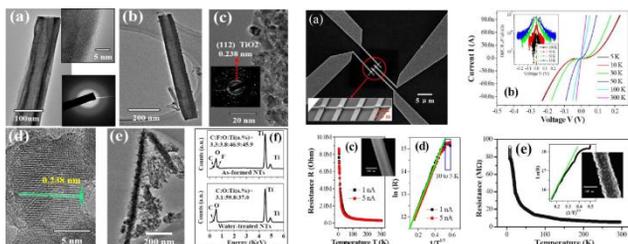


国内进展

水调制微结构对单根阳氧化TiO₂纳米管增强UV响应的影响

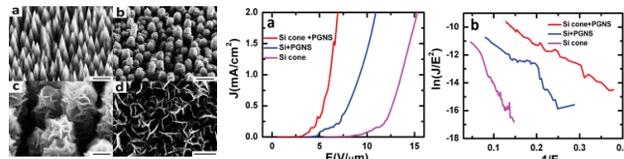
TiO₂ 是一种具有良好的化学稳定性和绿色环保性的半导体光催化材料。TiO₂ 纳米管以其较大的比表面积和特有形貌可有效增强其吸附能力和光催化性能，在光催化、生化传感以及太阳能电池中有着广泛的应用前景。利用阳极氧化法可在钛基底上制得分布均匀、排列整齐的TiO₂ 纳米管阵列，而且纳米管与金属钛导电基底直接相连，可直接用作光催化反应的工作电极。紫外光响应是阳极氧化钛显著的特征，但采用阳极氧化法直接制备的材料具有响应灵敏度较低以及恢复时间长等缺点。为克服这些不足，**哈尔滨工业大学的王强教授与中科院物理所微加工实验室**合作，通过水诱导的表面溶解，使纳米管表面进一步氧化并形成纳米晶，使原本光滑的TiO₂非晶表面变得粗糙，甚至呈海绵状。表面纳米晶颗粒的引入改变了阳极氧化TiO₂纳米管起初的电子输运机制，使对UV光响应的灵敏度从1.6提高到了21.7，并且不存在持续光电导，可用作高速、高灵敏紫外光电探测器。这一工作发表在**J. Phys. Chem. C 116 (2012) 16864**上。得到国家重点基础研究发展计划、国家自然科学基金委与科学院知识创新工程项目等的资助。



单根TiO₂ 纳米管水解前后的结构特性以及光电特性比较

少层石墨烯纳米片花簇状阵列的制备及其场发射特性

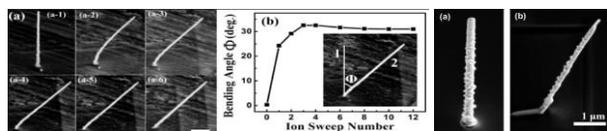
石墨烯是二维平面结构材料，有着很大的表面积和尖锐的边缘，非常有利于场致电子发射。当电场平行于石墨烯时，石墨烯边缘会有明显的电场增强。因此，生长出整齐、垂直的石墨烯成为发展石墨烯场发射体的关键。**中科院物理所微加工实验室的博士生李林**等人在硅纳米锥上生长了直立的少层石墨烯，形成少层石墨烯纳米片花簇状阵列，通过控制生长条件实现了对石墨烯形貌的控制。通过控制结构形貌，获得了优异的场发射特性，场增强因子高达3788。该结果发表在**Nanoscale 4 (2012) 6383**上，得到基金委和科学院等项目的资助。



