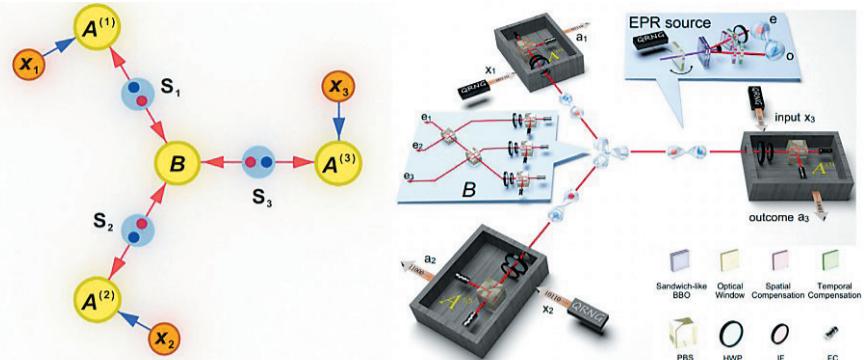


# 中国科大首次验证星形网络的量子非局域性



星形量子网络示意图和实验装置图

**本报讯** 4月14日,我校郭光灿院士团队在量子网络非局域性研究方面取得重要进展。该团队李传锋、黄运锋、张超等人与西班牙、瑞士等国的理论物理学家合作,首次实验证了星形量子网络中的全网络非局域性。该成果发表于《自然·通讯》。

贝尔非局域性一直是量子信息领域的研究热点。近年来,人们开始探索更复杂的包含多个独立源的量子网络中的非局域性。由

于包含多个独立隐变量,量子网络中可以产生区别于传统贝尔非局域性的全新量子关联。其中Bilocal模型是最简单也是目前研究最多的量子网络,即两个独立纠缠源分配纠缠对到三个观测者,与纠缠交换的场景类似,中间节点接收到两个粒子并做贝尔基测量从而使整个网络产生非局域关联。然而,此前定义的网络非局域性无法刻画整个网络中所有源的非经典性,多数情况下可以退化为标

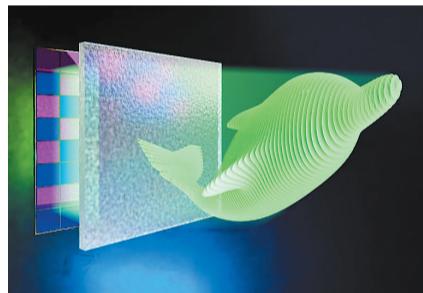
准贝尔不等式的违背,且中间节点不需要采用纠缠测量。因此,物理学家们提出全网络非局域性的概念,它要求网络中所有源都分发非经典资源,能够用来认证网络中全连接的非经典性质。目前,全网络非局域性只在最简单的bilocal模型中进行了检验。

在本工作中,研究组分别在理论与实验上实现突破,成功验证了更复杂的星形网络中的全网络非局域性。理论上,研究组在仅使用独立源和无信号原理而不要求网络遵循量子力学原理的条件下,提出了新的全网络非局域性判据。实验上,研究组利用高品质“三明治”型纠缠光源,搭建了具有三个外围节点的星形网络,并且在中心节点实现了高品质的Greenberger-Horne-Zeilinger态投影测量。实验结果以超过10个标准偏差的水平违背了全网络非局域性判据。这是全网络非局域性在复杂网络中的首次验证,对大规模量子网络的应用,尤其在量子通信协议安全性保证方面具有重要意义。

文章共同第一作者为中科院量子信息重点实验室博士研究生王宁宁,西班牙数学科学研究所Alejandro Pozas-Kerstjens博士。

(中科院量子信息重点实验室 物理学院  
中科院量子信息与量子科技创新研究院)

