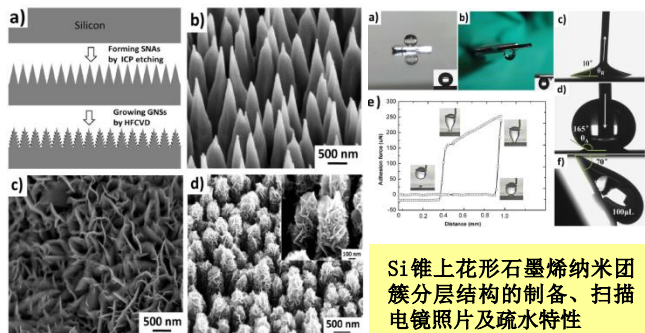


国内进展

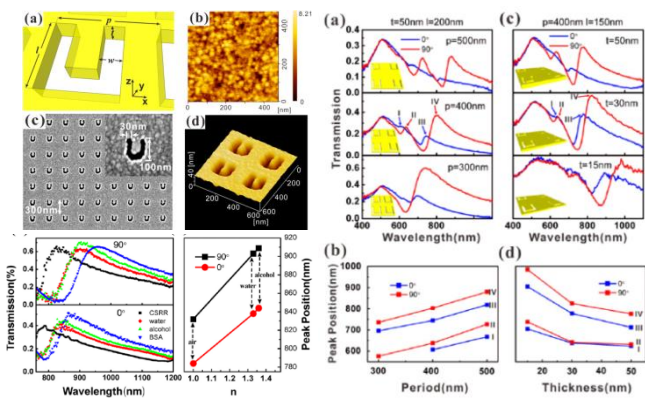
花形石墨烯纳米团簇的制备及超强粘附特性

自然界中，有两种奇特的粘滞现象：植物中，如玫瑰花，能将水滴以圆球形悬挂在其花瓣上；动物中，如壁虎，其脚能选择性的在峭壁上爬行，支撑远比自身重量大的物件。为理解“玫瑰花瓣效应”，人们已采用了多种手段与途径，包括表面粗糙化，制备混合材料微结构以及引入化学缺陷等。虽然机制问题还没有完全弄清，但研究表明，表面微纳结构可具有超高的粘附性，可为生物学研究与应用提供更多的契机。鉴于此，**中科院物理所微加工实验室的博士生田士兵**等人，设计生长了以Si纳米锥阵列为主体的花形石墨烯纳米团簇，具有很强的超疏水性能，其疏水接触角可高达164°，滞后接触角为150°。对5毫升水滴的粘滞力，首次高达254微牛顿。实验证明，综合利用石墨烯丰富的边缘结构以及锥形Si载体的纳米结构，制备的花形石墨烯结构具有比石墨烯体材料优越的本征疏水特性。这一研究为理解壁虎的脚与玫瑰花瓣的表面微纳结构的超强粘附性机制，及石墨烯水浸润性应用研究提供了新的方法。该成果发表在**Sci. Rep. 2 (2012) 511**上。得到国家自然科学基金委、国家基础研究计划以及中科院等项目的资助。



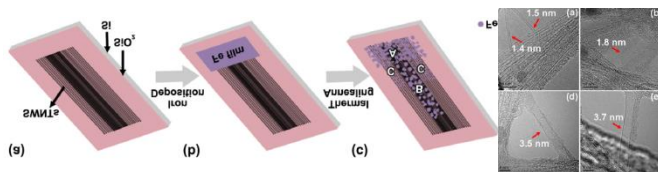
纳米尺度互补环超材料结构可见光透射响应特性及传感应用研究

从可见到近红外波段，等离激元光学器件在生物传感探测方面具有非标识、无接触损害、测试速度快等突出特点。传播表面等离激元与局域化表面等离激元均可用作光学传感器件。其中，在局域化表面等离激元结构中，震荡条件与电子的运动密切相关；因此可通过纳米结构的尺寸与形状来调制其传感特性并实现性能优化。**中科院物理所微加工实验室的博士生刘哲**等，采用电子束光刻等相关工艺，制备了单元长度为100nm，间隙为30nm的互补型劈裂环左手材料结构，展示出极好的光学与传感特性的可调制性，并具有外场调控的潜力。该工作发表在**Nanotechnology 23 (2012) 275503**上，得到国家自然科学基金计划，国家自然科学基金委及中科院知识创新工程等项目资助。



