

研究进展

拓扑交叉点的反常电流分配规则研究取得新进展

合肥微尺度物质科学国家实验室和物理系的乔振华教授研究组与国内外合作者在拓扑交叉点的反常电流分配规则的理论研究上取得新进展, 相关研究成果发表在国际权威物理杂志《物理评论快报》上 [Phys. Rev. Lett. 112, 206601 (2014)].

乔振华教授研究组和国内外合作者以基于双层石墨烯的由四端口构成的最小拓扑交叉点系统为范例, 通过数值计算发现在交叉点处出射电流遵守一个仅依赖于体系几何构型的分配率。由于入射电流是垂直入射, 系统的本征对称性保证了上下出射的几率相同。然而当入射方向不垂直时, 大部分出射电流反而倾向于沿着旋转角大的方向传输。简单的理论分析表明, 这种反常电流分配特性主要源于入射和出射电子通道的波函数的空间重叠效应以及沿着四条导线的拓扑受限电子态的干涉效应。此项研究将有利于促进基于拓扑交叉网络的低耗散电流分流器以及量子干涉元件的设计和應用。

空间限域生长策略制备石墨烯基超晶格材料取得重要进展

合肥微尺度物质科学国家实验室、化学与材料科学学院谢毅教授课题组通过利用空间限域生长的策略, 首次在溶液中合成出钒氧骨架-石墨烯超晶格材料并显示出大幅度增强的磁热效应。该工作近日在线发表在 Nature Communications 上 (Nat. Commun. 2014, 5, 3960)。

课题组首先提出了一种新的空间限域生长策略制备石墨烯基超晶格材料的方法, 获得了完美堆垛的单层石墨烯-单层氧化钒-单层石墨烯……的超晶格结构, 克服了传统生长超晶格材料的缺点。在这种材料中, 石墨烯不仅可以作为一个独特的空间限域反应器使钒氧层沿着石墨烯面二维生长, 而且可以作为电子给体, 引起钒氧层结构的结构重组, 降低生成高对称性钒氧骨架的生成能。利用同步辐射 X-射线吸收精细结构谱对该超晶格的精细结构进行了详细表征。结果表明, 超晶格中的钒氧层的对称性明显大于在自由空间得到的 VO₂(B), 并导致了一级可逆相转变的出现及由之产生的磁热效应, 这种相转变类似于 VO₂(M)-VO₂(R) 相变过程中对称性由高到低的转变。由于超晶格中二维的单畴结构和石墨烯层的应力作用, 这个转变过程中的磁熵变值相比于 VO₂(M)-VO₂(R) 相变的磁熵变值提高了 8 倍。重要的是, 这种柔性的超晶格纳米片材料是用低成本的溶液法制备, 避免了传统超晶格材料制备中复杂的转移过程, 因此适应于各种功能器件的组装, 有望加速超晶格材料的实际应用。

研究揭示石墨烯有序晶界的范霍夫奇异性

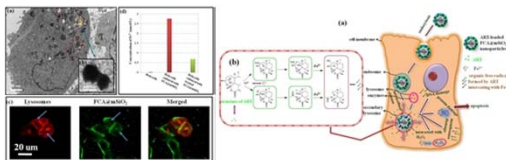
近期, 中国科学技术大学侯建国、王兵教授研究组利用扫描隧道显微术 (STM) 研究石墨烯有序晶界, 揭示了原子尺度分辨的有序晶界结构, 证明了有序晶界中存在范霍夫奇异性 (VHS)。相关工作发表于 Physical Review Letters 112, 226802 (2014)。

本项研究利用扫描隧道显微术, 在实验上表征了多种具有原子尺度分辨的石墨烯有序晶界结构, 并利用扫描隧道谱学技术在实验上首次证明了石墨烯中有序晶界存在范霍夫奇异性引起的电子态 (VHS 态)。通过比较石墨烯中有序晶界和无序晶界的电子学行为, 分析了有序晶界中 VHS 态及无序晶界中的局域化电子态的差异, 有助于理解相关输运研究中相互矛盾的结果。结合理论计算, 表明 VHS 态可以有效地提高石墨烯的载流子浓度。基于这一结果, 研究组提出了一种可能的内嵌有序晶界的石墨烯条带结构, 可用于提高基于石墨烯条带结构器件的电子输运性质和器件效应。我校博士生马传许 (实验) 和孙海峰 (理论) 是本项工作的共同第一作者。

天然抗癌药物载体研究取得新进展

近日, 中国科学技术大学合肥微尺度物质科学国家实验室和材料系陈乾旺课题组、生命科学学院郭振副教授与安徽医科大学王海宝副主任医师合作在天然抗癌药物载体研究领域取得新进展。他们利用肿瘤细胞内环境的调控, 发展了具有 pH 响应性的多功能药物载体, 它能够将疏水药物青蒿素输送到肿瘤细胞内, 同时释放出 Fe²⁺, Fe²⁺ 可作为青蒿素抗癌的诱导剂, 从而大大提高了抗癌药效。研究成果在线发表在 Biomaterials (35, 2014, 6498-6507) 上。

