

研究进展

 迈向城市范围的量子隐形传态
 中国科大在城域量子隐形传态研究中取得重要进展


量子隐形传态实验系统鸟瞰图

近日,中国科学技术大学潘建伟、张强等与中国科学院上海微系统与信息技术研究所、清华大学、上海交通大学等研究机构合作,在合肥量子城域通信试验网上首次实现了预先纠缠分发的独立量子源之间的量子态隐形传输,为未来可扩展量子网络的构建奠定了坚实基础。相关结果于9月19日在线发表在英国《自然》杂志子刊《自然·光子学》(Nature Photonics)上。

潘建伟小组首先和清华大学合作开发了适合光纤网络传输的时间相位纠缠光子源,然后通过发展皮秒级的远程光同步技术和使用光纤布拉格光栅进行窄带滤波,成功地解决了两个独立光子源之间的同步和干涉问题;接着开发了针对远距离光纤所造成的延迟和偏振涨落以及实验系统的稳定性等问题的主动反馈系统;最后利用中科院上海微系统所开发的超导纳米线单光子探测器,在合肥量子城域通信网络的30公里链路上实现了满足上述三要素的量子隐形传态实验。同日,《自然·光子学》也在线发表了加拿大Wolfgang Tittel小组在Calgary的光纤网络中利用独立源的量子隐形传态实验结果(无预先纠缠分发和前置反馈)。

该实验得到审稿人的高度评价,称赞其“极大地推动了量子信息领域的研究(significantly advances the field)”,“提供了一个符合未来量子通信网络应用的蓝图(blueprints for future quantum technologies)”,“由于量子隐形传态在众多量子通信方案中扮演的重要角色,这样的首次实验验证将是量子技术发展过程中的重要里程碑(a significant milestone)。”《自然·光子学》杂志专门邀请国际量子信息学者Frédéric Grosshans在同期的“新闻视角”(News and Views)栏目撰文,评论这项工作“显示了在城域尺度上开展量子隐形传态在技术上具有可行性,毋庸置疑,今后许多有趣的量子信息实验将在此基础上展开。”据悉,文章还未发表就引起包括美国《科学》杂志等权威科技媒体的广泛关注。

中国科大在二维材料拓扑态研究方面取得系列重要进展

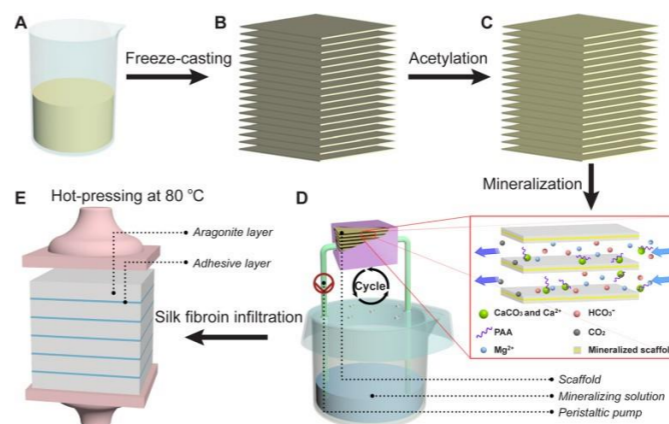
合肥微尺度物质科学国家实验室及物理系乔振华教授课题组与国内外同行合作,在二维体系拓扑量子态的理论研究方面取得重要进展。相关系列研究成果发表在国际权威物理杂志《自然·纳米技术》(Nature Nanotechnology)、《物理评论快报》(Physical Review Letters)和物理类重要综述期刊《物理学进展报告》(Reports on Progress in Physics)上。

量子反常霍尔效应(即零磁场条件下量子霍尔效应)自石墨烯和拓扑绝缘体发现以来受到了凝聚态物理和材料科学领域的广泛关注,并且最近几年实验上也取得了巨大突破。与如何制备出整数量子化的反常霍尔效应截然相反的一个问题是:在无序/杂质存在的情况下,量子反常霍尔效应如何被破坏并最终变为Anderson绝缘体?通过系统地利用电子输运特性研究、贝利曲率分析以及局域化长度计算,乔振华课题组与合作者发现了一种新型的量子反常霍尔效应在自旋反转杂质情况下的Anderson局域化的全新物理机制,即价带和导带对应的贝利曲率在杂质的作用下发生交换从而实现量子反常霍尔效应的局域化。该工作于2016年7月29日发表在《物理评论快报》上[Phys. Rev. Lett. 117, 056802 (2016)]。

通过外部调控(原子吸附或者耦合衬底)诱导铁磁性或者自旋轨道耦合作用,石墨烯被预言可以实现二维Z2拓扑绝缘体和量子反常霍尔效应。但由于其诱导出的极弱自旋轨道耦合作用,这两类拓扑量子态尚未在实验上实现。当外加的垂直电场随着空间发生变化,在电场强度为零的附近区域便会形成拓扑受限的一维零模导电态。虽然该拓扑态在2008年已在理论上提出,但是由于实验技术的原因一直没有突破。经过两年的努力,中国科大9102校友、美国宾州州立大学祝钧教授课题组和乔振华教授课题组通过实验与理论合作,在双层石墨烯上实现了该拓扑受限态。由于杂质的原因,虽然未能实现无耗散的整数量子化的电导,但是该电子态的平均自由程可以达到数百纳米。在外加磁场的作用下,杂质引起的谷间散射的影响被极大的削弱,从而使得电导可以接近整数量子化的极限。这一发现极大地促进了由全电操控的无耗散谷电子学器件的发展和运用。该工作于2016年8月29日发表在《自然·纳米技术》上[Nat. Nanotech. 10, 1038 (2016)]。