石墨烯纳米带径向呼吸模式的观测

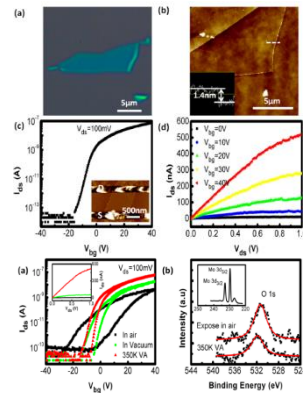
石墨烯纳米带在纳米电子器件与自旋电子器件上具有潜在的应用，在理论与实验研究中均吸引了广泛的研究兴趣，包括石墨烯纳米带的有效可控制备。最近，**国家纳米中心孙连峰研究员课题组与物理所微加工实验室**合作，研究了将单壁碳纳米管转换成石墨烯纳米带的方法，其步骤包括SWCNT端壁处Fe膜的沉积及通过热退火处理后，铁原子发生轴向位移，在氩气与氢气氛围中，通过碳催化氢化使SWCNT平面化，形成石墨烯带。拉曼谱与理论研究证明转化后的石墨烯纳米带具有与单壁碳纳米管相似的径向呼吸模式，为石墨烯-单壁碳纳米管异质结器件的制备提供了新方法。该工作发表在**Appl. Phys. Lett. 100, (2011) 101904**上，得到国家自然科学基金委等项目资助。



基于SWCNT的石墨烯纳米带的制备过程及透射电镜照片

背栅双层膜MoS₂场效应晶体管电学特性及周围环境对性能的影响

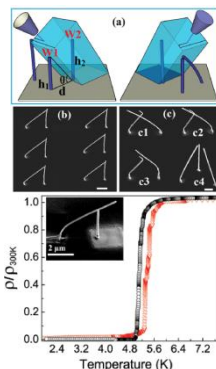
石墨烯具有很高的载流子迁移率与截止频率，然而带隙的产生需将其加工成纳米带状且载流子迁移率会随之降低。层状过渡金属二硫化物，如MoS₂，具有1.1-2 eV的带隙，无悬挂键，是制备极限尺寸等比缩放晶体管器件的极佳沟道材料。**南京大学的邱浩等与中科院物理所微加工实验室**合作，采用光学光刻等相关工艺，制备了双层膜MoS₂场效应晶体管，器件具有高达10⁷的开关比。在水蒸气与大气环境中，开启电流有两个数量级的降低，但通过真空退火处理，特性可有效恢复。该工作发表在**Appl. Phys. Lett. 100 (2012) 123104**上，得到科技部重大研究计划及国家自然科学基金委相关项目的资助。



背栅双层膜MoS₂场效应晶体管及其电学特性

聚焦离子束构建自支撑超导三维纳米结构

三维纳米结构与器件可具有比平面结构与器件更优越的性能，并实现平面器件无法实现的功能，如集成有超导三维探测线圈的超导量子干涉器件，可测与之垂直和平行的两个方向的磁信号。聚焦离子束具有纳米尺度定点定位的三维加工功能，可进行图像观测、材料去除以及生长，广泛应用于纳米图形加工与纳米器件制备。最近，**物理所微加工实验室的博士生崔阿娟**等，发展了一种基于聚焦离子束辐照诱导的三维纳米操纵技术，即通过离子束辐照，使自支撑超导一维钨纳米线发生塑性形变，形成空间三维纳米结构的方法。这一技术具有很好的可控性与可设计性，并对钨纳米线的性能没有明显影响，为超导三维纳米器件的构建、纳米材料与结构的物性研究提供了新方法。该工作发表在**Appl. Phys. Lett. 100 (2012) 143106**上，得到国家自然科学基金及中国科学院等相关项目的资助。

