

中国科大实现基于电控圆偏振发光3D显示器的人机交互应用

本报讯 中国科大汪涛教授课题组和俞寿宏院士研究团队基于设计的高性能圆偏振发光器件，构筑了新型电控3D显示面板，并在信息交互领域实现功能应用。相关成果于5月14日发表在《科学·进展》上，并选为当期封面。

目前的手性光源在通电显示过程中难以获得足够的电致发光不对称性。如何通过低成本、简单工艺实现具有高感知体验的3D显示系统，并进一步打造独特的深度信息交互核心技术是当前迫在眉睫的任务。圆偏振光相较于非偏振光，可显著提升信息密度与交互维度。基于圆偏振光的3D显示技术，可大幅减少视觉疲劳并达到更大观察范围内的高质量立体成像。相较于使用物理光学方法产生圆偏振光，具有圆偏振发光（CPL）特性的手性发光材料在可加工性和器件集成方面展现出独特优势。目前，基于CPL的静态3D成像技术已取得进展，但如何通过数字信号输入对发光单元进行实时动态调控（即：实现基于CPL的电控3D显示），仍难以实现。

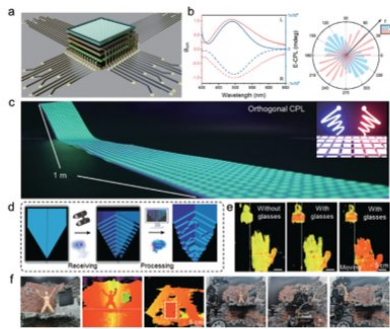


图. (a) 电控圆偏振发光器件的层结构设计；(b) 圆偏振发光性能；(c) 大尺寸、柔性3D显示面板；(d) 双目立体视觉原理图；(e) 深度信息；(f) 基于深度信息的远程操控示例

研究人员通过开发的自定位合成技术并结合微电子打印，实现CPL微器件的集成化制备，构筑了一系列

不同尺寸的3D显示面板。在交流电场驱动下，其最大发光不对称因子（glum，CPL性能关键评估参数）可达1.0。研究人员进一步基于双目视觉原理，搭建深度信息检测设备，实现了深度信息的重构与可视化。在被困人员救援场景应用模拟中，基于3D显示器提供的深度信息，“沉浸式”地完成机器手臂的远程操纵，实现了对被困“人员”的成功营救。这项研究提出的基于CPL的深度信息交互应用方式，为虚拟与现实的连接搭建了沟通桥梁（如图示）。

这项研究报道的适应性空间显示技术弥合了虚拟与现实之间的鸿沟，在手性发光领域为扩展现实和超越现实进行了新的尝试。所展示的沉浸式人机交互，成功模拟了灾难场景中理想的安全救援，在现实世界和数字宇宙之间架起了一座桥梁。

中国科大化学系博士研究生郭启与硕士研究生李泽一为共同第一作者，汪涛教授和俞寿宏院士为共同通讯作者。

（化学与材料科学学院 科研部）

中国科大利用嫦娥样品月壤的硅同位素揭示月球正反面太空风化差异

本报讯 嫦娥五号和嫦娥六号返回月壤样品为研究月球正反面的差异提供了前所未有的机会。中国科大地球与空间科学系团队和泰礼洋团队合作，通过对嫦娥五号和六号返回月壤样品的硅同位素数据，揭示了月球背面相比正面有更强化的太空风化特征。相关研究成果发表在《自然·通讯》。

研究团队利用中国科大金属稳定同位素实验室先进的同位素分析技术，对嫦娥五号和六号返回的月壤样品进行高精度硅同位素分析，测定了来自月球正面和背面样品的硅同位素组

成。这一研究为理解月球正反面太空风化过程的差异提供了新的非传统稳定同位素证据，有助于完善月球表面物质演化模型。

嫦娥五号月壤的 $\delta^{29}\text{Si}$ 平均值为 $-0.06 \pm 0.05\%$ （2SD），嫦娥六号月壤的 $\delta^{29}\text{Si}$ 为 $0.04 \pm 0.05\%$ （2SD），都高于全硅酸盐月球（ $-0.29 \pm 0.08\%$ ，2SD）。嫦娥五号岩屑的 $\delta^{29}\text{Si}$ 和全硅酸盐月球类似，六号岩屑的硅同位素组成略重。这个差别可能产生于太空风化过程中微陨石撞击过程。高速运动的微陨石撞击月表，会导致表层物质局部熔融，月

壤中的硅以 SiO_2 的形式进行自由挥发。在这个过程中，轻硅同位素优先进入气相，使得残余熔体中富集较重的硅同位素。挥发形成的蒸汽可能会发生逃逸，之后再沉积回月表，最终导致表层月壤物质的硅同位素与玄武岩之间产生了分馏。此外，月球背面嫦娥六号样品的 $\delta^{29}\text{Si}$ 整体高于正面嫦娥五号样品，表明月球背面采样区经历了更为强烈的太空风化作用。这种风化程度的差异可能与更长的暴露时间、更快的微陨石撞击速率或更高的撞击频率等因素相关。

