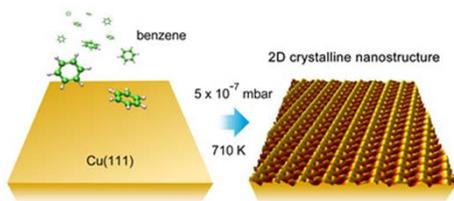


研究进展

制备二维碳基纳米结构获新进展

近日,合肥微尺度物质科学国家实验室单分子科学研究中心赵爱迪副教授和王兵教授等在制备新型二维碳基纳米结构方面取得新进展。相关研究成果已发表在英国皇家化学学会期刊《Nanoscale》上。



二维碳基纳米结构因其在量子、信息、光电和催化等领域的潜在应用受到广泛的重视,然而迄今为止绝大多数已经成功制备的二维碳基纳米结构都是由石墨烯材料衍生而来,因此,寻找和制备具有新的结构和性质的二维碳基纳米结构一直是物理、化学和材料领域内一个重要的研究目标。研究人员提出了一种新的基于超高真空的化学气相沉积方法,利用苯作为反应源,在铜单晶表面成功制备出一种新型的大面积、高度有序的二维碳基纳米结构。扫描隧道显微镜、X射线光电子能谱并结合第一性原理的理论计算表明这一二维碳基纳米结构由铜原子配合的聚苯链构成,并且表现出明显的半导体特性,有望被用于二维电子学器件。这一研究为进一步发展基于超高真空技术的新型二维有机纳米结构制备提供了研究基础。

半金属磁性材料的理论设计
取得新进展

近日,合肥微尺度物质科学国家实验室、化学与材料科学学院杨金龙教授研究组在寻找具有室温半金属磁性材料方面取得重要理论进展,使得制备可在常温环境下工作的自旋电子器件成为可能。此成果发表在美国化学会志。杨金龙教授研究组基于LaMnAsO和LaZnAsO两种已经存在的物质,设计了一种新的层状合金材料La(Mn_{0.5}Zn_{0.5})AsO。这是一种与传统“1111”型铁基超导体同构的反铁磁半导体材料。通过在该材料的[LaO]₂层进行电子掺杂(H/F/替换O²⁻元素)或者空穴掺杂(Ca²⁺/Sr²⁺替换La³⁺元素),可以诱导该材料从反铁磁半导体转变成铁磁半金属。理论预测新材料的居里温度可达600K(50%浓度H掺杂)与475K(25%浓度Ca掺杂),半金属能隙可达0.74eV。同时,该体系的准二维结构赋予材料极高的磁各向异性,其理论预测值比目前已获得的半金属材料高一至两个数量级。这一工作为制备具有室温半金属磁性材料指出了明确的方向,有望对自旋电子器件的研究与应用产生重要的影响。

软物质体系的Jamming研究
取得重要进展

合肥微尺度国家实验室、中科院软物质化学重点实验室和物理系的徐宁教授研究组通过长期的尝试和大量的统计计算,在Jammed固体屈服应力的计算和点J的临界性的研究中取得了重要进展。该研究的论文发表于《物理评论快报》[Phys. Rev. Lett. 112, 145502 (2014)],并被选为编辑推荐(Editor's Suggestion)的论文。

研究人员提出了一个类热力学函数焓的能量函数,可以通过最小化该函数来快速得到给定剪切应力作用下的固体。通过大量的统计,他们得出了在恒定剪切应力下寻找到Jammed固体的几率,并由此几率随剪切应力的变化给出了Jammed固体的平均屈服应力和其不确定度。由此方法确定出的Jammed固体屈服应力随体积分数的变化呈现出有限尺度效应,并满足有限尺度标度:在点J处屈服应力为零并存在发散的关联尺度,从而提供了点J临界性的又一有力证据。该关联尺度的标度指数并不仅仅适用于屈服应力,其它一系列在Jamming转变中呈现出临界标度的物理量都满足有限尺度标度,并且都有同样的关联尺度标度指数。此外,通过比较准静态剪切和文章所述新方法获得的剪切应力作用下的Jammed固体的性质,他们发现准静态剪切倾向于寻找势能低的固体态,这为获得超稳玻璃提供了一条简单可行的途径。审稿人评论说:“这是一项极有抱负的工作。吸引人的是,作者看来发现了一个真正可以象平衡体系中的热力学函数一样描述非平衡体系的函数。这是一个很重要的结果,将会极大地推进Jamming及非平衡态统计物理的研究。该方法很新,而且可能会开启剪切作用下的Jamming转变研究的新途径。”

石墨烯与硅烯中的量子反常霍尔效应
获得理论新突破

合肥微尺度物质科学国家实验室与物理系双聘教授乔振华研究组与校外同行合作在预言石墨烯和硅烯中的量子反常霍尔效应方面取得新突破,成果发表在国际权威物理学杂志《物理评论快报》上[Phys. Rev. Lett. 112, 106802 (2014); Phys. Rev. Lett. 112, 116404 (2014)],后者并入编辑推荐文章(Editor's Suggestions)。研究人员提出一种新的实验方案来实现量子反常霍尔效应:将石墨烯置于反铁磁绝缘体材料铁硼酸的铁磁面上。由于石墨烯与磁性原子间的近邻效应,石墨烯可以同时诱导出较强的外禀Rashba自旋轨道耦合作用以及更强的局域交换场,从而打开一个约为11.5K的量子反常霍尔效应能隙。此外,通过外加垂直应力来调节石墨烯与磁性衬底的间距,可以增强近邻效应从而使得其实验可实现温度达到40K以上。同时,从理论上发现,当内禀与外禀Rashba自旋轨道耦合作用同时存在时,其联合作用制造出一种新的谷极化的量子反常霍尔效应,即量子反常霍尔效应在不同谷点具有不同的贡献,从而使得该电子态同时具有量子反常霍尔效应和量子谷霍尔效应的特性。该项研究为将来设计低能耗的谷电子学器件提供了坚实的理论依据。

