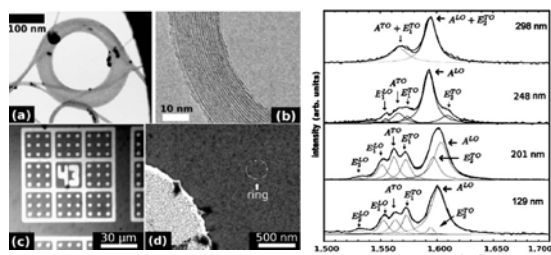


国内进展

CNT环形结构中附加曲率引起的拉曼分裂

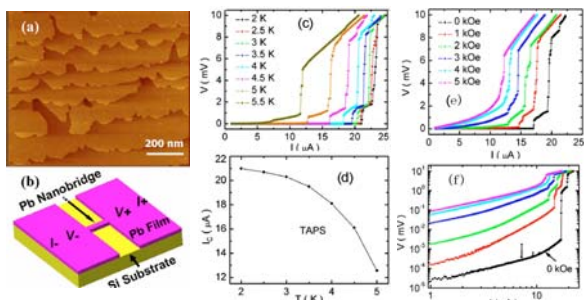
近年来，碳纳米管在应力作用下的物理特性引起了广泛的研究兴趣。但大多数研究所关注的是应力导致的拉曼频谱位移，而应力引起的能带结构的具体变化及其对拉曼光谱的影响并不清楚。中科院物理所先进材料实验室的周维亚研究员小组与国家纳米中心孙连峰研究员和物理所微加工实验室合作，实现了碳纳米管环形结构的可控生长与标识探测，研究了单个结构的G带分裂性质。由于在直的碳纳米管中存在基于切向量子限域的声子散射，G带频率存在位移现象。而本研究中组成环的碳纳米管直径在1-2 nm范围，由声子散射引起的频率变化不明显；所以，与纳米管不同，环形结构的拉曼峰的中心频率值与环的直径无关。该研究还发现，随着环直径的变化，拉曼峰分裂成多个峰，并且峰强度与环的直径密切相关。拉曼峰的强度取决于光跃迁几率与光-声耦合。在直的纳米管中，光-声耦合占优势；而在环形结构中，由于其形状各向同性，反极化效应相对要弱一些，同时，拉伸与压缩两种应力共存，而且其幅度沿环的直径方向是变化的，这些曲率变化会改变环形结构的电子结构特性，使之倾向于垂直光极化。因此，环形结构的 $E_1(E_{1g})$ 与 $E_2(E_{2g})$ 的强度较相应的纳米管的值有所增加。该成果发表在**Phys. Rev. B 80 (2009) 113412**上，得到国家973国家重点基础研究和中科院知识创新工程资助。



碳纳米管环形结构及其与环直径相关的拉曼光谱特征

超薄超导单晶Pb纳米桥中的耗散

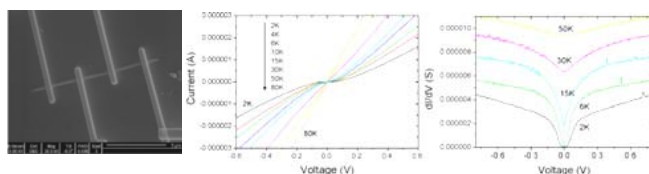
当超薄薄膜的厚度或纳米线的直径小于Ginsburg-Landau 相位连续长度或磁渗透深度时，薄膜与纳米线将呈现准二维或准一维超导特性。对于一维纳米线，当测试温度靠近或低于其超导临界转变温度时，由于热激发相位分裂 (TAPS) 或量子相位分裂 (QPS)，电阻值不再为零，即存在非零耗散。中科院物理所表面实验室的王健博士与清华大学薛其坤院士和微加工实验室合作，借助聚焦离子束系统，在Si衬底上制作了超薄单晶Pb纳米桥结构。该研究发现在温度低于4 K时，此结构的V-I曲线呈幂指数关系，且幂指数与测试温度密切相关。这一现象与量子相位分裂模型一致。当温度稍高于4 K且电流低于临界电流时，由于热激发产生的相位分裂，V-I幂指数现象减弱，在低流端表现为欧姆特性。这些结果表明单晶Pb不仅为超导尺寸效应的研究提供了新的途径，而且为超导器件在传统硅片上的集成提供了新的契机。该结果发表在**J. Appl. Phys. 106 (2009) 034301**上，得到基金委，教育部和Penn Sate MRSEC 的资助。