论文第一作者为中国科大地球与空间科学系硕士研究生张惠妍，通讯作者为慧敏副研究员、泰礼洋教授和董方教授，合作者包括汤浩伟特任教授、康晋副研究员、沈鹏特任教授等。

（地球与空间科学学院 科研部）

中国科大实现非接触房颤监测新突破

本报讯 中国科大陈彦教授团队在非接触式房颤监测领域取得突破性进展。研究团队基于心脏电-机械耦合机制，利用毫米波雷达感知技术，首次实现了大规模人群的非接触式高精度房颤诊断。相关研究成果于5月20日在《自然·通讯》发表。

房颤是最常见的心律失常疾病之一，不仅会引发显著的临床症状，还严重威胁患者生命健康，其全球发病率近年来呈现快速上升趋势。房颤具有渐进性发展的特点，其病程可从偶发性房颤逐渐进展为持续性房颤，最终发展为难治性永久性房颤。这一特点决定了早期诊断与及时干预的关键作用，对延缓疾病进展、预防卒中及心力衰竭等严重并发症具有重要意义。如何在首例及发生前实现早期诊断，仍是临床面临的重大挑战。

研究团队提出基于知识迁移的网络架构，创新性地建立了心脏电活动与机械运动状态的关联映射，利用经过百年验证的ECG信号特征来辅助神经网络识别房颤特有的异常机械运动。该系统实现了非接触、免操作、无需穿戴设备的检测方式，在大型临床验证中达到了接近心电图诊断的检测性能。该系统在6,258例受试者中进行了测试，检测灵

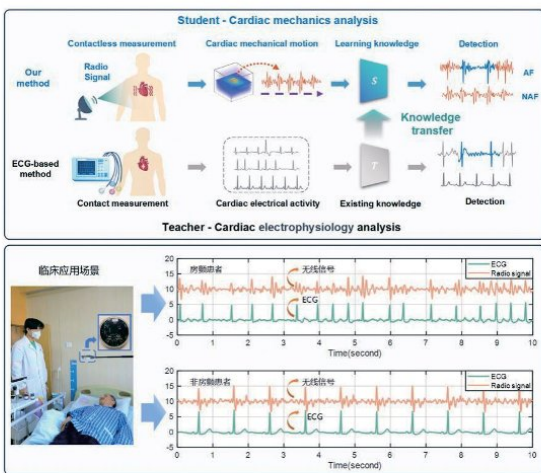


图. 非接触房颤监测系统。敏感度0.844，特异度0.995。在27例房颤发作高风险受试者的日常主动监测中，系统成功在临床确诊前识别出2例房颤患者。此外，该系统还能灵敏识别房颤消融手术前后房颤发作的动态变化。

这一优异性能源于两项核心技术突破：

1. 研究团队针对心脏机械信号提取任务，开发了专用的雷达信号处理算法，可高精度捕获毫米级心脏机械运动；2. 通过知识迁移技术与心脏电-机械耦合机制，利用现有大规模心电图数据库中的诊断知识，训练AI模型精准识别房颤特有的机械运动模式。

该系统旨在实现完全无接触、无操作的主动房颤监测，可自然融入睡眠或工作等日常生活场景，并支持从健康状态到房颤全程的终身监测。研究结果表明，该技术有望推动现有房颤诊疗流程向个性化、主动化管理策略转型，从而实现更高效的心血管健康管理。

中国科大博士研究生袁雨琴、博士后陈金波为文章的共同第一作者；中国科大网络空间安全学院教授、附属第一医院内科特聘教授陈彦为文章的通讯作者；中国科大附属第一医院内科马坤地教授、中国科大孙彬特任研究员、胡洋副研究员、张东恒特任副研究员、卢智特任副研究员、博士牛耿瑞旭、龚汉钦、徐世鑫、濮玉、中科奇张冬等均为文章的合作者；学校赋权企业合肥中科奇信息科技有限公司为文章合作单位。

（网络空间安全学院 附属医院内科 科研部）

中国科大实现真多体纠缠子空间自检验

本报讯 郭光灿院士团队柳必恒研究员课题组与本源量子合作，在光学和超导两个量子系统中实现真多体纠缠子空间的设备无关认证，完成了五比特纠错码空间的自检验。相关研究成果于5月14日发表在《物理进展》上。

在量子信息领域，真多体纠缠态作为量子纠缠的最强形态，要求系统中任意两个子空间均存在纠缠关联。由其构成的真纠缠子空间具有重要应用价值，特别是可以用于设计量子纠错码，通过将量子信息编码在子空间中，避免因局部退相干导致的错误扩散。然而，与两体纠缠态及真多体纠缠态的特征不同，真纠缠子空间的理论分析工具和实验验证方法仍处于空白状态。虽然基于贝尔不等式的自检验方法已成功应用于量子纠缠态的设备无关认证，但

