



合肥微尺度物质科学国家研究中心

HEFEI NATIONAL LABORATORY FOR PHYSICAL SCIENCES AT THE MICROSACLE

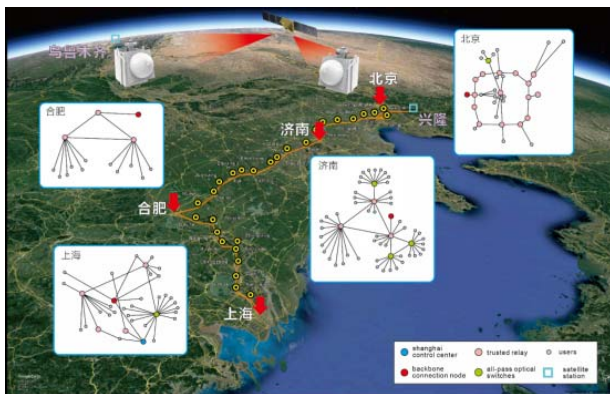
2021年第1期 (总第 186 期)

合肥微尺度物质科学国家研究中心办公室

0551-63600458 hfnloff2@ustc.edu.cn



中国科大成功验证构建天地一体化量子通信网络的可行性



北京时间1月7日凌晨，中国科学技术大学潘建伟及其同事陈宇翱、彭承志等与中国科学院上海技术物理研究所王建宇研究组、济南量子技术研究院及中国有线电视网络有限公司合作，在国际学术期刊《自然》杂志上发表了题为“跨越4600公里的天地一体化量子通信网络”（An integrated space-to-ground quantum communication network over 4,600 kilometres）的论文。

研究团队在量子保密通信京沪干线与“墨子号”量子卫星成功对接的基础上，构建了世界上首个集成700多条地面光纤量子密钥分发(QKD)链路和两个星地自由空间高速QKD链路的广域量子通信网络，实现了地面

跨度4600公里的星地一体的大范围、多用户量子密钥分发，并进行了长达两年多的稳定性和安全性测试、标准化研究以及政务金融电力等不同领域的应用示范。论文是对上述成果的一个系统性总结，证明了广域量子保密通信技术在实际应用中的条件已初步成熟。我国科研人员通过构建天地一体化广域量子保密通信网络的雏形，为未来实现覆盖全球的量子保密通信网络奠定了科学与技术基础。

量子保密通信京沪干线总长超过2000公里，覆盖四省三市共32个节点，是目前世界上最远距离的基于可信中继方案的量子安全密钥分发干线，于2017年9月底正式开通。建设过程中，研究团队攻关了高速量子密钥分发、高速高效率单光子探测、可信中继传输和大规模量子网络管控监控等系列工程化实现的关键技术。建成后，开展了长达两年多的相关技术验证和应用示范以及大量的稳定性测试、安全性测试及相关标准化研究，通过了光子数分离攻击、致盲攻击、时移攻击、波长依赖攻击和一些潜在的特洛伊木马攻击等安全性测试，结果表明“京沪干线”可以抵御目前所有已知的量子黑客攻击方案，同时京沪干线网络的密钥分发量可以支持1.2万以上用户同时使用。

目前该天地一体化量子通信网络已经接入包括金融、电力、政务等150多家行业用户。2019年初，国家电网有限公司基于该网络，建立了跨越2600公里、从北京总公司至国网新疆电力有限公司的量子密钥分发信道，实现了电力通信数据加密传输，首次从工程上检验了星地量子通信开展实际业务的可行性。在天地一体化量子通信网络大量测试结果及标准化研究的基础上，全球三大标准化组织之一ISO/IEC正在基于京沪干线的实践编制国际标准《QKD安全要求、测试与评估方法》，另一国际组织ITU也正基于京沪干线的建设模式起草可信中继安全要求、QKD网络功能架构等国际标准。

本工作发展的相关技术也为量子通信系统小型化、低成本、国产化奠定了基础。最近团队成功研制了重量约百公斤的小型地面站，实现了与墨子号的星地量子密钥分发实验，和国际多个地面站的进行了星地量子密钥分发实验，未来有望进一步做到可单人搬运；同时，在保证密钥分发速率的前提下已经成功研制几十公斤的小型化空间量子密钥分发载荷，这些成果也为形成卫星量子通信国际技术标准奠定了基础。

目前，广域量子通信网络的雏形已基本形成，未来在此基础上，可进一步推动量子通信在金融、政务、国防、电子信息等领域的广泛应用。骨干网的扩展，将形成更复杂的拓扑结构，并在基础上构建国家地基授时网络，为定位、导航和授时服务提供保障。另一方面，地面网络与量子卫星结合，为超大尺度量子干涉的相关实验提供了有利基础，如探索量子力学与广义相对论融合等问题，为量子引力的基础检验和用于计量应用的大规模干涉测量提供了可能。

