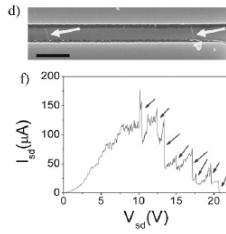


## 国内进展

### B/N共掺杂实现单壁碳纳米管由金属性向半导体性的转变

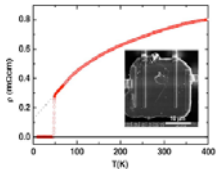
利用单壁碳纳米管作为半导体分子线的特殊结构构筑高性能的纳米器件引起人们的广泛兴趣。但是由于合成的单壁碳纳米管的金属性和半导体性共存的普遍现象，所以很难直接用来构筑场效应晶体管。中科院物理所表面实验室白雪冬研究员小组的许智博士与微加工实验室合作，通过在单壁碳纳米管生长过程中的B/N共掺杂技术，实现的BCN—SWNT结构表现出纯半导体的性质，并采用该材料结合电子束光刻技术制作出场效应晶体管。第一性原理计算结果表明：由于B/N共掺杂的作用，单壁碳纳米管的电子结构发生了由金属性向半导体性的转变。这为今后采用单壁碳纳米管制作电子器件奠定了基础。该结果发表在 *Advanced Materials* 20(2008)3615上，得到科技部、基金委和科学院的资助。



BCN—SWNT  
构筑的FET及  
I—V特性

### NdFeAsO<sub>0.82</sub>F<sub>0.18</sub>单晶的临界场和各向异性

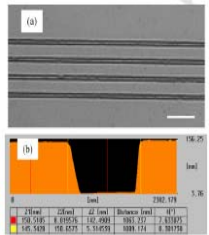
近来铁基超导体引起了人们浓厚的兴趣，相继在电子型和空穴型掺杂材料中发现了超导电性。但目前大量的实验测量结果都是基于多晶样品，对单晶材料超导电性的测量有助于我们了解它的本征性质，因此非常重要。中科院物理所超导实验室闻海虎研究员小组的贾颖博士与微加工实验室合作，采用聚焦粒子束技术在铁基超导材料单晶上面实现了测量电极的制作，测量数据表明它的各向异性明显小于理论计算的结果，并研究了其临界场特性，表明该材料适合作为新超导体而实现应用。该结果发表在 *Appl. Phys. Lett.*, 93(2008)032503上，得到科技部、基金委和科学院的资助。



铁基超导体单晶样品及测量电极结构

### 微流体通道中DNA溶液的形态研究

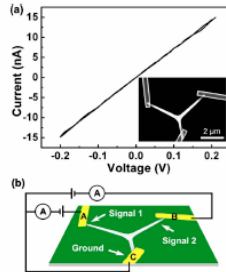
微纳流体通道在生物物理和生物化学研究领域是一个重要的工具，同封闭的通道相比，一个开放的微纳流体通道具有明显的有事，有利于获得更丰富的生物分子信息。深圳大学的王凯歌博士与物理所微加工实验室合作，利用FIB技术在氮化硅绝缘衬底上制作出宽度1微米、深度150纳米的开放为通道，采用AFM非接触测量方法，研究了DNA溶液在微流通道中的形态，结果发现在DNA溶液表面下15纳米深度的位置出现一个均匀的纳米沟，这一现象与靠近溶液表面的近邻DNA分子的展开相关，这为未来微纳流体器件的设计和DNA分子的操控提供了有价值的信息。该成果发表在 *Micron* 39(2008)481上，得到基金委和国家纳米中心的资助。



微流体通道表面SEM及截面AFM

### 分立四足ZnO传感器的O敏感特性

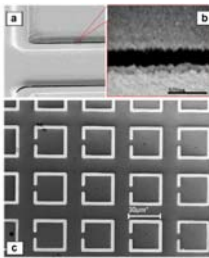
作为氧化锌典型纳米结构的四足氧化锌，其电学与光学等物理性质的研究引起了人们广泛关注，但由于受电极制作技术的限制，对单个四足氧化锌纳米结构气敏特性的研究还较少报导。国家纳米科学中心孙连峰研究员与物理所微加工实验室合作，采用气相转移方法制备出四足氧化锌纳米结构，利用电子束光刻技术在分立的单个四足氧化锌上制作出多端的器件结构，通过水的前吸附，研究了其对氧的敏感增强特性，获得了明显缩短的响应时间，表明适当气体的前吸附处理可以明显改进传感器的灵敏度，提高传感器的性能。该结果发表在 *Appl. Phys. Lett.*, 92(2008)213116上，得到科技部、基金委和科学院的资助。



