



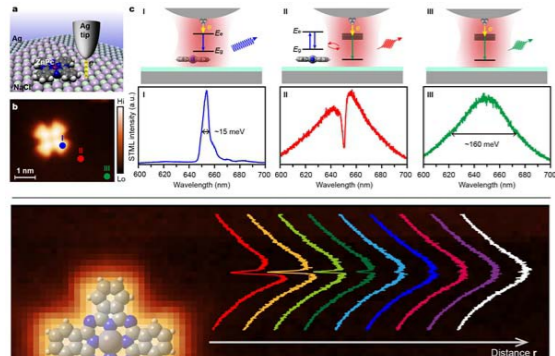
研究进展

纳腔等离子激元光子学研究再获进展

最近, 中国科大单分子科学团队的董振超研究小组利用亚纳米空间分辨的电致发光技术, 在国际上首次对分子与纳腔等离子激元之间的相干相互作用进行了亚纳米精度的操控, 在单分子水平上观察到了法诺共振和兰姆位移效应。成果发表在国际权威学术期刊《自然·通讯》杂志。

中国科大单分子科学团队长期致力于发展将扫描隧道显微镜 (STM) 高空间分辨表征和光学技术高灵敏探测相结合的联用技术, 特别是通过巧妙调控隧道结纳腔等离子激元的宽频、局域与增强特性, 拓展了测量极限, 为在单分子水平上观测和调控分子与等离子激元之间的相互作用提供了有力手段。最近, 他们利用高度局域化的隧穿电子在经过脱耦合调制的单个分子旁边激发纳腔等离子激元, 使单分子与纳腔等离子激元之间发生相干相互作用, 实现了单分子法诺共振效应。通过在亚纳米精度上进一步操控等离子激元与分子的相对位置, 他们还可调控二者之间的相互作用强度 (最高达到15 meV左右), 并从法诺线型的演化规律中获得了纳腔等离子激元与分子的有效作用距离在~1 nm 之内的重要信息, 直接揭示了纳腔等离子激元局域场在空间上的高度限域特性。

此外, 他们还发现单分子法诺共振效应表现出反常频移现象, 并且这种频移与分子的空间取向关系很大。通过理论分析, 他们将这种频移现象归因于分子借助纳腔等离子激元导致的自相互作用引起的兰姆位移。一般来说, 兰姆位移现象来源于发光体通过真空场涨落作用回自身的自相互作用导致的能级移动。由于真空场涨落很小, 所以兰姆位移通常都在微电子伏特的量级, 但高度局域的等离子激元纳腔使得这种自相互作用得到极大增强, 从而导致他们观察到高达约3 meV的(光学)兰姆位移。这些研究结果为在单分子尺度上检测分子激发态的空间分布与能量信息、以及在纳米尺度上调控场与物质之间的相互作用提供了新的途径。



用于甲醇氧化反应的一维高效纳米催化剂研究取得新进展

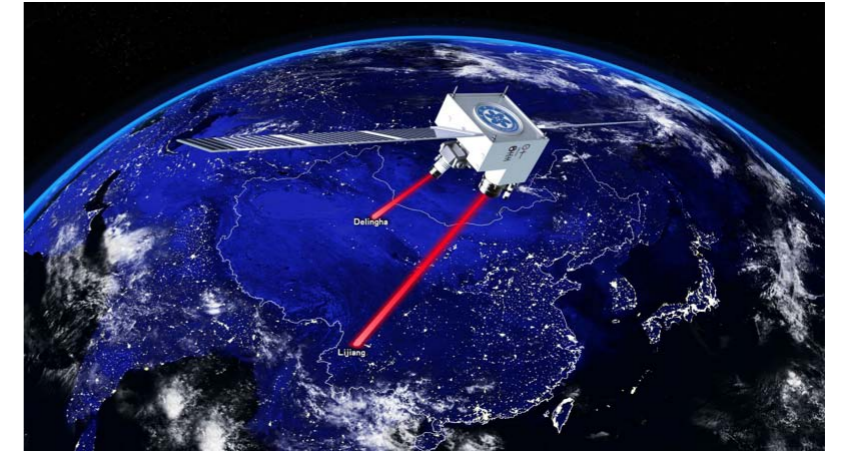
近日, 合肥微尺度实验室俞书宏教授课题组实现了一维超细四元PtPdRuTe纳米管与一维开孔结构的PtCu纳米管催化剂的成功制备, 该类型催化剂具有稳定而高效的甲醇氧化性能。相关成果分别发表在J. Am. Chem. Soc.和Energy Environ. Sci.上。

研究人员采用了高反应活性的碲纳米线为模板, 利用电势位差进行置换取代反应, 成功制备了一种组成可控的四元PtPdRuTe纳米管催化剂, 运用具有高电势电位的钼与铂形成合金并实现其组成可控, 对降低铂氧化电位以增强铂的稳定性非常重要。作为四元催化剂, 每一种元素在催化应用中发挥了不可缺少的重要作用: 碲纳米线作为还原剂与模板的同时, 未被取代的碲原子与其他三种贵金属元素一起支撑纳米管结构框架并降低了贵金属的组成; 铂原子提供解离甲醇的活性位形成Pt-CO, 同时钼原子提供解离水形成Ru-OH的活性位, 推动铂活性位上CO的氧化形成CO₂; 适量钼原子的加入(16%)对铂电子结构具有修饰作用的同时, 更重要的是钼可以提高铂的氧化电位, 以减少铂原子的氧化与刻蚀, 增强催化剂的组成稳定性。通过调控组成, 增强原子间相互作用, 发挥不同原子在催化反应中的优势, 从而促进催化反应的高效进行。这一研究成果发表在J. Am. Chem. Soc.上(2017, 139, 5890-5895)。