Si锥上花形石墨烯纳米团簇分层结构及场发射特性

聚焦离子束辐照对铂纳米柱的三维形变操纵

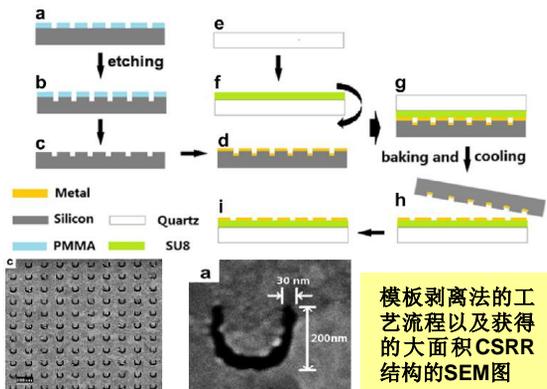
自支撑纳米结构是构建三维纳米器件的基本单元。通过离子束辐照对一维自支撑纳米结构进行生长后的弯曲塑性形变，可用来制备更为复杂的多种结构并实现功能化，如形成空间纳米点接触及互连线等。**中国科学院物理所微加工实验室的博士生崔阿娟**等人系统地研究了聚焦离子束辐照技术对铂纳米线的形变控制过程与规律。通过离子束辐照方向、扫描束流、扫描方式等参数的调制，可精确控制自支撑铂纳米线的弯曲方向和形变量。此外，可通过离子束辐照条件的控制，在形变过程中对纳米材料表面形貌进行修饰，如表面平整化，从而显示出该技术在构建三维纳米结构与器件方面的潜力和优势。该结果发表在**Microelectronic Engineering 98 (2012) 409**上。得到国家自然科学基金委及科学院相关项目的资助。



铂纳米柱在FIB辐照下的弯曲形变过程及表面平整化与尺寸缩减

模版剥离法制备SU-8胶上超光滑互补型开口谐振阵列

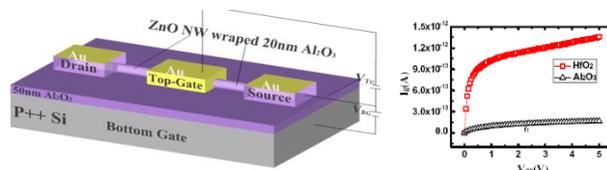
超材料是构成表面等离子器件的重要组成部分。表面等离子体的性质与金属/介质界面处的粗糙度有很大关系，例如光滑界面能够增加表面等离子体的传播长度。**物理所微加工实验室的博士生刘哲**等利用模版剥离法在SU-8胶上制备出了超光滑的互补型开口谐振阵列(CSRR)阵列超材料。利用传统光刻和刻蚀工艺在硅模板上制备出纳米尺寸的互补型开口谐振阵列后，在表面用蒸发法沉积一层金属，然后用表面涂有SU-8胶的衬底粘附在硅模板表面。通过优化前烘、曝光和后烘工艺以及模板图形刻蚀深度，金属结构能够大面积完美的剥离并粘附在SU-8表面。这是目前用模版剥离法制备的最小的中空金属结构，线宽在30nm左右。该结果发表在**Microelectronic Engineering 98 (2012) 363**上，得到国家重点基础研究发展计划、国家自然科学基金委与科学院知识创新工程项目等的资助。



模版剥离法的工艺流程以及获得的大面积CSRR结构的SEM图

高k栅介质层双栅ZnO纳米线场效应器件

ZnO纳米线场效应晶体管能耗小、读取速度快，应用前景广阔。研究表明，随着器件尺寸的逐步缩小，基于SiO₂ 薄膜栅介质层的场效应管，由于栅介质层漏电流过大而限制了其应用。鉴于此，**中科院物理所微加工实验室的博士生姚宗妮**等人，采用ALD技术生长了高性能Al₂O₃和HfO₂介质并制备了不同栅介质层的双栅ZnO纳米线场效应管。器件输出和转移特性测试结果表明Al₂O₃和HfO₂薄膜作为栅介质其性能远优于SiO₂薄膜；另外，与HfO₂相比，以Al₂O₃做为介质层制备的器件具有更小的漏电流，开关比高达10⁴。这项工作发表在**Microelectronic Engineering 98 (2012) 343**上，得到了国家自然科学基金委和科学院知识创新工程项目的资助。