## 中国科大实现超高密度三维动态全息投影



3D-SDH 实现逼真三维全息投影的概念图

分辨率和平面间图像串扰大成为产生逼真三维全息图的两个关键限制因素。

在此工作中,研究人员发明了一种散射辅

助的三维动态全息技术(3D-SDH)。3D-SDH利用光的多重散射极大提高了光学系统可调控空间频率的范围,同时开发散斑光场传输属性降低不同深度平面光场的相关性,将基于菲涅尔全息的投影深度分辨率提高3个量级以上,同时极大抑制了不同投影平面间图像的串扰。

此外,光场的振幅、相位和偏振信息在散射过程中实现了耦合,3D-SDH进一步通过单个数字全息图实现了三维动态偏振全息显示。本研究提出的3D-SDH技术能够实现高密度、低串扰、大视角的三维动态全息投影,并且有望应用于全息显微成像、立体显示、投影光刻、信息存储、光学微操控等领域。

中国科大光学与光学工程系博后余盼盼为论文的第一作者,中国科大龚雷副教授和新加坡国立大学仇成伟教授为论文的共同通讯作者。

(物理学院光学与光学工程系)

## 中国科大发现光驱动 可编程胶体自组装新机制

部向错网络的群体动力学形态变化。如果将胶体颗粒置于远离平衡态的系统中,随着光驱动向错线网络的形变,胶体颗粒可以被灵活地捡起、运输和重新组装。不仅如此,胶体自组装的集体运输和重组还可以通过控制照射光的偏振方向,控制他们运输的方向和方式,比如平移、以顺时针方向或者逆时针方向旋转,从而实现了微米尺度胶体颗粒的可编程自组装。

在此过程中,研究团队还阐明了预设计的拓扑缺陷如何控制胶体颗粒在向错线上的

运动机制,此机制由液晶局部预设计的展开和弯曲形变的弹性特性来决定。因此,光驱动可编程胶体自组装的物理机制在于,通过光照使纳米尺度的分子机器进行协同重组,利用分子机器与液晶分子的相互作用控制纳米尺度液晶分子取向的变化。由于液晶分子具有长程有序的特性,引发表面宏观尺度液晶分子取向的变化。此宏观变化进一步通过表面锚定驱动样品内部液晶微结构的变化,从而实现了宏观尺度的向错线网络和胶体自组装的重构。

(物理学院)

## 中国科大获得首个南极昆仑站 近红外天光背景数据

**本报讯** 近日,中国科大近代物理系王坚研究员团队联合中国极地研究中心天文学研究室完成了面向南极观测的近红外天光背景测量仪,并首次获得了南极昆仑站J(1.17~1.33μm),H(1.49~1.78μm),Ks(1.99~2.31μm)波段夜空天光背景数据。相关成果发表于《皇家天文学月报》。

南极高原被认为有潜力成为地球上进行红外到亚毫米观测的最佳地点,结合高海拔、低水汽含量、低温等特点,创造了地面其他地方无法比拟的观测条件,但始终缺乏对该地区近红外天光背景的观测数据。

王坚团队借助铟镓砷探测器在J, H, Ks波段的探测优势,以及不需要深度制冷的特点,

进行了光学、低噪声读出电子学、结构和电控、自动观测等方面针对性的设计。于2018年完成了面向南极观测的近红外天光背景测量仪(NISBM for Dome A),并在Ks波段设备上实现实时黑体定标技术以保证数据的可靠性。设备于2018年11月随“雪龙”号科考船前往南极,并于2019年1月23日在南极昆仑站安装成功并投入使用。

团队针对NISBM for Dome A获得的初步南极观测数据,进行了仔细细致的分析。结果显示:在DOME A白昼到极夜过渡过程中,Ks波段在-80°至100°观测角度上原始天光背景强度的时域变化情况;分析了J, H, 和Ks波段

天顶角(90°)天光背景强度与太阳高度角随时间变化的关联性;解析了J, H, 和Ks波段进入黑夜时太阳高度角的差异性,即:当太阳高度角降低到某个特定拐点后,该波段的天光背景强度将不再受太阳影响,J, H, 和Ks的拐点分别为:7.8°, -6.2°, -5.5°;最后根据理论公式对J, H, 和Ks波段观测数据进行了拟合,很好的符合了理论结果。