将其拓展至多体纠缠子空间仍面临重大挑战。

近期，理论同行构建了基于稳定子码框架的新型贝尔不等式，该方案可实现对纠缠子空间的普适性表征——子空间内任意量子态（包括混态）均能最大程度违背该不等式，从而为真纠缠子空间的自检验提供了理论依据。为验证这一新方法，研究团队在光学系统和“本源悟空”超导量子计算机上同步开展实验（概念图见图），成功完成五比特量子纠错码空间的设备无关认证。通过制备系列逻辑量子态并进行贝尔测试，实验数据显示两种系统的逻辑子空间保真度分别达到82%和62%以上。该过程仅依赖实验观测的数据而无需对实验设备做可信假设。对比实验中，研究团队模拟了单个物理比特错误场景，发现逻辑态完全丧失对

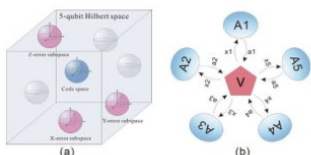


图. (a) 逻辑子空间和 (b) 量子自检验示意图。贝尔不等式的违背能力，证明其已脱离目标逻辑子空间。通过进一步检验错误子空间对应的贝尔不等式，成功实现对逻辑量子态空间演化的全程监控。

文章共同第一作者为量子信息实验室特任副研究员郭强，博士研究生唐昊、张家璇。

（量子网络安徽省重点实验室 物理学院 中国科学院量子信息和量子科技创新研究院 科研部）

中国科大实验展示宇称对称性保护的量子现象

本报讯 中国科大自旋磁共振实验室林毅恒教授等人与理论合作者华中科技大学吕新友教授、四川大学宾倩特聘副研究员合作，在量子模拟方面取得重要进展。研究团队基于束缚离子体系，实验展示了量子拉比模型中宇称对称性保护的量子现象。该项研究揭示了宇称对称性对量子系统的重要影响，同时也为基于宇称对称性保护的量子器件提供了新的设计思路。相关研究结果于5月16日发表在《物理评论快报》上。

研究人员基于束缚离子体系中的自旋-声子耦合系统，实验模拟了一个高度可控的扩展量子拉比模型，实现了超强耦合区与深强耦合区的精确调控。一方面，提出并实现了一种直接探测系统宇称对称性的方法。实验发现，在保持宇称对称性时，系统中出现奇数阶边带跃迁禁戒现象；而破缺对称性后，该禁戒特性消失。该方法不仅有效覆盖超强至深强耦合区，也可推广至其他物理平台；另一方面，实验还观察到系统基态的纠缠和量子叠加等现象与系统宇称对称性之间的重要关联。此外，在深强耦合区，当参数跨越宇称转变临界点时，自旋的冯·诺依曼熵与声子的维格纳熵函数均表现出显著的响应，这一特性在量子精密测量和比特相关性研究等方面具有潜在应用价值。这些研究为探索宇称对称性调控的量子现象及其在高精度量子技术中的应用开辟了新天地。

研究中使用的束缚离子实验系统为开展量子模拟和量子计算实验研究提供了有力支撑。基于 9Be^+ 和 40Ca^+ 实验平台，研究组还完成了多项重要的量子模拟研究工作，这些工作的研究主题包括拓扑相变，量子热机，高阶奇点，量子同步现象等。

中国科大博士研究生赵兴宇和四川大学物理学院特聘副研究员宾倩为该论文共同第一作者，林毅恒、吕新友为共同通讯作者。

（物理学院 科研部）

火灾安全全国重点实验室论文入选Fire Technology年度最佳论文

本报讯 近日，国际消防工程师学会和美国消防协会联合会刊《Fire Technology》公布年度最佳论文入选名单，火灾安全全国重点实验室（以下简称“火灾实验室”）王禹特任教授团队与英国爱丁堡大学、中国台湾中央大学学者合作撰写的论文《Classification and Fire Safety of Informal Settlements in China》脱颖而出，入选该期刊年度最佳论文（Best Papers of Editors' Choice），成为该年度唯一的中国学者入选论文。

Fire Technology是火灾科学与消防安全工程领域历史最悠久的多学科交叉SCI期刊之一，由美国消防协会、国际消防工程师学会和Springer Nature联合出版，涵盖了火灾安全科学与工程领域的各个方向。该期刊每年依据论文质量、相关性和创新性等标准评选年度最佳论文，该年度共评选出12篇最佳论文。

据统计，目前全球约有10亿人居住在非正规聚落，且随着南北经济发展不均加剧，人口仍在持续增长。中国作为全球最大的发展中国家以及城市化进程最快的国家之一，城镇化不均衡等因素导致国内出现了较多缺乏规划和管理、历史遗留的非正规聚落。这些聚落多位于地理环境危险区域，易发生大规模火灾，面临着极高的火灾风险。然而，目前中国非正规聚落火灾问题研究仍处于初步阶段，该论文将我国非正规聚落进行了科学分类，并深入探讨了各类非正规聚落的房屋特征和火灾安全问题。这项研究有助于更好地了解中国非正规聚落的消防安全现状，促进我国的非正规聚落火灾安全研究。

论文第一和通讯作者为王禹，合作者包括英国爱丁堡大学Luke Bisby教授、David Rush高级讲师、中国台湾中央大学吴佳隆助理教授及中国科大孙金华教授等。

（火灾安全全国重点实验室 科研部）