多年来,乔振华教授及合作者在基于石墨烯的二维材料体系拓扑量子态方向进行了一系列的研究,2016年5月13日受邀在物理综述期刊《物理学进展报告》发表文章[Rep. Prog. Phys. 79, 066501 (2016)],系统综述了近年来在各种二维材料拓扑态的理论和实验方面的全面研究进展。

中国科大在人工合成珍珠母方面取得突破性进展



图一:通过模拟生物矿化过程合成人工珍珠母的步骤

近日,中国科学技术大学合肥微尺度物质科学国家实验室、化学与材料科学学院俞书宏教授课题组在人工合成珍珠母的方法上取得突破性进展。不同于以往仿珍珠母材料或仿生矿化方法得到的微观晶体,俞书宏课题组首次通过模拟天然珍珠母生长过程而获得了人工仿生结构材料,这种材料具有与天然珍珠母高度相似的化学组分和微观结构,并因此兼具强度及韧性。该成果以“Synthetic nacre by predesigned matrix-directed mineralization”为题发表在10月7日出版的《科学》杂志上(Science 2016, 354, 107-110)。

人工模拟珍珠母的生长及合成一直是生物矿化和仿生材料研究领域的挑战。因其层状多级结构,珍珠母同时具备了远远超过纯碳酸钙或几丁质的强度和韧性,这二者在多数人工材料中是无法兼得的。

俞书宏教授自2002年回中国科大工作后,一直坚持开展受生物启发仿生合成高性能材料的方法学研究。他的课题组首次提出并建立了一种全新的介观尺度“组装与矿化”相结合的合成方法,通过高度模拟软体动物珍珠母的生长方式和控制过程,研究人员成功合成了宏观尺度仿珍珠母块体材料。他们首先将壳聚糖冷冻,生成层状结构框架,再将其乙酰化,生成不可溶的、与贝壳分泌的成分完全一致的几丁质框架。然后,使用蠕动泵向框架中循环泵入含有一定量聚丙烯酸和镁离子的碳酸氢钙溶液,使得碳酸钙在框架中原位矿化生长。在此过程中,文石相碳酸钙以类似天然珍珠母生长的方式,在有机框架上随机成核并沿侧向外延生长,最终在每一层框架上均形成与天然珍珠母类似的泰森多边形结构。矿化后的材料经过丝蛋白溶液浸渍和热压处理便得到块状人工珍珠母材料。这种人工仿珍珠母材料具有与天然珍珠母高度类似的化学组分、无机含量、多级结构形式以及超常的断裂强度和断裂韧性。

这项研究开创了材料仿生合成的一个新路径,解决了多年来难以通过模拟生物体内生物材料生长过程的方法制备宏观尺度人工珍珠层结构材料的难题,为今后设计和制备具有优越力学性能的一系列新型宏观尺度仿生功能材料提供了新思路,可广泛应用于制备其他体系的人工材料,如人工骨骼、金属有机框架-有机物复合材料及多种陶瓷基复合材料等。

《科学》杂志的审稿人评价称:“这是一个可靠的、开创性的工作”(This is a solid and pioneering work),“作者报道了一种制备大体积人工珍珠母的新方法”(the authors describe a new method to fabricate large volumes of artificial nacre),“这篇论文将对具有等级有序结构的高性能复合材料的设计原理有贡献,对今后的工作具有启发性”(This manuscript will contribute to the design principles for preparing robust composite materials with hierarchically ordered structures, which is instructive for future work.)。

《科学》杂志在同期观点栏目(Perspectives)配发了题为“Growing a synthetic mollusk shell”的长篇评述(Science 2016, 354, 32-33),称“该矿化方法是一项突破性进展,因为它成功地将能制造出的具有可控层间距的大体积三维多层壳聚糖模板与能够完全实现其矿化而获得非常高的矿物质含量的两个过程集成于一体”,“这种方法可为深入研究由矿物和聚合物为原材料的不同组合方式在高度可控和可调的环境中的矿化过程的本质提供了一个‘沙箱’”,“该方法也可能应用于制造大体积珍珠母结构的骨移植体,而复制天然骨骼的力学和在体内的反应特性是骨科学领域的迫切挑战”,“该方法可适用于不同组合方式的无机和有机组分的复合,因此也有可能制备多种仿生工程材料。特别是,这种方法或许能够制造高强和高韧兼备的材料,而这两种性质在传统工程材料体系中是相互排斥的”。《自然》杂志也在近期以“批量生产珍珠母”(“Bulk production of mother-of-pearl”)为题将该工作选为研究亮点(Nature 2016, 536, 377)。