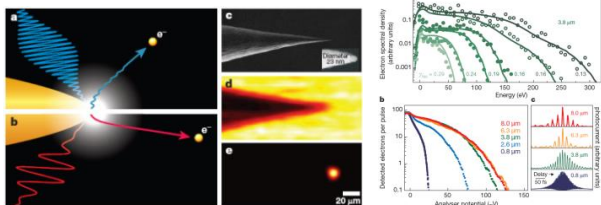


超导三维纳米结构的构建及超导特性

国外进展

纳米结构中驱动的光电子淬灭

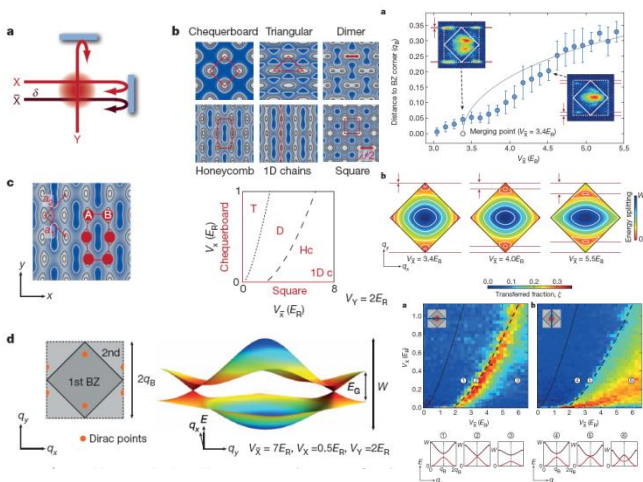
在强场物理以及光与物质的相互作用的极限研究中，人们多以原子和分子为研究对象。随着纳米科技的发展，这些领域的研究不断的渗透到以纳米结构为对象的研究中。纳米结构同时具有局部场增强和亚波长光域的特点。空间限域可以产生动态强场，但这一效应只存在于纳米结构中。非气态物质中空间限域动态强场的观测需要采用强光照射密集材料，会产生多体效应并存在被辐照材料的损伤。为克服这些不足，德国Göttingen大学的 G. Herink等人，发展了一种非破坏性方法，即在等离激元纳米针尖固态结构中，采用几个周期的中红外脉冲，研究了单个纳米结构中强场下的光电发射与电子加速特性。发现在广泛的光谱范围，电子具有数百电子伏特的动能。并观察到在动态强场下，可以用空间绝热参数描述一个新的跃迁过渡区域。这些结果为飞秒和阿秒时间尺度上操纵和控制电子动态过程，研究与之相结合的近场光学以及纳米显微学提供了新的自由度。该成果发表在 *Nature* 483 (2012) 190 上。



纳米针尖超短中红外波段的电子发射及光电特性

可调峰巢光子晶体结构中狄拉克点的产生、移动与合并

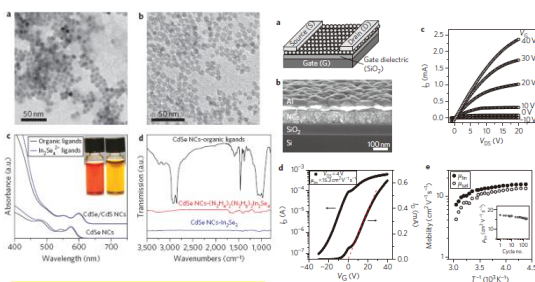
狄拉克点是凝聚态物理中诸多效应与现象研究的重点与中心。某些固体的电子结构使它们表现出狄拉克点。例如，在石墨烯中，它们使电子的行为就像狄拉克费米子一样，能够以光速运动。在传统固体中，材料的电子结构是无法改变的，所以难以看到狄拉克费米子的性质是怎样被控制的。为了避免这种局限性，瑞士苏黎世大学的 L. Tarruell等在一个可调节的蜂巢式光晶格中创建了一个由超冷量子气体组成的可调系统，其中原子扮演电子的角色。通过动量矩带间跃迁分析，研究了布里渊区内狄拉克点处的带隙。并研究了通过晶格势垒的调制破坏反对称结构来改变狄拉克费米子有效质量的途径。此外，还可通过晶格各向异性的改变来设计布里渊区内狄拉克点的位置，发现当晶格各向异性达到一临界值时，两个狄拉克点会合并湮灭。这种通过晶格结构调制狄拉克点的位置，移动和合并的途径为拓朴绝缘体和石墨烯等奇异材料的物理学问题研究提供了新方法。该成果发表在 *Nature* 483 (2012) 302 上。