单个四足氧化锌的器件结构

### 利用双层光刻胶工艺制备太拉赫兹人工超材料

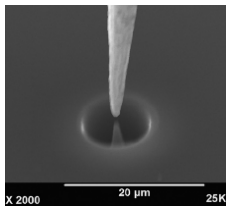
由于太拉赫兹 (THz) 波段的电磁波在传感、探测等方面的巨大应用潜力，在该波段的人工超材料研究具有重要意义。但传统的曝光、溶脱工艺不能保证高质量太拉赫兹人工超材料的制备。中国科学院物理研究所微加工实验室的夏晓翔等人，利用紫外曝光系统和S1813/LOR双层胶显影、溶脱技术，制备出高质量的太拉赫兹人工超材料，并系统地完善了整个工艺过程的条件优化。这项工作为太拉赫兹人工超材料的进一步研究提供了扎实的工艺基础，同时也为其他通过紫外曝光溶脱的小尺寸图形的制备提供了新的方法。这项工作发表在 *Microelectronic Engineering* 85 (2008) 1433上，得到科技部、基金委和科学院的资助。



利用双层胶实现 undercut结构和MMs的SEM照片

### 单个纳米氮化铝锥的局域场发射特性

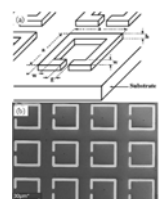
氮化铝由于其具有负的电子亲和势，良好的化学稳定性和热稳定性，因而成为一个重要的场发射冷阴极材料。中国科学院物理研究所微加工实验室的李云龙等人利用聚焦离子束系统在氮化铝薄膜上刻蚀出具有不同尖端半径的氮化铝纳米锥，并对其场发射特性进行了测量，测量结果表明氮化铝纳米锥的电子发射特性随着尖端半径的减小而增强，通过对具有相同尖端半径的氮化铝纳米锥和硅纳米锥进行比较，得出氮化铝纳米锥有更好的场发射特性。该成果发表在 *Applied Surface Science* 254 (2008) 4840上，得到科技部、基金委和科学院的资助。



单根氮化铝纳米锥的场发射特性

### 组成材料对太拉赫兹人工超材料的影响

具有特异电磁传播特性的人工超材料是当前研究的一大热点，但之前的研究大都集中在如何通过改变超材料几何结构和尺寸来控制其特殊电磁传播特性。中国科学院物理研究所微加工实验室的夏晓翔等人与光物理实验室汪力研究员小组合作，利用改进的双层胶紫外光刻、热蒸发镀膜及溶脱技术，制备了由不同金属及衬底材料组成，在太拉赫兹频段具有磁响应的人工超材料，利用太拉赫兹时域频谱仪获取样品透射谱，研究了材料的改变对其磁响应的影响，并提出新的响应模型，证实了利用材料的组合来控制组合材料电磁特性的可能。这项成果发表在 *JOURNAL OF APPLIED PHYSICS*, 104 (2008) 033505上，得到科技部、基金委和科学院的资助。

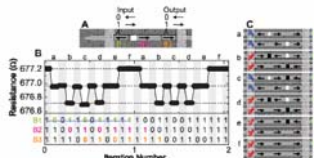


由不同衬底和金属材料制作的THz超材料

# 国外进展

## 电流控制的磁畴壁纳米线移位寄存器

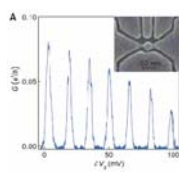
近几十年来,利用畴壁的移动进行信息的存储成为人们关注的热点,而自旋极化电流控制磁畴壁移动的特性推动了利用畴壁的移动制作非挥发的存储器。采用坡莫合金纳米线,美国IBM Almaden研究中心M. Hayashi等人利用纳秒长的自旋极化电流脉冲成功的实现了畴壁的移动产生、移动和探测,该研究结果证明了利用自旋矩移动封闭空间磁畴实现磁移位寄存器的基本概念,也为利用电流控制畴壁实现逻辑电路提供了可能。该成果发表在 **Science, 320(2008) 211** 页上。



利用自旋极化电流推动磁畴移动实现的三位间接磁畴移位寄存器示意图

## 单层石墨量子点中的不规则的狄拉克电子

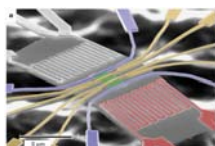
在单层石墨的研究工作中,其作为纳米尺度的电子电路材料受到人们极大的关注,而以往的大部分研究主要集中在单层石墨纳米带上。美国曼彻斯特大学的L.A. Ponomarenko等人利用电子束曝光及氧气反应离子刻蚀的方法制作了完全由单层石墨构成的量子点器件并对其电输运性质进行了表征,研究发现当量子点的尺寸大于100nm时,该量子点器件表现出传统单电子晶体管的性质,具有周期的库仑阻塞峰,而当量子点的尺寸小于100nm时,则表现为一个量子受限体系,具有非周期的库仑阻塞峰。而该器件在1纳米宽时,也具有晶体管的性质,具有好的导电性。该成果发表在 **Science, 320(2008) 356** 页上。



