

何林课题组在《Physical Review Letters》发表论文

近日,物理系高等量子研究中心何林教授课题组利用强磁场扫描隧道显微镜首次观测到石墨烯中单原子空位缺陷产生局域磁矩的直接证据,清华大学物理系段文晖教授组在该工作的完成中提供了理论支持。相关研究成果近日刊发在物理学顶级期刊《Physical Review Letters》上。何林教授指导的本科生张钰(现已保送何林老师直博)与博士生李思宇为文章的并列第一作者,何林教授为通讯作者。

通常认为,材料中的磁矩来源于磁性原子,而磁性原子的电子磁矩一般起源于3d或者4f壳层未被完全占据。但是科学家一直相信非磁性材料在某些特定条件下会产生局域磁矩甚至宏观磁序,其中一个被广泛研究的非磁性材料就是石墨烯。石墨烯完全由碳原子构成,所以理想的石墨烯是非磁性的(实际上石墨烯是一种很好的抗磁性材料)。理论计算表明通过引入单原子空位缺陷使石墨烯中A和B子格的原子数目不等,可以使石墨烯产生局域磁矩。第一性原理计算结果指出单原子空位缺陷会使石墨烯中 π 电子产生两个自旋劈裂的态密度峰,这一特征被认为是石墨烯中缺陷诱导 π 电子局域磁矩的直接证据。然而在过去近十年的实验探索中,不同的实验小组始终没有探测到单原子空位缺陷诱导的两个自旋劈裂态,这一重要科学问题也成为石墨烯领域悬而未决的科学难题之一。

何林教授分析过去不同实验组的实验指出这些工作都是通过高能粒子轰击石墨烯来产生单原子空位缺陷,极有可能使产生的空位缺陷不是处于能量基态。实际上当单原子空位缺陷处于亚稳态(能量高于基态约50-100 meV)时,其 π 电子局域磁矩就会消失。所以发展一种独特的方法使石墨烯中单原子空位缺陷处于基态是研究这一科学问题的关键。过去几年,何林教授组深入研究了金属铈上石墨烯的生长和物性,在相关方面已经发表了近十篇高质量研究成果,最近他们团队又发现在该金属上利用常压化学气相沉积法(CVD)生长的石墨烯能自发地产生大量处于能量基态的单原子空位缺陷;另外,在北京师范大学985经费的支持下,何林教授从2014年开始在物理系搭建了极低温超高真空强磁场扫描隧道显微镜,这两个条件的成熟为成功研究石墨烯中单原子空位缺陷引起的局域磁矩这一科学问题奠定了良好的基础。最近的实验中,何林教授指导张钰和李思宇等人借助高分辨的扫描隧道显微镜成功探测到了金属铈上石墨烯中单原子空位缺陷(图1(a), (b)),并利用扫描隧道谱技术首次探测到缺陷处的自旋劈裂现象(图1(c), (d)),为单原子空位缺陷诱导的 π 电子局域磁矩提供了强有力的证据。该工作表明可以通过缺陷对石墨烯的磁性进行调控,一方面对理解非磁性材料的局域磁矩和磁性具有重要的科学意义,另一方面为石墨烯在来自旋电子学器件中的应用开辟了崭新的道路。

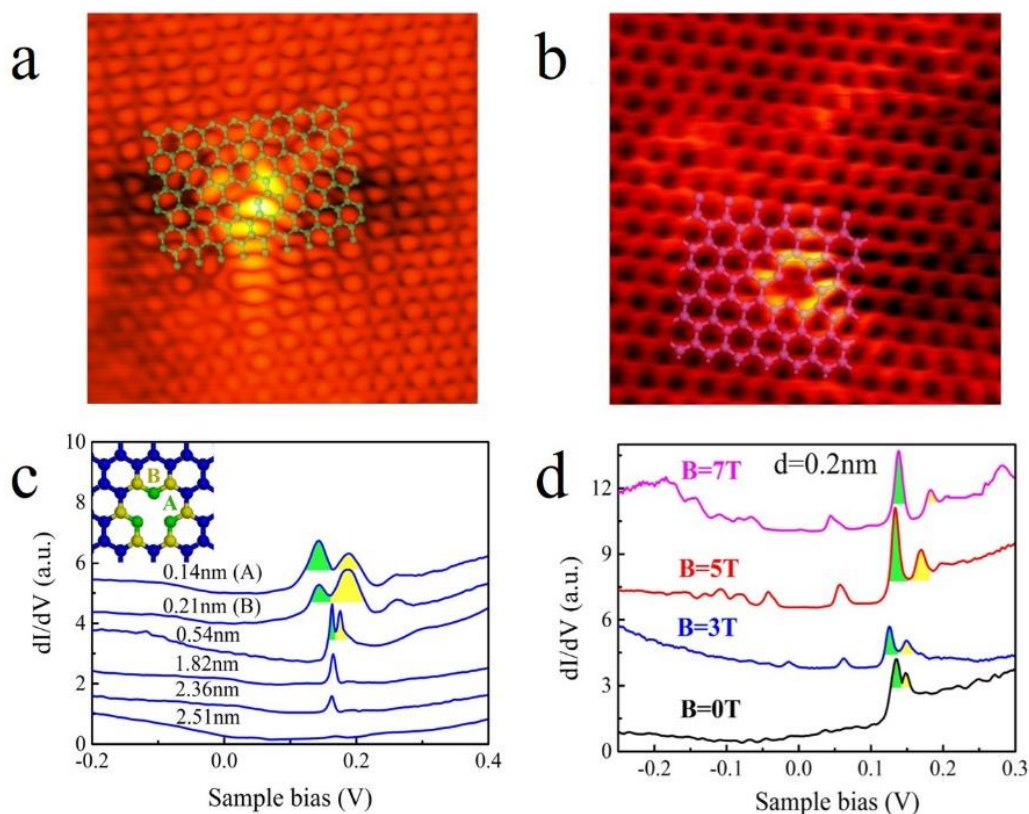


图 1. (a) 单原子空位缺陷在石墨烯表层的 STM 形貌图; (b) 单原子空位缺陷在石墨烯底层的 STM 形貌图; (c) 缺陷附近 STS 谱随位置的变化; (d) 缺陷附近 STS 谱随磁场的变化。

这项工作得到了国家自然科学基金委、科技部国家重点基础研究发展计划、中组部“万人计划”青年拔尖人才支持计划和北京师范大学的经费支持。

文章详细信息: Yu Zhang, Si-Yu Li, Hua-Qing Huang, Wen-Tian Li, Jia-Bin Qiao, Wen-Xiao Wang, Long-Jing Yin, Ke-Ke Bai, Wen-Hui Duan, and Lin He*, “Scanning tunneling microscopy of π magnetism of a single atomic vacancy in graphene”. *Phys. Rev. Lett.* **117**, 166801 (2016).

<http://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.117.166801>