几何结构可调的光子晶体结构、狄拉克点的运动及拓朴绝缘转变

全无机纳米晶阵列中的高电子迁移率、高光电导及类能带电输运特性

纳米晶颗粒在固态照明、光伏器件等方面有着广泛的应用前景，而这些应用都要求材料具备有效电荷输运机制和较高的载流子迁移率。纳米晶颗粒之间的电导需要电荷在单体纳米晶颗粒之间完成，这强烈依赖于电荷在纳米晶颗粒介质间的透穿率。美国芝加哥大学纳米材料研究中心 Jong-Soo Lee等人利用溶胶凝胶法制备出了表面包裹有极性分子基团 $\text{In}_2\text{Se}_4^{2-}$ 的硒化镉纳米晶颗粒薄膜，其迁移率可达 $16\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 。这大约比用溶液处理过的有机纳米晶颗粒的迁移率高出一个数量级。此工艺不需要高温，适合于多种纳米晶材料的生长与表面功能化，具有很强的实际应同价值。该成果发表在 *Nature Nanotechnology* 6 (2011) 348 上。

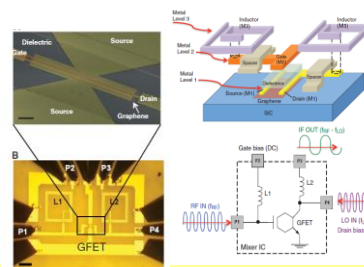


InSe包裹的CdSe、CdSe/CdS纳米颗粒及器件特性

晶片规模石墨烯集成电路

形态上为六方点阵层状结构的石墨烯具有高的载流子迁移率，在未来高速电子器件以及无线射频器件中具有广泛的应用前景。这一目的的实现，离不开大面积石墨烯的有效合成以及自上而下的二维平面器件结构的可靠制备技术。鉴此，美国哥伦比亚大学 Yu-Ming Lin 等人利用电子束曝光

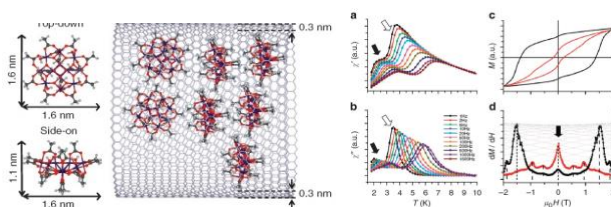
技术制备出晶片规模的石墨烯集成电路，即将石墨烯场效应晶体管和感应器集成在单片 SiC 衬底上，实现了可达 10 千兆赫兹的宽频带射频混合。并且该石墨烯集成电路在 300K-400K 之间展现了良好的热稳定性。这将引领石墨烯器件向更多功能化应用的发展。该成果发表在 *Science* 332 (2011) 1294 上。



石墨烯四端射频混合器电路与结构图

碳纳米管单分子磁体封装

新一代电子、光子与自旋电子器件的构筑将以量子点、孤立自旋中心或单分子磁体这样的纳米功能结构的成功研究为前提。获得这些结构的首要难点是怎样将纳米结构耦合到宏观世界中。碳纳米管具有优越的物理、化学、机械以及结构尺寸特性，是实现宏观和微观耦合的首选材料。英国诺丁汉大学的 M. C. Giménez-López 等，通过非共价相互作用，选用超临界 CO_2 做载气，在 40°C 的反应釜中反应 20 小时后，成功地将单分子磁体封装在碳纳米管中，制备出新颖的混合结构。测试表明碳纳米管和单分子磁体的特性能很好的结合；同时封装并没有改变单分子磁体的磁性。这为未来的自旋电子或超高浓度磁数据存储器件的构建打下了坚实的基础。该成果发表在 *Nature Communicatin*, 3 (2011) 1415 上。



碳纳米管中单分子磁体 Mn12Ac@GTMWNT 结构及磁学性质