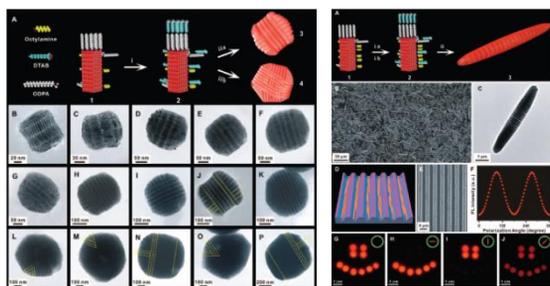


ZnO双栅场效应器件示意图及不同栅介质器件特性

国外进展

基于纳米棒的胶体超微粒的自组制备

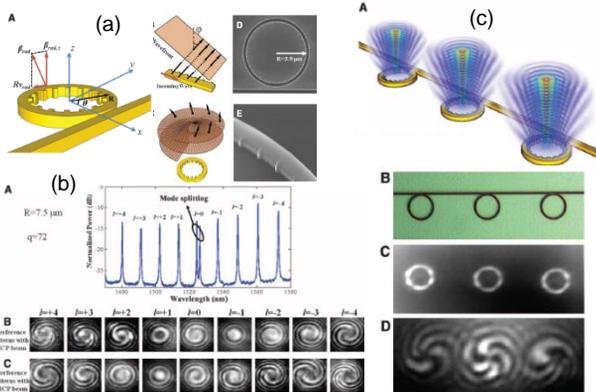
在自然存在的材料中,从宏观到微观的所有尺度范围内,化学键的定向相互作用决定了材料结构的复杂性和功能的特异性。人工纳米结构中,化学键间的定向接合与相互作用,可通过纳米粒子的各向异性,如形状和表面官能化来加以设计。由于各向异性纳米颗粒表现出依赖于形状的物理和化学性质,由这些纳米颗粒自组装形成的超材料结构具有许多奇异性能,如依赖于自旋的电子传输、振动一致性、电导率增强和连锁催化等。鉴于此,美国佛罗里达州立大学的T. Wang等,采用硒化镉-硫化镉核壳半导体纳米棒为前驱体,研究制备了基于各向异性驱动机制形成硒化镉-硫化镉自组装胶体超微粒的方法。所制备的三维超微粒具有多个边界清晰的超晶格畴,而针状超微粒则只有单个超晶格畴。其中,针状超微粒可单向排列,并进一步组装成厘米尺度均匀一致的自支撑聚合物薄膜。这一薄膜具有比单一的CdSe-CdS纳米棒更强的光致发光各向异性比,在高性能极化发光二极管应用中应用前景广阔。该成果发表在 *Science* 338 (2012) 358 上。



三维及针状超微粒制备模型、晶畴结构及阴极发光特性

集成紧凑型光学涡流光束发射器

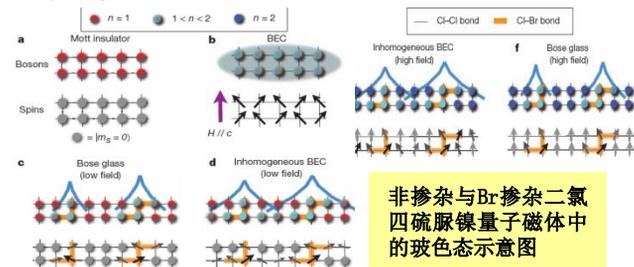
涡流 (optical vortex) 光束的光子具有轨道角动量 (OAM), 这一物理现象在光学显微镜、显微操作、真空通信和量子信息等诸多领域具有潜在的应用。目前,用于产生涡流光束?的技术包括在真空中将光束通过计算机生成的全息图、螺旋相位板、非均匀双折射元件、亚波长光栅和纳米天线等。与批量光学元件相比,光子集成在可靠性、小型化和可扩展性方面优势突出。光子集成中,结构紧凑、坚固、高效的平面波导OAM发射器和接收器是主要单元;这些单元可通过波导进行彼此间及与激光器和探测器间互连。最近,基于波导的移动设备已用于OAM光束的复用与解复用?,实现多通道光通信;但这类阵列波导结构尺寸大且相位敏感,无法进行大规模集成。鉴于此,英国布里斯托大学的X. Cai等,采用了圆形光谱振荡器,通过精确的设计,在硅衬底上制备了微米尺寸的光子波导轨道角动量器件。这一器件能发射矢量涡流光?,其OAM可精确的设计并量子化。他们制备了多个性能一致且能同时发射多束涡流光束?的器件,最小器件半径仅为3.9微米。这一实验结果与理论预测完全吻合,为硅基上光学涡流?发射器与互补金属氧化物半导体器件的大规模集成奠定了基础。该成果发表在 *Science* 338 (2012) 363 上。