Pb单晶与超薄纳米桥结构图及其超导特性曲线

分离PEDOT纳米线的电学特性

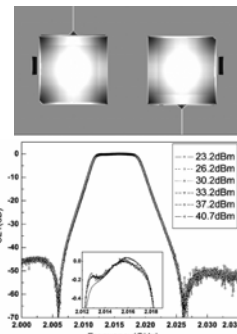
聚3, 4-乙烯基二氧噻吩(PEDOT)化学性质稳定，具有高电导率及高空穴注入效率，在场发射、有机场效应晶体管、电致变色显示等领域应用前景较好。青岛大学的龙云泽教授与中科院物理所微加工实验室合作，通过对分离PEDOT纳米线与温度相关的电学特性的测试发现：在接近零偏压时，由于费米能级附近不同的局域化中心的电子间的库伦相互作用，与偏压相关的电导谱线具有最小值；同时这些纳米线具有半导体材料的电阻温度特性，并且在低温下电阻率对外加偏压有较强的依赖性；另外，由于低温与高场导致电子波函数收缩，分离PEDOT纳米线的磁阻随着温度的降低或外加磁场的上升而增加。这项工作发表在**Polym. Adv. Technol. 20 (2009) 541**上。



分离PEDOT纳米线的四端结构图及与温度和偏压相关的电学特性

高功率容量窄带双模高温超导块状滤波器

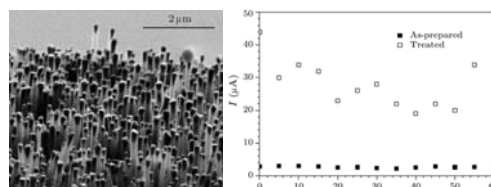
HTS微波平面滤波器在移动通讯及雷达系统中应用广泛。但受低功率使用容量的限制，大多数平面滤波器只能用作前端接收器。HTS滤波器的功率使用容量取决于材料的质量、器件几何结构及电流密度的分布。中科院物理所豫生研究员领导的课题组与微加工实验室合作，设计了4极双模块状滤波器。此设计通过器件几何参数来有效的调整各模式间的耦合，优化器件性能。采用光刻与离子束刻蚀技术，制作了YBCO滤波器。此自主设计制作的器件的中心频率高达2.015GHz，带宽系数小于0.35%；同时此滤波器可耐高达11.7W的输入功率容量。该结果发表在**IEEE Microwave and Wireless Components Letters 19 (2009) 449**上。



块状滤波器的电流密度分布模拟及功率响应特性测试

氯化锂溶液电化学处理对碳纳米管场发射特性的影响

碳纳米管在大气环境中稳定、具有高的电导率及宽长比，在场发射领域具有潜在的应用。然而其功函数高，是实际应用中的不利因素。理论计算表明，金属性的碳纳米管较半导体性质的碳纳米管具有更好的场发射特性，然而在生长的过程中，往往是两者共存。鉴于此，青岛海洋大学元光教授领导的小组与中科院物理所微加工实验室合作，对CNT阵列通过氯化锂溶液电化学处理，成功地降低了碳纳米管的功函数，从而有效的降低了场发射开启电压并使发射电流得到了极大的提高。这项工作发表在**Chin. Phys. Lett. 26 (2009) 1118**上。