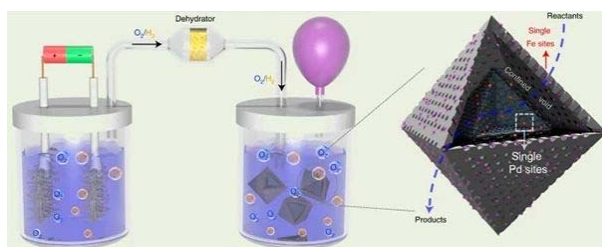


研究进展

中国科大在单原子催化剂仿酶催化方面取得重要进展

单原子催化剂在许多化学和生物反应中具有优异的催化活性，被认为是天然酶的潜在替代品。目前，利用单原子催化剂实现单一的氧化或还原反应已经被很多文献报道证实。但在同一材料体系中，同时实现氧化和还原反应仍是一个挑战。近日，中国科学技术大学吴宇恩教授团队报道了一种仿生复合材料：yolk-shell Pd₁@Fe₁。相关工作以“Simultaneous oxidative and reductive reactions in one system by atomic design”为题在Nature Catalysis上发表。

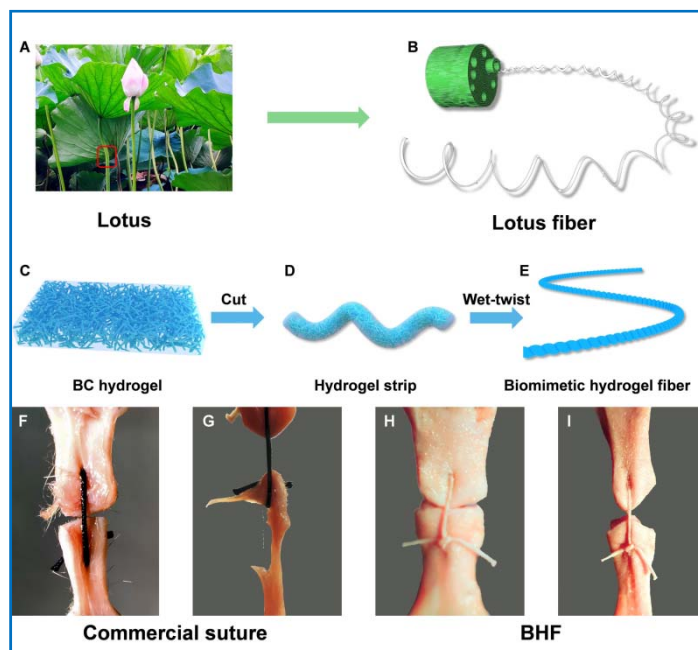
吴宇恩教授利用先前在UiO-66-NH₂制备单原子催化剂的基础上（J. Am. Chem. Soc. 2019, 141, 10590-10594），继续使用UiO-66-NH₂作为主体，将PdCl₂封装入此MOF中。然后通过PdCl₂/UiO-66-NH₂表面包覆一层惰性SiO₂模板，得到PdCl₂/UiO-66-NH₂@SiO₂核壳结构。然后继续在其表面进行Fe-TiPP聚合，生成PdCl₂/UiO-66-NH₂@SiO₂@Fe-TiPP。最后将得到的PdCl₂/UiO-66-NH₂@SiO₂@Fe-TiPP在700℃氮气条件下直接热解。用NaOH刻蚀去除SiO₂模板，得到yolk-shell Pd₁@Fe₁。通过耦合电解水装置，设计并制作了一个集成的催化系统，用于直接合成氨基醇。在电化学反应过程中，小规模电解水实时生成O₂和H₂，并在有机合成反应中实时消耗。产生的H₂和O₂通过导气管流入右边的容器，分别通过Fe₁和Pd₁位点活化O₂和H₂，与苯乙烯和硝基苯反应生成1-苯基-2-(苯氨基)乙醇。吴宇恩教授进一步进行了连续循环测试，验证yolk-shellPd₁@Fe₁的稳定性。结果表明反应10小时后，产率和选择性没有发生明显变化。当关闭电解水装置后，由于气球中预先储存H₂和O₂，仍然可以继续反应3小时，其反应动力学和选择性仍可以保持。



实验装置示意图

中国科大研制新型仿生手术缝线

近期，中国科学技术大学俞书宏院士团队基于“藕断丝连”这一自然现象，深入探究了莲丝纤维的微观结构与力学性能，并受此启发研制出了一种可用于手术缝线的仿莲丝细菌纤维素水凝胶纤维。



