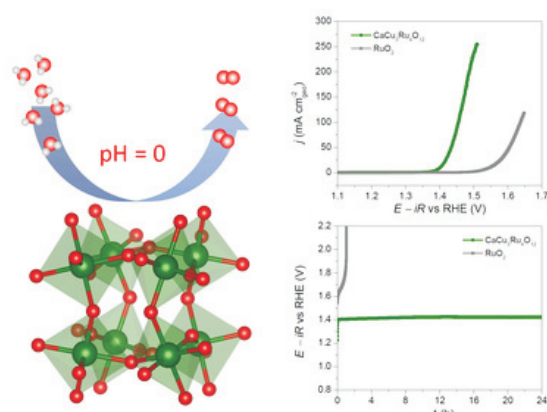


中国科大在酸性电解水催化剂开发上取得重要进展



复合钨基氧化物 $\text{CaCu}_3\text{Ru}_4\text{O}_{12}$ 电解水示意图(左)及其析氧活性(右)

近日,合肥微尺度物质科学国家研究中心的周仕明研究小组与南开大学胡振芃课题组合作,在氢能源研究领域取得了重要进展,他们通过构筑复合钨基氧化物开发出酸性条件下高效稳定的电解水催化剂,相关成果以“Quadruple perovskite ruthenate as a highly efficient catalyst for acidic water oxidation”为题发表在《自然·通讯》上。

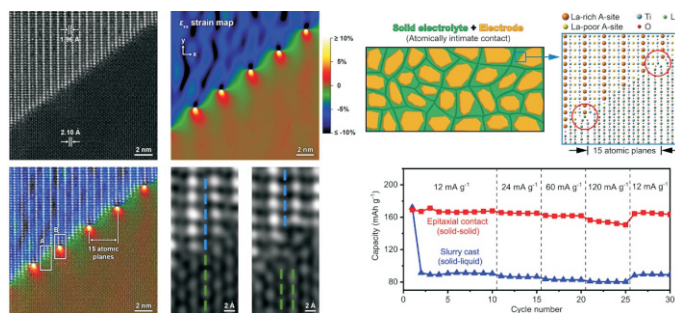
周仕明研究小组基于长期在复杂过渡金属氧化物结构与物性探索的基础上,创新性的设计并开发出具有低钨含量、高催化活性和高稳定性的复合钨基氧化物酸性析氧催化剂。该复合钨基氧化物具有 $\text{CaCu}_3\text{Ru}_4\text{O}_{12}$ 的化学式,在传统的固相烧结合成条件下,该化合物形成了稳定的复杂四钙钨矿晶体结构,如图1所示。相比简单的二氧化钨,该复合氧化物在单位质量下钨含量降低了21%。酸性条件下的电化学测试表明,该复合钨基氧化物在催化析氧达到 $10 \text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2}$ 的电流密度下仅需要171 mV的过电位,是截至目前相关领域报道的最低值。并且,在24小时的长时间测试下,该催化剂的活性没有明显的下降。相比于商业二氧化钨催化剂,该复合钨基催化剂的质量活性提高了超过两个数量级,稳定性提高了超过一个数量级。南开大学的胡振芃课题组进一步为该工作提供了理论支持。通过第一性原理计算,他们揭示了该四钙钨矿结构中的析氧活性位点为钨金属离子。并且,相比于具有钨钨矿结构的二氧化钨,该四钙钨矿结构中钨金属离子具有明显低的4d能带中心。在该电子结构特征下,催化位点钨金属离子与氧中间体的键合强度得到了优化,从而显著提高了其本征催化活性。该项研究不仅开发了一种高效酸性析氧催化剂,也为相关领域的进一步突破提供了新的思路。

固态锂电池电极-电解质接触问题的研究取得重要进展

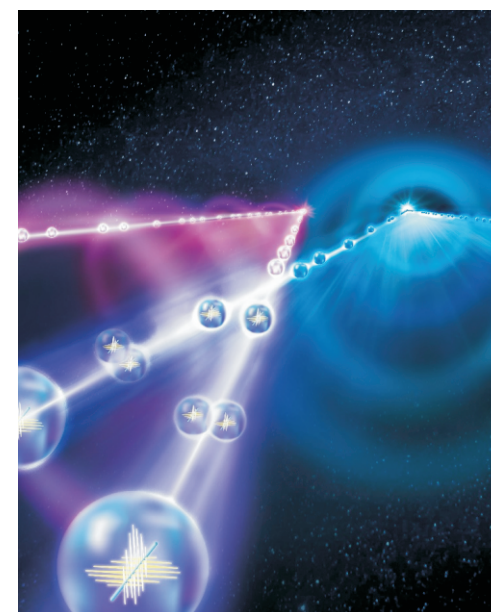
中国科学技术大学马骋教授课题组和清华大学南策文院士团队在锂电池固态电解质的研究上取得重要进展。研究者使用球差校正透射电镜对固态电解质和电极材料的界面进行观测,发现富锂层状结构的正极和钙钛矿结构的固态电解质之间可以形成外延界面。利用这一现象,研究者制备了倍率性能可与传统浆料涂覆正极相比的复合正极,为克服固态锂电池电极-电解质接触差这一瓶颈提供了新思路。相关研究成果发表在Cell Press旗下的材料学旗舰期刊《Matter》上。