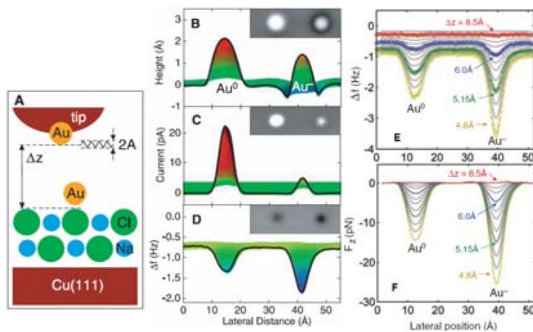


CNTs及电化学处理对其场发射性能的影响

国外进展

表面吸附原子电荷态的非接触原子力测量

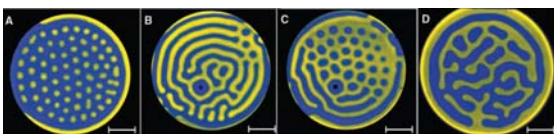
研究单电子器件潜在的物理特性，急需一种具有原子尺度分辨率且能甄别电荷态的设备。扫描隧道显微镜 (STEM) 可用来研究单原子的电荷态，但STM技术要求被测单元能形成导电隧穿结，这就限制了它在绝缘材料上的应用。**IBM Zurich 实验室的 L. Gross 等人**利用音叉原子力显微镜，实现了对表面吸附的单原子电荷态的鉴别与转换。此装置工作在5K的低温下，具有亚埃量级的震动幅度。对单个原子充一个电子的电荷，AFM针尖上会增加几皮牛顿的作用力，从而使系统的谐振频率发生位移，振动幅度发生改变。而且，局部接触势差 (LCPD) 随着电荷态的改变而变化，可用于区分带电原子的极性。实验证明，此技术具有单电子电荷灵敏度与原子尺度侧向分辨率，将大力推动分子电子器件，光电子，催化及太阳能转换等领域研究的发展。该成果发表在 *Science* 324 (2009) 1428上。



样品-针尖电荷态测量示意图及被吸附Au粒子的测试特性

化学图灵图制作的实验方案设计

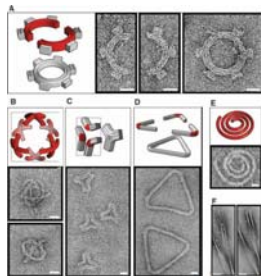
时空斑图广泛地存在于反应-扩散系统中。在制作生物活体系图案时，通常采用化学反应-扩散斑图作为原型图。但至今仍只有两种等温的单相反应系统可以形成稳定的反应-扩散时空斑图。**法国波尔多大学的 J. Horváth 等人**设计了如下实验：(i) 在非密封的反应器其中通过自由激发反应形成空间双稳态；(ii) 利用自由的负反馈活性种类来产生空间暂时震荡；(iii) 利用低迁移率络合剂来诱导激发与抑制反应过程在空间的分离；通过氢离子自由激发反应、硫脲-碘酸-亚硫酸反应，获得了基于图灵失稳机制的稳定的六边圆点阵列及平行的条纹pH 斑图。该成果发表在 *Science* 324 (2009) 772上。



稳定的图灵图图案

折叠DNA成扭绞弯曲状纳米图案

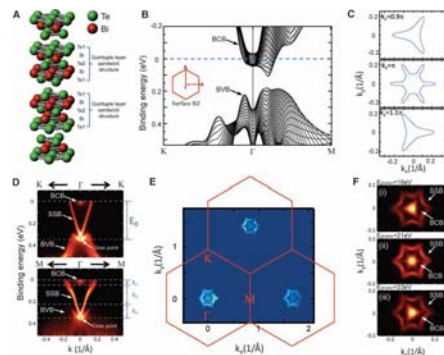
基于DNA可编程的自组装技术，可用来形成具有特定形状的、尺度在1-100 nm 的图形，如2D晶体、纳米管、纳米线3D多面体等。**美国佛大学医学院丹娜-法伯癌症研究所的 H. Dietz 等人**设计并通过所谓的堆叠反平行排列波纹螺旋状DNA及定点密码子的缺失与插入技术，获得了纳米尺度的设计图形形状，控制其手性及曲率 (曲率半径≥6 nm)，为基因研究提供了新手段。这项成果发表在 *Science* 325 (2009) 725上。



