

# 中国科大在笼目超导体研究中取得重要发现

**本报讯** 11月24日,中国科大陈仙辉院士团队吴涛教授等人利用高压下的核磁共振谱学技术,在笼目超导体铯钒砷中观察到一种由压力诱导的新型电荷有序态,并发现该电荷有序态与超导态在压力下呈现出一种类似高温超导体的竞争相图。相关成果发表于《自然》杂志。

非常规超导体研究发现,超导态与竞争电子态之间总是存在错综复杂的竞争现象,并且它们还可以相互交织,形成新奇的超导态。探索超导态与竞争电子态之间复杂的衍生现象及其物理机制,是当前超导研究领域关键问题之一。

笼目超导体是一种新型超导材料,由于其特殊的几何结构以及非局域的电子关联作用,已展现出诸多奇异的物理性质,被认为

是一种具有重要科学价值的新型量子材料。在前期研究中,陈仙辉团队发现,在压力下,笼目超导体中超导态与电荷密度波态存在反常的竞争行为,表明可能存在尚未被发现的竞争电子序。

吴涛多年致力于利用核磁共振谱学技术研究高温超导体中的竞争电子序,并在中国科大建立了具有综合极端条件(强磁场、极低温和超高压)的核磁共振实验平台。此次工作中,吴涛等人开展了压力下笼目超导体铯钒砷的核磁共振研究。结果表明,当静水压高于约0.6万个大气压时,体系的超导电性被剧烈压制,与此同时衍生出一种新的电荷密度波态,类似于此前在高温铜氧化物超导体中发现的一种竞争电子序-电荷条纹序。当压力增加至约2万个大气压以上

时,新的电荷密度波态被完全压制,超导转变温度同时提升至最高值。

上述结果表明,新的电荷有序态与超导态存在强烈的竞争,是一种新的竞争电子序。此外,研究团队还观察到笼目超导体中电子关联效应导致的电荷涨落现象,以及压力下可能的非常规超导电性。

此外,吴涛指出:“从电子-电子之间关联相互作用的角度来看,虽然笼目超导体具有较弱的关联相互作用,但却观察到类似高温超导体的竞争电子序,这表明笼目超导体中可能具有一种新的电子-电子关联效应,具体物理机制有待进一步探究。”

合肥微尺度物质科学国家研究中心博士研究生郑立玄为论文第一作者,吴涛教授和陈仙辉教授为共同通讯作者。  
**(王敏)**

**本报讯** 11月15日,我校郭光灿院士团队的李传锋、周宗权研究组基于掺铒波导实现了通讯波段光子的按需式量子存储,向构建大尺度光纤量子网络迈出重要一步。相关成果发表于《物理评论快报》。

量子存储器是量子网络的核心器件,通过按需式读取纠缠光子,可以把远距离光纤传输中的指数级损耗下降为多项式级损耗。为利用现有的光纤网络构建量子网络,量子存储器应工作在通讯波段。稀土铒离子具有独特的通讯波段光跃迁,是实现通讯波段量子存储器的重要候选材料。然而,已有的通讯波段量子存储器的读出时间在光子写入前就已预先设定,无法实现按需式读取。

李传锋、周宗权研究组在掺铒硅酸钇晶体上利用激光直写技术自主加工了光波导,并在波导两端直接粘贴集成了普通的单模光纤。为了实现按需式读取,研究组进一步利用电子蒸镀技术在波导两侧加工了片上电极,从而利用电场诱导的斯塔克效应来实时调控波导内铒离子的相干演化。通过极化铒离子的电子自旋,并初始化其核自旋状态,光子的存储效率被提升至10.9%,这一效率相比此前报道的可集成通讯波段量子存储获得了5倍的增强。电场调控的按需式量子存储保真度达到98.3%,远超考虑了存储效率和光子统计的经典极限。

该成果基于铒离子实现了通信波段的按需式量子存储,并且这一光纤集成器件可以直接对现有的光纤网络。在经典通信领域,掺铒光纤放大器的发明使得长距离光纤通信成为现实,类似地,基于铒离子的量子存储也可用于克服长程量子通信中的指数级损耗,使得铒离子有望再在量子网络的建设中扮演重要角色。

该工作得到审稿人高度评价:“通过采用铒离子掺杂,这一存储器可以直接工作在通讯波段,并且实现与现有光纤器件的集成”。

论文的共同第一作者是中科院量子信息重点实验室博士研究生刘端程和博士后李佩耘。

(中科院量子信息重点实验室 中科院量子信息和量子科技创新研究院 物理学院)