研究组制备出了一种具有多孔结构的 Fe₃O₄@C/Ag@mSiO₂ 纳米粒子, 该纳米粒子药物载体内的 Fe₃O₄ 核是由很多尺寸小于 10 nm 的超顺磁 Fe₃O₄ 纳米晶体组成的, 利用纳米材料的表面效应和肿瘤细胞内溶酶体等酸性微环境, 载体粒子就会在肿瘤细胞内同时释放出青蒿素和 Fe²⁺, Fe²⁺ 裂解青蒿素中的过氧桥产生自由基, 破坏肿瘤细胞的蛋白质、DNA、细胞膜, 最终杀死肿瘤细胞。细胞毒性测试显示被此纳米粒子装载的青蒿素对肿瘤细胞生长的抑制率比单独青蒿素的抑制率高, 而且与目前临床上使用的合成广谱抗癌药物盐酸阿霉素 (DOX) 在同等测试条件下对肿瘤的生长的抑制率相当。该研究为实现天然药物青蒿素在临床抗肿瘤治疗应用上开辟了一条新途径。

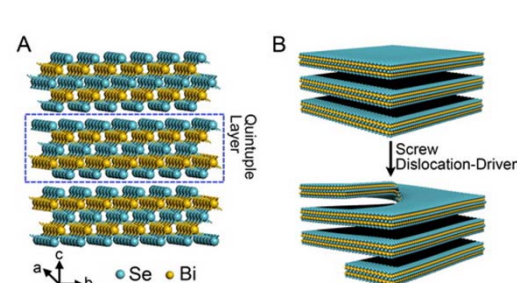
界面掺杂调控取得重要进展:
ZnO单纳米线光电性能实现优质集成

近日, 合肥微尺度物质科学国家实验室的博士生丁怀义和潘楠副研究员等人, 提出了一种新颖的纳米线界面掺杂策略, 通过发展 CVD 再生长技术, 制备出具有“核-界面-壳”结构的 ZnO 纳米线, 其电导率高达 4×10^4 S/m, 比常规纳米线提高一个量级以上, 不仅电子浓度高一个量级, 迁移率也明显改善; 而且其带边发光强度也高出一个量级。通过进一步的高分辨表征发现界面层 (~3 nm) 存在显著的 Zn 富集。结合耗尽层和积累层理论, 他们给出了光、电性能集成的机制: 界面 Zn 掺杂提供高浓度的自由电子, 这些自由电子在界面区域形成二维电子气, 导致优异的电学

性能; 同时, 界面层又会显著减少激子向纳米线表面耗尽层扩散并被消解的几率, 从而提高激子的带边发射效率。这一策略可以打破传统 ZnO 材料光、电性能的内在相互制约, 实现高效带边发光和优良电学性能在单纳米线内的优质集成, 对设计和制备基于 ZnO 的高性能纳米光电器件具有重要的指导意义。该结果已发表在 Adv. Mater. 杂志上 [Advanced Materials, 26(19), 3035-3041, 2014]。

Bi₂Se₃二维层状拓扑绝缘体材料的螺旋生长取得重要进展

最近, 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研究组在拓扑绝缘体二维层状纳米材料 Bi₂Se₃ 的结构设计、合成与生长机理研究方面取得重要进展。研究人员对 Bi₂Se₃ 晶体的成核及生长进行了动力学调控, 通过引入螺旋位错首次实现了二维层状材料的螺旋生长, 将材料由分立的层状转变成连续性的螺旋条带, 从而获得了一种既不同于单层又有别于传统块体的新型纳米材料。该成果以“Screw-Dislocation-Driven Bidirectional Spiral Growth of Bi₂Se₃ Nanoplates”为题发表在《德国应用化学》杂志上 (Angew. Chem. Int. Ed. 2014, DOI: 10.1002/anie.201403530), 论文的第一作者是硕士研究生庄阿伟。



曾杰教授课题组从晶体生长的动力学理论出发, 通过将反应体系维持在极低的过饱和条件下, 使 Bi₂Se₃ 在成核过程中产生螺旋位错的缺陷, 从而诱导层状材料进行双向的螺旋生长, 打破 Bi₂Se₃ 本征的晶体生长模式。此外, 研究人员还通过对螺旋生长速度的控制, 合成出不同发展程度的螺旋结构, 从中阐明了二维层状材料的螺旋生长机理。这项研究为实现一维拓扑螺旋态提供了材料基础, 有助于促进 Bi₂Se₃ 在拓扑绝缘体、热电以及催化等方面的新发展。此外, 探索螺旋生长的方式对于合成其他二维层状材料的螺旋结构, 从而调制材料的物理性能也有重要的指导意义。