传统锂离子电池普遍存在易燃、能量密度难以进一步提升等问题。而固态电解质大多不可燃,可以降低甚至消除电池起火的风险,同时具有更宽的电化学稳定窗口,允许使用更高电压的正负极组合以提升电池的能量密度。然而,主流电极材料也是固态物质,如果将液态电解质替换为固态电解质,那么电极和电解质之间将难以形成像固-液界面那样紧密充分的接触,严重影响锂离子在电极和电解质间传输的效率。

研究人员在使用电镜研究钙钛矿结构固态电解质 $\text{Li}_{0.33}\text{La}_{0.56}\text{TiO}_3$ 时,发现富锂层状氧化物这一高性能电极材料的结构可以与钙钛矿这一被广泛研究的固态电解质的结构间形成外延生长的界面,从而在原子尺度形成紧密、充分的固-固接触。进一步深入分析,发现界面处每15个原子面就会形成一个错配位错,释放积累的应变。这一机制导致了此外延界面的形成并不要求电极和电解质具备相近的晶格尺寸,而是可以广泛发生于多种层状结构材料与钙钛矿结构材料体系之间。随后,研究人员以层状电极材料 $0.54\text{Li}_2\text{TiO}_3-0.46\text{LiTiO}_2$ 晶体为模板将非晶 $\text{Li}_{0.33}\text{La}_{0.56}\text{TiO}_3$ 进行结晶制备出了原子级界面结合的电极-电解质复合正极材料,并对其进行了性能表征。结果显示此方法制备的固-固复合电极中活性物质与电解质之间结合充分程度接近固-液接触,并且其倍率性能也不亚于传统浆料涂覆技术制备的固-液复合物电极。该方法的提出为克服固态锂电池中电极-电解质接触差这一瓶颈提供了新思路。



中国科大在量子网络中的非定域性研究中取得重要进展



近日,中国科学技术大学潘建伟、张强、范靖云等与中国科学院上海微系统与信息技术研究所、上海交通大学等单位的科研人员合作,在国际上首次在关闭定域性、测量独立性以及纠缠源独立性等漏洞的基础上,实验实现了对量子网络中的二元隐变量理论的实验检验,为量子网络中量子非定域性的实验研究以及应用开辟了新的道路。相关成果于北京时间8月27日在线发表在国际权威学术期刊《自然·光子学》上。

课题组将具有随机相位的激光脉冲作为纠缠源的种子光,完全保证了纠缠源的独立性,关闭了纠缠源的独立性漏洞;他们也进一步发展了高速偏振调制器,通过量子随机数发生器产生的信号对其进行驱动,在250MHz重复频率下,实现了对光子偏振态高达99%保真度的精准调控。上述技术的发展极大缩短了非定域性检验所需的距离要求,从而使得只需构建小型量子网络就可以同时关闭定域性和测量独立性漏洞。在该实验中,他们也实现了对二元定域不等式高达45个标准差的违背,演示了其优于贝尔不等式违背的噪声容忍度。该实验得到审稿人的高度评价:“这是在量子网络中有潜在应用价值的重要技术进步”和“鉴于最近在实验量子通信方面取得了进展,这个实验是非常及时的,它为展示了未来更复杂的量子网络中的非经典相关性的更先进的实验开辟了道路。”

中国科大在疼痛致抑郁症研究方面取得进展

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、中科院脑功能与脑疾病重点实验室张智课题组,与安徽医科大学第一附属医院汪凯和田仰华研究组及多家研究机构合作,在慢性痛导致抑郁样行为的神经环路基础方面取得研究进展。相关成果以“A neural circuit for comorbid depressive symptoms in chronic pain”为题,于2019年8月27日在线发表于《Nature Neuroscience》。

张智课题组发现,大脑杏仁核的基底外侧杏仁核神经环路参与了强迫焦虑行为的形成(PNAS, 2019)。那么,作为杏仁核的功能输出子核团——杏仁中央核(CeA)是否在疼痛-抑郁共病中起到了桥梁作用呢?因此,课题组以CeA的GABA能神经元为靶点,进行逆向跨单级病毒示踪发现,中缝背核(DRN)中的5-HT(5-HT^{DRN})能神经元通过5-HT1A受体支配了CeA的生长抑素(SOM)能神经元(SOM^{CeA})。5-HT系统失调是抑郁症发病的经典理论之一,目前临床上一线抗抑郁药物5-HT选择性重摄取抑制剂便是通过提高脑内5-HT含量发挥抗抑郁效果。DRN是脑内合成5-HT的主要核团,参与调节疼痛以及情感障碍等行为。进一步研究发现,在持续疼痛伴抑郁样行为小鼠中,DRN投射到CeA的5-HT能神经元活性降低,使得CeA中5-HT的含量降低,这种降低最终导致了SOM^{CeA}神经元脱抑制而兴奋。光遗传或化学遗传调控5-HT^{DRN}→SOM^{CeA}神经环路活性,可显著改善疼痛及抑郁样行为。

那么,SOM^{CeA}神经元的脱抑制激活,如何影响其下游抑郁相关的核团?课题组对SOM^{CeA}神经元的长时程投射纤维进行了研究,发现,外侧缰核(LHb)存在大量SOM^{CeA}神经纤维分布。近年来,LHb被发现与抑郁症发生和治疗中至关重要。课题组发现,SOM^{CeA}神经元主要通过释放谷氨酸支配了LHb的活动,并在疼痛伴抑郁行为中发挥作用。

该发现对解析顽固性慢性疼痛和抑郁症共病的发病机制具有重要的基础和临床意义,可能为药物不敏感的患者提供非药物治疗的思路,如深部脑刺激和经颅磁刺激等。