通过定点密码子的缺失与插入形成的DNA图案

三维Bi₂Te₃拓扑绝缘体的实验证实

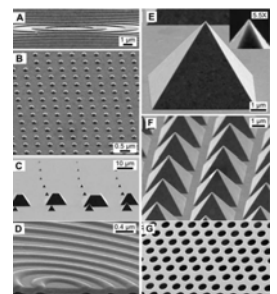
拓扑绝缘体是一种新的量子物质态。这种物质态的体电子态是有能隙的绝缘体，而其表面则是无能隙的金属态。这种表面金属态完全是由材料的体电子态的拓扑结构所决定，与表面的具体结构无关。此外，拓扑绝缘体的基本性质是由“量子力学”和“相对论”共同作用的结果。自旋轨道耦合作用，在表面会产生由时间反演对称性保护的、无能隙的自旋分辨的、无有效质量的二维电子气。这些重要特征使拓扑绝缘体在电子技术发展中应前景巨大。因此，寻找具有足够大的体能隙并且具有化学稳定性的强拓扑绝缘体材料成了人们目前关注的焦点和难点。**美国斯坦福大学的 Y. Chen 等与中科院物理所的方忠、戴希研究组合作**，紧随理论研究之后，利用ARPES观察到了材料中的表面单个狄拉克点，从实验上证实了Bi₂Te₃是一种最简单的强拓扑绝缘体。此材料非常稳定，体能隙约为0.3 eV，等价于3600K，远超出室温能量尺度，为实现室温低能耗的自旋电子器件提供了新的契机。该成果发表在 *Science* 325 (2009) 178上。



Bi₂Te₃的晶体结构及电子结构的计算与测量值

表面等离子体光子学与超材料超光滑金属图案

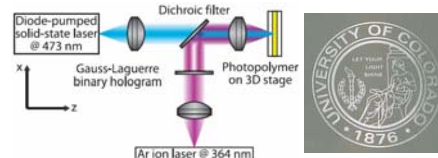
表面等离子体是沿着导体表面传播的电磁波。当改变金属表面结构时，表面等离子体激元 (SPPs) 的性质、色散关系、激发模式、耦合效应等都将产生重大的变化。通过SPPs与光场之间相互作用，能够实现主动操控。然而由于SPPs存在的区域非常接近表面，因此非均匀表面将对其产生吸收、散射并限制其传播。**美国明尼苏达大学的 P. Nagpal 等人**通过模板剥离 (template-stripping) 工艺，成功地制备出一系列大面积、表面超光滑的多种金属图案；极大的提高了表面等离子体激元的传播长度。在生物传感到太阳能电池等领域应用前景巨大。该成果发表在 *Science* 325 (2009) 594上。



模板剥离法形成的大面积超光滑人工金属图案

双色单光子光激发与光抑制技术在亚衍射光刻上的应用

一般光学显微镜的成像受到衍射极限的影响，使得分辨率没法小于所用波长的二分之一。因此，控制并缩小曝光导致的显影区域是光学光刻技术中研究的关键点之一。最近，**美国科罗拉多大学的 T. F. Scott 等人**利用双色辐照方案，即通过某一特定的波长下的单光子吸收获得光激发物质，而另一波长下的辐照获得光抑制物质来降低光聚合速度，延迟光刻胶的凝胶化过程，提高图形空间分辨率。双色光合适的重叠辐照具有单色光吸收光聚合无法实现的优点，可用来制作复杂的2D与3D图案。这项工作发表在 *Science* 324 (2009) 913 上。



直写双色单光子光刻技术实验途径及图形制作