制作得到的量子点器件及尺寸为250nm量子点器件在0.3K时的电输运测量结果

## 硅纳米线—高效的热电材料

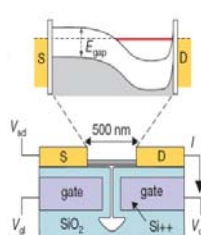
热电材料可以实现热梯度与电场的相互转换,用于发电或致冷,但是由于其效率有限,目前的应用还很少。制作纳米结构的材料,使其维度小于声子的平均自由程,但仍大于电子和空穴的平均自由程,从而使其热导率降低而电导率不变,将会提高材料的热电性能。美国加州理工学院的Akram I. Boukai等人通过超晶格纳米线图形转移(SNAP)方法制作了线宽可精确控制的硅纳米线阵列,利用电子束曝光等技术制作了测试电极,研究了其热电性能。通过变化纳米线的宽度和掺杂浓度,其热电性能相对于体硅材料提高了约100倍,塞贝克系数、电导率、热导率的测量结果和理论分析表明,其热效率的提高源于声子散射效应。该成果发表在 **Nature 451(2008)168** 上。



硅纳米线阵列的热电性能测试结构

## 碳纳米管中电子的自旋和轨道运动耦合

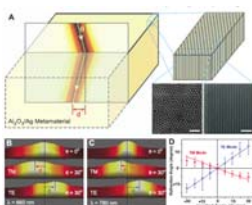
由于碳基系统中电子的自旋-轨道相互作用很弱,并且12C原子没有核自旋,电子自旋相干时间极长,因而在自旋量子比特和自旋电子学等方面有着潜在的应用。对于无缺陷的碳纳米管,人们普遍认为其电子态是四重简并的,具有独立的自旋和轨道对称性,并且具有电子-空穴对称性。美国康奈尔大学的F. Kuemmeth等人利用电子束曝光和刻蚀等手段制作的碳纳米管器件,通过两个门电极的调制,在碳纳米管中产生一个量子点,直接测量了本征电子谱,结果表明碳纳米管中电子的自旋和轨道运动存在耦合,破坏了四重对称性和电子-空穴对称性,这对于碳基系统在自旋应用方面具有重要意义。该成果发表在 **Nature 452(2008)448** 上。



碳纳米管量子点器件

## 氧化铝/银纳米线结构的光频负折射超材料

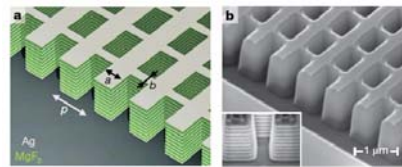
负折射材料是具有奇异的负折射率特性的一种人工超材料。由于实现负折射需要材料的有效磁导率和介电常数同时为负,在高频极难实现;此外,通常在太拉赫兹以上频率的负折射材料或超材料由于工艺限制,往往都是采用平面图形结构。加州大学伯克利分校的Jie Yao等人通过阳极氧化铝电镀方法制备的金属银柱(直径60nm 周期110nm)体结构,并用FIB在其上端银金属层(250nm)上刻出一条一微米宽的隙缝,波长分别为660nm和780nm的激光在不同偏振方向及入射角的情形下从隙缝入射,并利用扫描锥形光纤在底部获取透射的电磁波强度分布,并证实了TM偏振下产生的负折射效应。这项成果发表在 **SCIENCE, 321(2008) 930** 上。



在可见光波段实现负折射的超材料

## 三维近红外负折射超材料

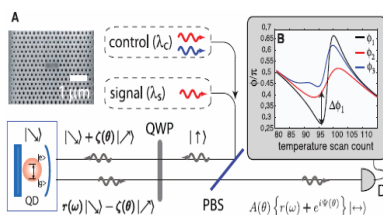
具有负折射率的高频超材料的证实一直是当前人工超材料研究中的一个重大目标。近日,加州大学伯克利分校的J. Valentine等人利用FIB刻蚀技术制备的最多达21层的多层MgF2/Ag渔网状的人工超材料,采用垂直入射并利用CCD探头收集透射强度分布的方法,证实了在1200nm波长的入射条件下,复合材料的折射率仍在0.6左右,当入射波长变长时,其折射率下降,并在1475nm左右变为0,当入射电磁波波波长继续变大时转为负值,成功且直观地证实了材料具有了负折射特性。这项成果发表在 **NATURE, 445(2008) 376** 上。



在近红外实现负折射的渔网状结构超材料

## 利用单量子点控制相位移动

光学非线性在量子信号处理,量子无损耦合和光子信号处理等领域处于核心地位。最近,美国斯坦福大学的Ilya Fushman等人利用包含InAs量子点的有三孔缺陷的光子晶体结构,利用耦合于光子晶体纳米谐振腔的单量子点对两种模式的单光子的相位及振幅实现了调制。这种光子晶体结构是利用聚焦离子束刻蚀的方法在硅基底上实现的。这项研究为量子逻辑器件与量子无损测量的芯片集成化提供了基础。这项工作发表在 **Science 320(2008) 769** 上。



包含三缺陷和InAs量子点的光子晶体结构及探测光路、相位随量子点温度变化曲线