态，包括非传统超导态和手性密度波等。最近人们发现了一种新型的层状笼目结构超导体 CsV_3Sb_5 ，同时该超导体具有 94K 的 CDW 转变温度，这为人们提供了一个理想的平台来研究其中的 CDW 形成机制及其与超导之间的关联。

陈仙辉超导研究团队对 CsV_3Sb_5 进行了压力调控研究，结合多种加压手段，确定了该材料在高压下的相图。通过高压电输运测量和磁化率测量发现 T_c 随压力增加表现为双穹顶状的行为，而非传统的单穹顶行为。当压力在 0.7-2 GPa 之间样品表现出了反常的 T_c 压制，同时超导明显展宽。当压力达到 2 GPa 后，CDW 被完全压制， T_c 最高可以达到 8 K (是常压下的 3 倍)，这也是目前具有笼目结构材料所报道的最高 T_c 。该反常的双穹顶状超导相图可能是由公度的 CDW 态转变为近公度 CDW 态导致的。在近公度 CDW 态会有 CDW 畴壁形成，从而导致了 T_c 的反常压制和超导展宽。因此，该研究结果表明 CsV_3Sb_5 这种笼目结构超导材料中的超导态和 CDW 态对压力非常敏感，展现出丰富的压力相图。该研究同时揭示了 CsV_3Sb_5 中不寻常的超导与 CDW 竞争，为研究其中非传统的 CDW 机制提供了实验线索。



研究进展

中国科大构筑抑制电解液“溢流”的二氧化碳电解池阴极

近日，中国科学技术大学的高敏锐教授研究组受狗尾草表面超疏水纳米结构启发，利用电化学沉积法在气体扩散层(GDL)上生长分层级高曲率铜结构。所制备电极具有优异的疏水性和亲气性，能够在催化过程中有效地捕获CO₂气体并富集碱金属阳离子，构建稳定的气-固-液三相界面，抑制大电流密度下的电解液溢流，实现长时间内的的大电流催化稳定性。相关成果近日以“Hierarchical Copper with Inherent Hydrophobicity Mitigates Electrode Flooding for High-Rate CO₂ Electroreduction to Multicarbon Products”为题发表在《美国化学会会志》上(J. Am. Chem. Soc. 2021, 143, 21, 8011–8021)。

模拟发现，当高曲率铜的针尖半角为7°，倾斜角为0°时，其拉普拉斯压最大，疏水性最强。基于此，该研究组采用电沉积方法，通过调控沉积时间获得针尖结构的铜电极。接触角测试证实该高曲率铜电极表面接触角为154°，属于超疏水范畴。相比之下，低曲率的铜颗粒电极表面接触角仅为154°，呈现亲水特性。CO₂气体的黏附实验进一步说明了研制的分层级高曲率铜电极在水下能快速地捕获、吸附和传输CO₂气泡，表现出良好的嗜气性。

长时间CO₂电解测试发现分层级高曲率铜电极具有优异的催化稳定性：在未间断的连续电解过程中，其在120 mA cm⁻²总电流密度下，乙烯的法拉第效率在近140 h内保持在40%上下；在300 mA cm⁻²总电流密度下，多碳产物的法拉第效率在45 h内保持65%左右，稳定性超过以往文献的报导值。与之形成鲜明对比的是，颗粒铜电极的催化活性在300 mA cm⁻²下快速衰减，而副产物H₂的法拉第效率随之大幅上升。研究人员发现，分层级高曲率铜电极出色的CO₂电解稳定性来源于其内禀的疏水性，因此可以有效避免电解液的过度接触，缓解“溢流”问题。该工作并被选为Supplementary Cover论文。

该工作发展了一种仿生疏水结构的分等级高曲率铜电极，能有效防止电解液过度接触造成的“溢流”现象。此外，大量的针尖结构也能进一步增强界面电场，富集阳离子，起到稳定反应中间体和促进碳-碳偶联的作用。这项作为流动电解池中高效稳定的气体扩散电极设计提供了新思路。

中国科大在新奇自旋相互作用研究中取得重要进展

中国科学技术大学杜江峰、荣星等人对一类速度相关的新奇自旋相互作用在微米尺度给出了当下最严格的实验限定，该成果以“Experimental Constraints on an Exotic Parity-Odd Spin- and Velocity-Dependent Interaction with a Single Electron Spin Quantum Sensor”为题发表在6月29日的物理评论快报[Phys. Rev. Lett. 127, 010501(2021)]。

目前天文学和物理学中，暗物质及其相关物理研究是一个尚待探索的、并且极其重要的研究领域，围绕这一方向的研究能够让我们对占据宇宙比约四分之一的物质存在有更好的了解，并由此可能孕育出一系列重大的基础科学突破。粒子物理标准模型是描述微观粒子世界的一个非常成功的理论模型，但是标准模型中并不包括暗物质，需要从理论和实验上寻找超出标准模型的粒子作为暗物质的候选者。1984年，科学家提出一种标准模型以外的新奇自旋相互作用，这种相互作用可以由标准模型以外的新玻色子诱导，譬如轴子、类轴子、暗光子，Z'玻色子等。