通过对天顶角数据的计算分析,南极DOME A在J, H, 和Ks波段的天光背景强度分别为:600~1100μJy arc sec⁻², 1100~2600μJy arc sec⁻², 200~900μJy arc sec⁻²。对比低纬度高海拔地区的观测站,DOME A在Ks波段亮度明显降低,与南极点(South Pole, SP)相当。这表明DOME A是进行Ks波段天文观测的绝佳地点。

(核探测与核电子学国家重点实验室 物理学院)

**本报讯** 近日,中国科大董振超研究小组在探究针尖增强单分子拉曼光谱的化学增强与猝灭机制方面取得新进展。相关成果作为热点文章发表于《德国应用化学》。

表面增强拉曼光谱(SERS)具有显著的信号增强特性,能够在单分子尺度提供目标材料丰富的化学指纹信息,因此被广泛应用于物理、化学、材料、生物等领域的物种识别与结构研究。

为深入探究化学效应对拉曼信号的影响机制,董振超研究小组利用所发展的高分辨TERS技术,通过精心设计和构建四种不同的清晰明确的单分子局域接触环境,探究了单个ZnPc酞菁分子在不同接触环境下的拉曼响应,并结合理论计算揭示了基态电荷转移引起的TERS增强以及界面动态电荷转移诱导的拉曼猝灭的新机制。

他们发现,当针尖与氯化钠表面单个平面型ZnPc分子进行“弱”的点接触时,TERS信号会被显著增强,与此同时,针尖增强光致荧光(TEPL)信号迅速猝灭。TERS和TEPL信号演化表明针尖与分子之间的接触产生了化学相互作用。他们对此提出一种新的物理化学联合作用机制,即针尖与分子的点接触会产生基态电荷转移过程,在与表面垂直的方向上诱导出可观的拉曼极化率,而且该垂直极化偶极还会进一步与纳腔等离激元的垂直电场耦合产生增强的拉曼信号。这种新的增强机制不仅超越了传统的纯化学效应机制,而且也不同于之前普遍认为的在化学增强过程中占主导地位的共振电荷转移机制。另一方面,当分子与金属衬底进行“强”的面接触后,TERS信号严重猝灭,特别是对于分子的面内振动信号。结合DFT理论计算表明,这是由于分子与金属衬底之间的轨道杂化引起的动态界面电荷转移以及表面电磁场屏蔽效应所导致的拉曼极化率的减弱,并且前者起主导作用。但是,通过进一步与针尖产生“弱”的点接触,猝灭的拉曼信号能够被有效“拯救”,这同样是因

为上面所提及的基态电荷转移诱导的物理化学机制的联合作用所致。需要强调的是,如果分子与金属衬底的相互作用很弱,或者分子垂直吸附在金属表面,这时由于动态界面电荷转移诱导的拉曼极化率的减弱效应会变得很小,预计将不会出现拉曼猝灭现象。

进一步地,该研究小组还开展了偏压和波长依赖的TERS光谱演化研究,证明了基于基态电荷转移的物理化学联合作用机制的正确性。值得注意的是,对于非共振情况下的针尖-分子点接触构型,体系的拉曼信号在纳腔等离激元场增强的基础上,还将获得超过300倍的极大电荷转移化学增强。

该工作不仅为理解化学效应诱导的TERS/SERS增强与猝灭现象提供了新的视角,澄清和深化人们对化学增强机制的认识,而且展示一种通过针尖-分子原子级点接触增强拉曼信号的方法,将对本征拉曼信号微弱的分子的化学探测和识别具有重要意义。

文章的第一作者是中国科大博士后杨犇和特任副研究员陈功。

(合肥微尺度物质科学国家研究中心)

# 我校揭示针尖增强拉曼光谱中的化学增强效应新机制