集成紧凑型光学涡流光束发射器结构及发光特性

掺杂量子磁体中准粒子的玻色和莫特玻璃态

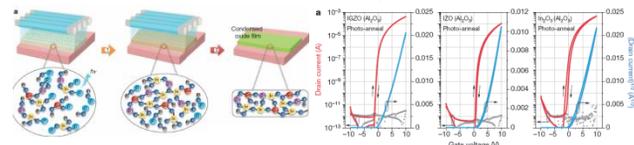
玻色-爱因斯坦凝聚(BEC)与超流特性是玻色子超流体低温态的显著宏观量子效应,这些效应在多种系统中已经获得了实验证实。玻色子相互作用过程中,无序性的引入可以破坏BEC,导致玻色玻璃(BG)的产生。但实验中,由于无法同时破坏其对称性并获得有限的能隙,BG的观察非常困难。鉴于此,美国休斯敦大学的Y. Ru等,通过对二氯四硫脲镍掺杂获得了掺杂量子磁体,并观测到了场诱导的磁性准粒子的BG态。实验中,位于磁场中的掺杂量子磁体物理上等效于grand canonical ensemble 中玻色子的晶格气(lattice gas)。溴掺杂导致了玻色子的跳跃和相互作用强度的无序性,使其局域化形成BG,在零场时成为一个不可压缩的莫特玻璃(Mott Glass)。他们发现从BG过渡到BEC的过程中,临界温度与所加外场之间严格遵守通用的指数关系,与理论预测完全吻合。这一研究为grand canonical ensemble系统中无序玻色子的定序实验研究提供了新的途径。该成果发表在 *Nature* 498 (2012) 379 上。



非掺杂与Br掺杂二氯四硫脲镍量子磁体中的玻色态示意图

常温光化学溶胶-凝胶薄膜上柔性金属氧化物器件的制备

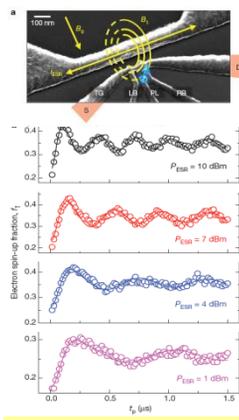
非晶金属氧化物半导体(MOS)具有很高的载流子迁移率,在有源矩阵器件、显示器以及传感器等领域应用广泛。但采用溶胶-凝胶法制备的此类材料需在较高的温度下退火处理,无法用于聚合物柔性衬底上电子器件的制备。鉴于此,韩国电子科技研究所的Y. Kim等人研究发展了基于深紫外诱导MOS薄膜制备技术。常温下,深紫外辐照可使薄膜有效的压缩密集化,可用于多种MOS材料的制备。基于这一方法制备的MOS器件在玻璃与聚合物衬底上的迁移率分别为14和7cm²V⁻¹s⁻¹;在聚合物衬底上制备的七阶环振荡器的谐振频率高达340kHz,每阶的传输延迟低于210ns。该成果发表在 *Nature* 498 (2012) 128 上。



常温光化学诱导的溶胶-凝胶MOS材料的压缩密集化及其电学特性

硅中单原子电子自旋比特

单原子是原型量子体系,是量子比特的自然候选者。在电磁陷阱中,原子已成功地用于量子信息的存储与计算。固态量子器件可进行少量的量子调控也可进行大量的量子计算处理。连续的量子自旋调控在GaAs与Si的双量子点结构中已实现。但目前怎样将原子态自旋比特内在的优点与人工设计加工的纳米材料的电测试功能有效的结合发挥,还存在巨大的挑战。澳大利亚新南威尔士大学的J. Pla等通过电子自旋共振驱动拉比震荡,实现了对体硅中掺杂的磷原子的单个电子自旋的连续调控,哈恩回波脉冲序测量显示自旋连续时间超过200微秒,这一参数在Si同位素掺杂的硅中应更长。文章采用的技术与现代IC技术兼容,硅中单个磷原子的电子自旋将成为未来量子计算机构建的有效平台。该成果发表在 *Nature* 498 (2012) 541 上。



比特器件及其拉比震荡