

## 研究进展

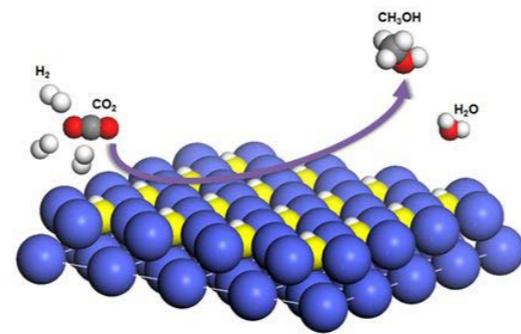
## 中国科大在量子输运、量子等离子激元研究领域取得重要新进展

近期,合肥微尺度物质科学国家实验室国际功能材料量子设计中心与中科院强耦合量子材料物理重点实验室曾长淦教授研究组在低维量子输运领域取得系列新进展,发现电子-等离子激元耦合对石墨烯电子输运过程中的量子相干性有极大的增强效应,并实现氧化物界面二维电子气自旋轨道耦合的光学调控。相关研究成果相继发表在权威期刊《Phys. Rev. Lett.》和《Nano Lett.》上。

近年来等离激元的量子特性陆续被发现,一个核心问题是,等离激元是否会影响到以及如何影响电子的量子输运特性?该研究团队与台湾清华大学果尚志教授研究组、中国科大张振宇教授研究组等合作,对这一问题进行了深入探索。研究团队制备了石墨烯与纳米金颗粒阵列的复合体系,以激光辐照来激发金颗粒的局域等离激元,再通过金颗粒与石墨烯之间的近场耦合激发石墨烯的等离激元。随后以弱局域化量子输运作为有效探针,发现激发等离激元能够极大增强石墨烯电子的量子相干性,其量子相干长度甚至可以增加到原来的3倍。进一步,微观唯象理论分析表明,电子-等离激元耦合能够有效抑制破坏量子相干的非弹性散射。这种电子-等离激元耦合对量子相干性的增益,为探索准粒子间相互作用从而实现非平庸量子效应和设计量子器件开辟了新的视野。该研究成果发表在《物理评论快报》上[Phys. Rev. Lett. 119, 156803 (2017)]。该工作得到审稿人的高度评价:“我发现这一实验非常有趣,富有创新性。这一主题属于输运、等离激元、非平衡物理、以及多体物理的交叉领域,因此毫无疑问值得在物理评论快报上发表(I find this experiment very interesting and innovative. The topic is at the crossroads of transport, plasmonics, non-equilibrium physics, and many-body physics, and thus definitely belongs to the Physical Review Letters)”。

此外,研究组和中国科学院上海技术物理研究所俞国林研究员课题组合作,另辟蹊径地通过可见光和红外光辐照来调节费米面位置,进而有效调控基于SrTiO<sub>3</sub>界面(LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub>和LaVO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub>)二维电子气的自旋轨道耦合强度。这种光场调控具有非接触、非易失和可擦除等显著优点。通过光调控甚至还实现了界面量子输运从弱局域化到弱反局域化的转变,即从电子的量子相长干涉到量子相消干涉的转变。这一成果为设计光控自旋器件以及探索光诱发非平庸量子态提供了新思路。成果发表在《纳米快报》上(Nano Lett. DOI: 10.1021/acs.nanolett.7b02128)。

## 钴基催化剂在二氧化碳加氢反应中的活性物相研究取得重大进展



Co<sub>4</sub>N催化剂CO<sub>2</sub>加氢反应示意图

近日,中国科大合肥微尺度物质科学国家实验室和化学与材料科学学院曾杰教授课题组研究了钴(Co)基催化剂在CO<sub>2</sub>加氢反应中的活性物相。他们将N原子引入到Co催化剂中构筑出Co<sub>4</sub>N催化剂,并通过原位机理研究发现,Co<sub>4</sub>NH<sub>x</sub>是该催化过程中真正的活性物相。该成果以“*Incorporating nitrogen atoms into cobalt nanosheets as a strategy to boost catalytic activity toward CO<sub>2</sub> hydrogenation*”为题,10月9日在线发表在《自然-能源》杂志上(Nature Energy 2017, DOI: 10.1038/s41560-017-0015-x)。

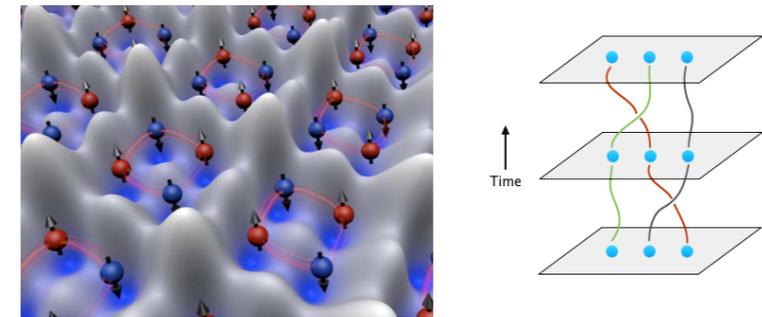
CO<sub>2</sub>加氢转化工艺中存在能耗过大的问题。由于CO<sub>2</sub>的化学惰性,此反应需要在高温高压条件下实现。在过去的几十年里,人们开发出一系列不同的策略以期提高非贵金属催化剂对CO<sub>2</sub>加氢反应的活性。迄今为止,对非贵金属催化剂在CO<sub>2</sub>加氢反应中的活性物相研究仍然非常初步。