2018年2月，杜江峰团队在国际上首次提出利用金刚石中氮-空位缺陷作为单自旋传感器来搜寻新奇自旋相互作用[Nature Communications 9, 739 (2018)]；同年8月，基于该单自旋传感器搜寻极化自旋之间的新奇相互作用，给出了微米尺度最优实验限定[Physical Review Letters 121, 080402 (2018)]。这些工作均以静态的新奇自旋相互作用为研究对象，充分展示了金刚石氮-空位缺陷单自旋量子传感器在微纳尺度对新物理的探索能力。

近期该团队开展了一类速度相关的新奇自旋相互作用的实验探索。他们通过石英音叉带动质量源在垂直金刚石表面的方向做简谐运动，并精心设计实验序列将所要探索的新相互作用转化成单自旋量子传感器的量子相位信息。该实验对一类速度相关的新自旋相互作用在微米尺度给出了新的实验限定，其中在200微米处的限定比以往基于铯、镱、铯原子光谱的实验结果严格4个数量级。审稿人对该工作做出了高度评价：“这篇文章展示了量子测量技术与基础物理检验的联姻，对广大物理学家极具吸引力。”(This paper presents a very interesting marriage of quantum sensing techniques and test of fundamental interactions (traditionally in particle physics), which is highly appealing to general physicists.)



国家研究中心简讯

◆校党史学习教育第一指导组参加合肥微尺度物质科学国家研究中心研究与管理教工党支部党史学习教育活动

6月1日下午，校党委常务副书记、党史学习教育第一指导组组长蒋一和指导组成员参加了合肥微尺度物质科学国家研究中心研究与管理教工党支部在物质B楼1502会议室举行的党史学习教育活动。活动由支部书记叶树集主持。

会上，叶树集作了《传承遵义会议精神走好新时代长征路》的党史学习教育专题党课。蒋一与支部成员一起认真学习了党课内容，他在总结讲话中充分肯定了本次党史学习教育的重要意义。他指出，遵义会议是党的历史上一次具有伟大转折意义的重要会议，遵义会议精神是中国共产党的宝贵精神财富，我们要在深入学习的基础上认真传承中国共产党革命精神，让遵义会议精神永放光芒。他强调，党史学习教育最重要的是做到学史力行，希望支部成员将党史学习教育与具体工作实际紧密结合，将党史学习教育成果转化为“潜心立德树人、执着攻关创新”的实实在在成效，为学校双一流大学建设做出积极的贡献。

◆微尺度国家研究中心赴渡江战役纪念馆开展理论学习中心组现场教学

6月2日下午，微尺度国家研究中心党委理论学习中心组在集中学习习近平总书记在清华大学考察时重要讲话精神之后，前往合肥渡江战役纪念馆开展现场教学。学习活动由微尺度国家研究中心党委书记王兵主持，微尺度国家研究中心党政班子成员和党委委员参加学习。

总书记的讲话科学概括了建设世界一流大学的任务要求，对广大青年学生和教师提出了殷切期望和谆谆教导，参会人员纷纷表示：我们要想国家之所想、急国家之所急、应国家之所需，努力在培养一流人才方阵、构建一流大学体系、提高原始创新能力等方面走在前列。

随后，大家前往合肥渡江战役纪念馆，依次参观了战前形势、战役准备、突破江防、战役胜利、人民支前、英烈伟迹等展厅，重温历史、缅怀先烈，就是为了从渡江战役胜利的历史中感悟思想、汲取力量，继承革命传统、弘扬革命精神。我们要牢记习近平总书记的嘱托，始终把人民放在心中最高的位置，不断强化宗旨意识，提升服务人民群众的能力。

◆中国科大微尺度国家研究中心举行2021届研究生毕业典礼暨学位授予仪式

6月24日下午，中国科学技术大学合肥微尺度物质科学国家研究中心2021届研究生毕业典礼暨学位授予仪式在东区理化大楼科技展厅举行。微尺度国家研究中心领导罗毅、王兵、陈旻、刘乃乐、孙梅，导师代表李震宇教授、王征飞教授、吴涛教授、肖翀教授、叶树集教授、张国庆教授以及毕业班班主任、教学秘书出席仪式。国家研究中心副主任陈旻主持仪式。

下午两点，全场起立奏唱国歌，毕业典礼在雄壮的国歌声中拉开帷幕。国家研究中心主任罗毅发表致辞，深情寄语毕业生，向他们表示美好的祝愿。随后，国家研究中心副主任陈旻宣读学位授予文件，向圆满完成学业、获得学位的同学们表示热烈的祝贺。叶树集作为导师代表发言，2021届博士研究生刘冰和程铭代表毕业生发言。

国家研究中心党委书记、副主任王兵带领毕业生庄严宣誓：“感恩父母养育，感谢导师教诲，不忘母校培养。我们坚守母校信念，热爱科学、崇尚真理；我们传承母校精神，科教报国、追求卓越。我们用激情和智慧建设祖国，用责任和行动回馈社会，用成就和硕果回报母校。”宣誓之后，现场师生一起高唱校歌《永恒的东风》，歌声响彻整个会场。罗毅依次为毕业生扶正流苏，并合影留念。合影之后，国家研究中心党委副书记孙梅带领毕业生参观学习了中国科大在合肥50年建设成就展、中国科大与“两弹一星”纪念展。同学们纷纷表示，通过此次参观学习，更加深刻感受到中国科大“科教报国、追求卓越”的初心使命，老一辈革命家、科学家的创业艰辛，未来将时刻牢记并力行“两弹一星”精神，从中汲取前进力量。