## 科研简讯

○我校在新一代神威超级计算机上首次实现250万原子超大规模复杂金属异质结体系的电子结构计算模拟。该成果由杨金龙院士课题组胡伟团队与计算机科学与技术学院安虹教授课题组联合攻关,在崂山实验室、中科院计算技术研究所、北京大学、中科院软件研究所、齐鲁工业大学以及国家并行计算机工程技术研究中心相关研究人员的紧密配合下完成。

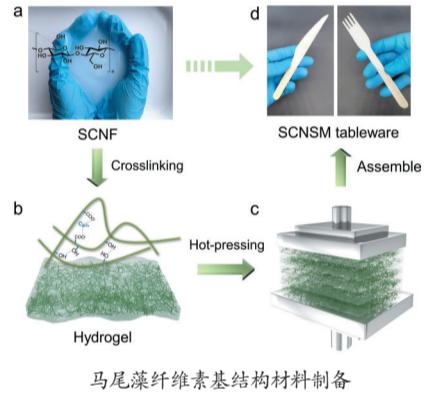
○我校合肥微尺度物质科学国家研究中心郭昌教授研究团队利用镍催化不对称烃基取代反应多样性地合成了一系列手性联烯化合物。相关研究成果发表于《自然·通讯》《美国化学会志》。

○我校化学与材料科学学院/合肥微尺度物质科学国家研究中心黄伟新教授课题组研究了氧化物半导体光催化甲烷和双氧水制含氧化合物反应,发现了氧气作为分子助剂大幅提高双氧水利用率和光催化甲烷制含氧化合物效率的普适性策略,以及 $TiO_2$ 晶面控制的光催化活性和选择性。相关研究成果发表于《自然·通讯》。

## 中国科大研制基于马尾藻纤维素的高性能餐具用结构材料

**本报讯** 11月25日,我校俞书宏院士团队报道一种由食品级安全的马尾藻纤维素纳米纤维(SCNF)制成的具有优异力学性能和热学性能的高性能结构材料。相关成果发表于《先进材料》。

目前,全球塑料产量已超过3.68亿吨,其中一次性使用的塑料制品约占40%。一次性包装和一次性餐具等,面临着总消耗量大、浪费严重及回收困难等问题。同时广泛使用的一次性塑料餐具通常被埋入或直接丢弃到自然环境中,大量研究表明塑料在日常使用和降解过程中都会释放出微塑料,这将进一步对环境和人体健康构成潜在威胁。开发具有优异的力学强度和耐热性能且不释放微塑料的高性能结构材料势在必行。



首先,研究人员发展于温和的反应条件下高效、低能耗的方法从马尾藻工业废弃物中提取出一种食品安全的SCNF。然后,经 $Ca^{2+}$ 交联后形成SCNF水凝胶,通过自上而下的方法将SCNF水凝胶制备成高强度和高热稳定性的马尾藻纤维素基结构材料。与大多数商用的塑料相比,该结构材料具有较高的硬度,还可以通过破坏和重组可逆的纳米纤维间氢键相互作用网络来耗散能量,进而实现强度、模量、韧性和热稳定性的平衡。同时,该结构材料还具有良好的可加工性能及食品安全性,可以将其加工成餐具用刀叉等。此外,还可以通过聚乳酸和姜黄素进行改性,以获得更好的防水性能和抗菌性能。基于该结构材料的餐具整体性能优于目前商用塑料、木基和聚乳酸基餐具,在该领域显示出替代这些产品的潜力。

论文第一作者为博士研究生李德涵、韩子盟和硕士研究生何谦,通讯作者为管庆方副研究员和俞书宏。

(合肥微尺度物质科学国家研究中心 化学与材料科学学院)

## 中国科大首次实现Fano直线线形的实验观测

**本报讯** 11月16日,中国科大朱林繁教授课题组和同济大学李文斌教授课题组合作,利用英国的Diamond同步辐射光源,基于薄膜平面腔体系首次在实验上证实了新的Fano线形一直线线形的存在,并揭示了其背后机理:连续通道和分立通道的干涉项完全抵消了原子共振分立态的强度,从而抹除了共振散射信号,实现原子“隐身”。这项研究为X射线谱学探测边前弱结构如四极跃迁提供新思路。相关成果发表于《物理评论快报》。

Fano公式因其普适性而成为现代物理学最重要的公式之一,它描述了分立态和连续态干涉而产生的复杂线形,并由法诺因子 $q$ 调控。在一般认知中, $q$ 因子是实数,根据 $q$