研究人员将N原子引入到Co催化剂中形成Co<sub>4</sub>N催化剂。在CO<sub>2</sub>加氢催化中,Co<sub>4</sub>N催化剂在32 atm和150 °C的条件下,转换频率(TOF)为同等条件下Co催化剂的64倍。此外,Co<sub>4</sub>N催化剂的表观活化能是(43.3 kJ mol<sup>-1</sup>),只有Co催化剂(91.4 kJ mol<sup>-1</sup>)的一半左右。进一步的原位机理研究表明,在H<sub>2</sub>氛围下,Co<sub>4</sub>N催化剂上的N原子会吸附结合H原子从而形成Co<sub>4</sub>NH<sub>x</sub>这样一种特殊的物相。Co<sub>4</sub>NH<sub>x</sub>中的氨基H原子直接加到CO<sub>2</sub>分子上形成HCOO\*物种作为中间产物。此外,反应过程中吸附的H<sub>2</sub>O分子也通过氢键相互作用促进氨基H的活化和解离,从而加速加氢过程。该工作通过引入N原子,为优化非贵金属催化剂对CO<sub>2</sub>加氢反应的活性提供了一种简单有效的方式,更进一步加深了对钴基催化剂在CO<sub>2</sub>加氢反应中活性物相的理解,为今后寻找更为廉价、高效的CO<sub>2</sub>加氢催化剂提供了新思路。

## 中国科大在量子计算和量子模拟研究领域获重要进展:首次在超冷原子体系中观测到任意子激发

最近,中国科学技术大学潘建伟教授及其同事苑震生、陈宇翱等在国际上首次通过量子调控的方法在超冷原子体系中发现了拓扑量子物态中的准粒子--任意子,并通过主动控制两类任意子之间的交换和编织,证实了任意子的分数统计特性,向着实现拓扑量子计算的方向迈出了重要一步。近日,国际权威学术期刊《自然·物理学》以研究长文的形式在线发表了这项重要研究成果。

能否实验制备Kitaev模型所描述的拓扑物态并观测其中的任意子统计,是量子信息科学中亟待解决的一个重大问题。该团队选择了构建人工量子晶体来实现这一特殊的粒子间相互作用,研发了自旋依赖的超晶格系统来囚禁和操控超冷原子,并在晶格中巧妙地用光极化势形成了有效磁场梯度,抑制了晶格中存在的两体相互作用,使四体相互作用凸显并成为主导该物理系统的主要相互作用,成功操控光晶格中约800个超冷原子同时产生了约200个四原子自旋纠缠态;为了观测晶格中超冷原子的动力学行为,他们开发了高分辨的原位光吸收成像技术,首次观测到了四体环交换相互作用并演示了对此相互作用进行量子调控的能力;进而构建了Kitaev模型的最基本单元哈密顿量,通过微波反转原子自旋的方法,实现了任意子之间的编织交换过程,首次在光晶格体系中直接观测到了任意子交换产生的分数拓扑相位,是Kitaev理论模型提出20年后该体系中任意子分数统计特性的最直接的实验证明。



光晶格中的原子自旋纠缠态和任意子编织的示意图

## 中国科大实现电泵单分子单光子发射及其单光子源阵列的首次清晰展示

最近,中国科学技术大学单分子科学团队的董振超研究小组,通过发展与扫描隧道显微镜(STM)相结合的单光子检测技术和分子光电特性调控手段,首次清晰地展示了空间位置和形貌确定的单个分子在电激励下的单光子发射行为及其单光子源阵列。国际学术期刊《自然·通讯》杂志于9月18日发表了这项成果。

课题组经过长期的实验探索,优化了荧光分子与脱耦合层材料的选择与构造,精确调控了纳腔等离激元的增强特性,利用隧穿电子的局域激发,成功获得了来自氯化钠脱耦合层表面上的单个孤立酞菁分子的电致分子荧光,并使其强度和稳定性可以实现展示光子相关特性的符合计数测量。他们发现,电泵单分子发光表现出明显的光子反聚束效应,所测量到的二阶相关函数在零延迟时的数值均小于0.5,单光子发射的纯净度指标最好可以小到0.09,达到电泵单光子发射的国际先进水平。这些现象清晰地表明电泵单分子发光具有单光子发射特性。更进一步地,利用STM的单分子操纵能力,他们还构筑了二维3×3分子阵列(分子间距约为4.4纳米),并依次对阵列中每个分子的光子相关特性进行了测量。他们发现所有分子均表现出近乎全同的单光子发射特性,实现了高密度单光子源阵列的构造和展示。这些研究结果不仅为在纳米尺度研究金属附近分子的光物理现象提供了新的手段,也为研发面向光电集成量子技术的电泵单分子单光子源提供了新的思路。