除了催化剂的稳定性保持问题, 面对有限而昂贵铂资源, 催化剂的活性再生或重复使用也是一个重要问题。针对这一问题, 研究人员展示了一维开孔结构的PtCu纳米管在甲醇氧化催化中的高活性与长期稳定性。Pt₁Cu₁-AA纳米管的质量比活性与面积比活性分别达到2252 mA mg⁻¹与6.09 mA cm⁻², 是商业化Pt/C催化剂的5.5与10.3倍。稳定性测试后的纳米管催化剂的活性不但没有下降, 反而更高或保持初始值, 通过简单的循环伏安测试, 可以实现催化剂的高活性再生。稳定性的保持主要得益于活化过程中催化剂表面发生重构, 表面铜原子被刻蚀而铂原子发生重排, 形成类核壳结构, 压缩应力增大, 大幅度提升了催化剂的稳定性。结合电镜表征结果, 稳定性测试后催化剂表现出更好的结晶性并保持一维纳米管结构, 具有很好的结构稳定性。整体来说, 基于一维尺度的开孔结构PtCu催化剂的开发, 有望拓展于其他铂基材料上, 高活性再生在实际燃料电池应用中减少了铂基催化剂的用量, 为催化剂的稳定性的研究提供了新思路。这一研究成果发表在Energy Environ. Sci.上(2017, DOI: 10.1039/C7EE00573C)。

“墨子号”量子卫星实现空间尺度严格满足“爱因斯坦定域性条件”的量子力学非定域性检验

近日, 中国科学技术大学潘建伟教授及其同事彭承志等组成的研究团队, 联合中国科学院上海技术物理研究所王建宇研究组、微小卫星创新研究院、光电技术研究所、国家天文台、紫金山天文台、国家空间科学中心等, 在中国科学院空间科学战略性先导科技专项的支持下, 利用“墨子号”量子科学实验卫星在国际上率先成功实现了千公里级的星地双向量子纠缠分发, 并在此基础上实现了空间尺度下严格满足“爱因斯坦定域性条件”的量子力学非定域性检验, 在空间量子物理研究方面取得重大突破。相关成果于6月16日以封面论文的形式发表在国际权威学术期刊《科学》杂志上。



理论上两种途径可以扩展量子纠缠分发的距离。一种是利用量子中继, 尽管量子中继的研究在近些年已取得了系列重要突破, 但是目前仍然受到量子存储寿命和读出效率等因素的严重制约而无法实际应用于远程量子纠缠分发。另一种是利用卫星, 因为星地间的自由空间信道损耗小, 在远程量子通信中比光纤更具可行性, 结合卫星的帮助, 可以在全球尺度上实现超远距离的量子纠缠分发。

2016年8月16日“墨子号”量子科学实验卫星在酒泉卫星发射中心发射升空, 经过四个月的在轨测试, 2017年1月18日正式交付开展科学实验。星地量子纠缠分发作为卫星的三大科学实验任务之一, 是国际上首次在空间尺度上开展的量子纠缠分发实验。“墨子号”量子科学实验卫星过境时, 同时与青海德令哈站和云南丽江站两个地面站建立光链路, 量子纠缠光子对从卫星到两个地面站的总距离平均达2000公里, 跟瞄精度达到0.4 μrad。卫星上的纠缠源载荷每秒产生800万个纠缠光子对, 建立光链路可以以每秒1对的速度在地面超过1200公里的两个站之间建立量子纠缠, 该量子纠缠的传输衰减仅仅是同样长度最低损耗地面光纤的一万分之一。在关闭局域性漏洞和测量选择漏洞的条件下, 获得的实验结果以4倍标准偏差违背了贝尔不等式, 即在千公里的空间尺度上实现了严格满足“爱因斯坦定域性条件”的量子力学非定域性检验。这一重要成果为未来开展大尺度量子网络和量子通信实验研究, 以及开展外太空广义相对论、量子引力等物理学基本原理的实验检验奠定了可靠的技术基础。

为此, 《科学》杂志几位审稿人称赞该成果是“兼具潜在实际应用和基础科学研究重要性的重大技术突破”(“a major technical accomplishment with potential practical applications as well as being of fundamental scientific importance”), 并断言“绝对毫无疑问将在学术界和广大的社会公众中产生非常巨大影响”(“There is absolutely no doubt that this letter will have a very large impact, both within the scientific community and in the grand public”)。除了量子纠缠分发实验外, “墨子号”量子科学实验卫星的其它重要科学实验任务, 包括高速星地量子密钥分发、地星量子隐形传态等, 也在紧张顺利地进行中, 预计今年会有更多的科学成果陆续发布。