的取值,Fano谱线分为对称和非对称峰形。近些年来,在耗散问题研究中揭示出 $q$ 可以取复数。随后理论上预言, $q$ 因子取纯虚数时Fano线形存在直线情形。但是,想要观测到该线形需要在虚部空间大范围调控 $q$ 值,由于缺乏有效的实验手段,直线Fano线形一直没有得到实验证实。

朱林繁课题组利用X射线薄膜平面腔,选用W原子 $2p\rightarrow5d$ 跃迁作为分立通道,与腔本身反射的连续通道发生Fano干涉。调节X射线的掠入射角度至一阶模,并改变薄膜腔的顶层Pt厚度,实现了纯虚数 $q$ 因子的大范围调控,其基本原理见图1。实验中,在顶层Pt厚度1nm时, $q$ 因子取-1,此时干涉交叉项精确抵消共振分立项,从而抹除了原子共振

跃迁散射信号,在反射方向上只能探测到随能量不变的连续谱,并理论模拟重现了实验观测,见图2。通过薄膜平面腔“隐身”特定原子内壳层跃迁,为实验上探测吸收边前弱结构提供了新思路。

审稿人对该工作给予了高度评价:“抑制强跃迁能揭示光谱中的弱特征,对X射线芯壳层谱学十分重要,这项工作会引起广泛的兴趣。”“发现并确认了包括平坦直线在内的各种线型,这确实是以前实验没实现的,因此这项工作是重要的。”

中国科大物理学院博士生马子茹为论文第一作者,同济大学李文斌教授、中国科大黄新朝博士和朱林繁教授为论文共同通讯作者。  
**(物理学)**

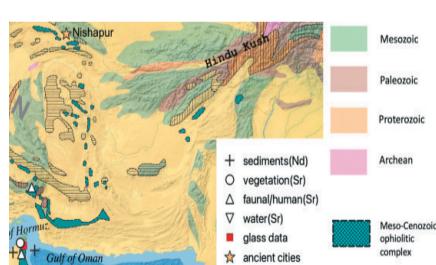
## 中国科大在丝绸之路同位素考古与古玻璃溯源方面取得重要进展

**本报讯** 中国科大人文与社会科学学院特任副研究员吕曼娟,通过考察丝绸之路沿线中亚、伊朗、两河流域与考古相关的地质环境状况,汇集锶、钕同位素数据,提出了该地区生物可利用锶同位素比值和岩屑中钕同位素比值的范围,并将其应用于丝路植物灰玻璃的溯源,极大地促进了对两河流域玻璃生产原料来源和伊斯兰时期玻璃制品流通模式的理解。这是将考古学与地球化学结合进行交叉创新的又一重要实践。该成果近日在线发表于《考古科学杂志》。

吕曼娟及合作者系统考察了中亚、伊朗、两河流域生物可利用锶同位素及地表碎屑沉积物的钕同位素组成的主要控制因素,从而将中亚、两河流域分别划分为三个锶钕同位素特征区。通过总结分析与考古存在潜

在关联的锶、钕同位素数据,为每个特征区提出了生物可利用锶和岩屑钕同位素比值的大致范围。这一基准的提出为后续进一步细化丝绸之路地区锶、钕同位素基准分布图打下了重要基础,对研究该地区古代玻璃、陶瓷等物质文化的交流以及人类迁徙等重要考古问题也具有基础性意义。

应用这一锶钕同位素基准,该研究提供了两个植物灰玻璃溯源的实例。对两河流域青铜时代晚期、萨珊时期及伊斯兰时期植物灰玻璃的分析表明,两河流域北部很可能存在多处植物灰来源和二氧化硅原料来源。对于意大利圣洛伦索出土玻璃器的分析表明,其中可能存在中亚类型及两河流域类型的玻璃。案例分析证实这一锶钕同位素基准为植物灰玻璃溯源提供了新的思路,提供了重要



中亚、伊朗、两河流域基岩地质、地貌图

的溯源线索。

研究人员还深入讨论了将来自环境科学的岩屑钕同位素数据应用于考古溯源的适用条件。结合钕同位素基准与钕同位素组成变化,提出了伊斯兰时期不同区域生产的玻璃存在混熔情形并发生了自两河流域往西的跨区域传播。这进一步体现了钕同位素在考古溯源分析中的巨大潜力。

我校人文与社会科学学院科技史与科技考古系特任副研究员吕曼娟为本文的第一作者和通讯作者。  
**(吴长锋)**