超冷原子量子模拟研究领域取得重要突破

最近,合肥微尺度物质科学国家实验室潘建伟教授及其同事陈帅等与清华大学翟荟小组合作,在超冷原子量子模拟研究领域取得重要突破,在超冷铷原子玻色气体中人工合成自旋-轨道耦合的基础上,首次在实验上成功确定自旋-轨道耦合玻色气体在有限温度下的相图。该实验成果以封面标题的形式发表在4月初出版的国际权威物理学杂志《自然·物理学》上,标志着我国在超冷原子量子模拟的这一重要实验领域占据了一席之地。

凝聚态物理中由于复杂的多体相互作用导致的强关联体系,例如高温超导、分数量子霍尔效应等等,很难直接得到求解,妨碍了人们对这类物理问题的深入理解和应用。基于超冷原子的量子模拟通过人工合成等效的量子体系,利用易于观测的超冷原子在等效体系中的演化来模拟传统强关联体系中复杂的电子行为,为人类对某些重大凝聚态物理机制的理解开辟了一条更直观的道路,在当前被认为是理解和解决诸多复杂物理系统和物理机理的最有力的手段。最近十余年来国际上超冷原子量子模拟实验研究的蓬勃发展充分地证明了这一点。

自旋-轨道耦合是很多重要物理现象的关键因素,例如原子中的精细结构以及近年发现的拓扑绝缘体等等。因此,对自旋-轨道耦合的研究和量子模拟也成为对这些现象深入理解以及进一步加以利用的有效手段。美国国家标准与技术研究院(NIST)的I. Spielman小组于2011年首先在实验上合成了自旋-轨道耦合的玻色-爱因斯坦凝聚体,并迅速成为人们关注和追踪研究的热点。随后在2012年,山西大学的张靖小组,麻省理工学院的M. Zwierlein小组和中国科大的潘建伟小组也分别在超冷费米子和玻色子的实验上实现了自旋-轨道耦合。

潘建伟、陈帅等首先利用拉曼耦合技术人工合成了自旋-轨道耦合的超冷铷原子玻色气体。通过改变系统温度,首次观察到了玻色-爱因斯坦凝聚体(BEC)的转变温度在自旋-轨道耦合作用下的变化;实验上确定了磁性平面波相BEC到非磁性条纹相BEC在非零温度下的相变曲线;并且还观察到在自旋-轨道耦合作用下,玻色气体磁性的产生与BEC转变温度下的一致性。他们在这些现象的基础上比较完整地描绘出有限温度下自旋-轨道耦合玻色气体的相图。他们的发现使人们能够更清楚地理解自旋-轨道耦合的玻色气体的基本特性,展现了超冷量子气体在相互作用效应和热力学效应的共同影响下所产生的丰富的物理内容,是超冷原子量子模拟的一项重要进展,充分显示出量子模拟的强大功能。

本科生戚骥等在石墨烯的光电调控方面做出突破性工作

近日,中国科学技术大学严济慈班09级本科生戚骥等人在合肥微尺度物质科学国家实验室曾长渝教授的指导下,在石墨烯的光电调控方面取得重要进展,利用光栅压调控放置在半导体表面的石墨烯的掺杂类型和载流子浓度,并实现电子超晶格,该研究成果以“Controlled ambipolar tuning and electronic superlattice fabrication of graphene via optical gating”为题发表在国际权威杂志Advanced Materials上,戚骥是第一作者,合肥微尺度物质科学国家实验室为第一单位。

石墨烯的载流子浓度调控非常重要,通常是通过电栅压或者化学掺杂来实现的。然而,电栅压调控需要绝缘介电层,而化学掺杂又缺乏简洁、有效的可调性。戚骥等人发现可以利用光栅压对放置在一般半导体表面的石墨烯实现载流子调控:半导体与石墨烯的界面通常存在Schottky电场,当入射光能量大于半导体能隙时,界面电场将使激发的电子空穴对分离,并驱动其中一种载流子在石墨烯积累,从而实现光栅压对载流子的调控。由于石墨烯只有单层而且本征载流子浓度很低,因此这种调控非常有效,通过改变光强可以使掺杂类型从p到n可逆转变。另一方面,对石墨烯载流子进行空间依赖的调控可以实现各种新奇的量子效应,如Klein隧穿,各向异性电输运等等。戚骥等人利用有周期长条孔洞的模板进行空间选择性的光栅压调控,从而实现了电子超晶格(比如p-p+超晶格)的制备。更为有趣的是,这种p-p+电子超晶格具有很强的运输各向异性:沿着超晶格方向,周期势垒数目越多电阻反而越小;而垂直于超晶格方向,电阻并不随着周期数的变化而改变。这种各向异性可能起源于p-p+界面载流子的非线性动力学效应。这一工作对于探索石墨烯的新奇性和发展基于石墨烯的光电器件提供了新的启示。