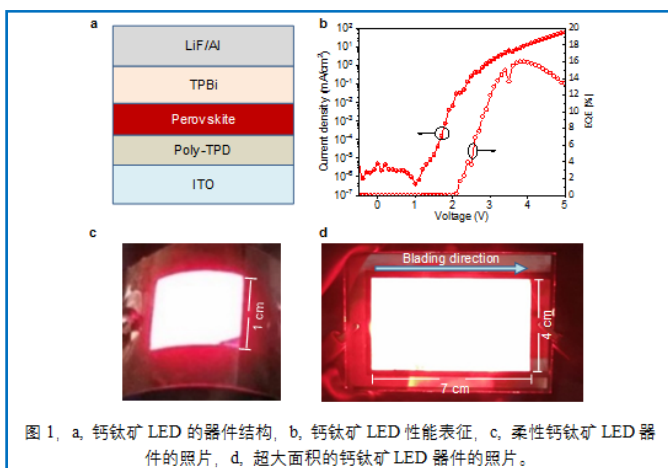
仿生水凝胶纤维的制备、结构分析与应用

研究人员将细菌纤维素（BC）水凝胶加工成具有仿莲丝微米螺旋结构的水凝胶纤维（BHF），该水凝胶纤维兼具较高的强度和韧性，同时具有优异的亲水性和生物相容性，此外，仿生螺旋结构还赋予了该材料与人体皮肤相近的弹性模量，在伤口处受力变形时，BHF可有效缓冲并吸收能量，并与人体组织实现同步形变，从而避免割伤伤口造成二次伤害。相对于传统的棉线或聚合物线，水凝胶纤维缝线具有高生物相容性、高含水量、低刺激性和低摩擦阻力等特点，在保护受损组织，促进伤口愈合以及减少不良反应方面都具有显著的优势，因此有望成为下一代新型高端手术缝线。相关研究成果以“Bio-Inspired Lotus-Fiber-like Spiral Hydrogel Bacterial Cellulose Fibers”为题发表在Nano Letters上。目前该材料相关专利已审核通过并获得授权。



研究进展

中国科大在大面积制备钙钛矿LED 研究中取得重要进展



近日，中国科学技术大学物理学院、中科院强耦合量子材料物理重点实验室及合肥微尺度物质科学国家研究中心的肖正国教授研究组在大面积制备钙钛矿LED领域取得重要进展。该研究团队使用基于气刀辅助的刮涂法制备出了大面积、高效率的钙钛矿LED，向钙钛矿LED照明的商业应用迈进了重要一步。相关成果以“Large-area and efficient perovskite light-emitting diodes via low-temperature blade-coating”为题，于1月8日发表在《自然通讯》杂志上。

肖正国课题组以有机无机杂化钙钛矿 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 为研究对象，通过降低钙钛矿前驱液的浓度，引入4-氟苯甲胺，并结合气刀辅助的方法，使薄膜结晶过程中形成更多的成核位点，从而制备出了均匀致密的钙钛矿多晶薄膜，薄膜的表面粗糙度仅为0.8 nm。采用刮涂法制备的大面积钙钛矿薄膜（6 cm×9 cm），在厚度、表面粗糙度、荧光产率以及荧光寿命等方面都展现出极好的均匀性。采用刮涂法制备的钙钛矿LED器件的EQE最高达16.1%（0.04 cm²）以及12.7%（1 cm²）。超大面积（28 cm²）的钙钛矿LED工作时发出了非常均匀的红光。同时，课题组也采用刮涂法制备出了基于PEN/ITO衬底的柔性钙钛矿LED，为制备大面积柔性光电子器件奠定了基础。以上工作充分显示了刮涂法制备大面积、高效率的钙钛矿LED的可行性以及将其应用于商业LED照明的巨大前景。

中科大在氢氧燃料电池阴极催化剂 设计方面取得重要进展

近日，中国科学技术大学合肥微尺度物质科学国家研究中心及化学与材料科学学院的曾杰教授团队和国家同步辐射实验室鲍骏教授团队合作，通过精准的氧化刻蚀，调控钯铂合金的形貌和组分，设计并构筑出了超立方体框架结构催化剂，其在氢氧燃料电池阴极反应中表现出高活性和高稳定性。研究成果以“Pd-Pt Tesseract for the Oxygen Reduction Reaction”为题发表在《美国化学会志》上（J. Am. Chem. Soc. 2021, doi.org /10.1021/jacs.0c12282）。

燃料电池是一种化学电池，它利用物质发生化学反应时释出的能量，直接将其转换为电能。也是继火电、水电、核电之后的第四种发电装置，是当今世界各科技强国都十分重视的高新技术开发领域。电池阴极的氧还原反应的铂基催化剂活性和稳定性较低，制约了电池的输出功率和充放电循环次数，从而增加了整个燃料电池的成本。因此，高活性、高稳定性的阴极催化剂的制备成为该领域研究的热点与难点。空心框架结构以其高比表面、高活性位点占比等优点成为最有潜力的催化剂制备策略之一。该研究团队受三维立方体向四维超立方体演变的启发，将钯铂均匀合金立方体进行氧化刻蚀，通过精准调控钯原子的去除和余下钯原子与铂原子的重排，得到钯铂合金超立方体框架结构。此外，通过调节初始立方体中钯、铂两种元素的比例，还可以得到八足体和立方框架结构。

在氢氧燃料电池阴极催化测试中，立方框架结构、超立方体结构和八足体结构的单位质量活性分别达到了商用铂碳催化剂的4.1倍，11.6倍和8.3倍。此外，超立方体结构催化剂还表现出了最高的本征活性（2.09安培每平方厘米）和优异的性能稳定性。密度泛函理论计算表明超立方体表面晶面的氧吸附能最接近于理论最优值，这一趋势与实际测试的氧还原活性顺序相一致。这种新的超立方体框架催化剂设计理念为今后相关电催化剂的设计提供了新的思路。