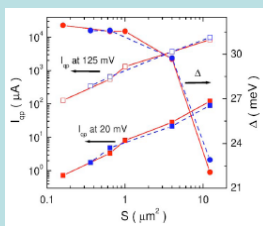


国内进展

$\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ 的本征隧道谱： 自加热与结尺寸的依赖关系

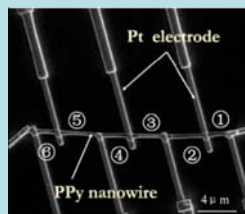
利用超导体的本征隧道谱可以探测材料的物性，具有STS谱不可比拟的优点，但由于材料的低热导率和高电流密度所导致的自加热效应却严重影响了本征隧道谱的特性，因此，减小自加热效应，获得干净的本征隧道谱就成为重要的研究课题。物理所极端条件实验室赵士平研究员小组的朱晓波博士等人与微加工实验室合作，利用电子束曝光设备在 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ 超导体上制作出各种亚微米尺度的隧道结(面积为 $0.16\text{--}12\mu\text{m}^2$)，并对尺寸导致的自加热效应对隧道谱的影响进行了系统研究。结果表明，随着隧道结尺寸减小到亚微米尺度，自加热效应对隧道谱的影响减弱，基于弹道声子的模型分析表明本研究中制作的最小尺寸的隧道结会引起5K的温度上升。该成果发表在 *Phys. Rev. B* 73 (2006) 224501上。该工作得到国家科技部和国家纳米中心的资助。



隧道结面积与电流的关系

电化学模板法合成的单根聚吡咯 纳米线电学特性

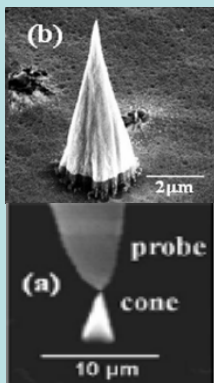
由于在分子电子学方面巨大的应用价值，纳米结构的导电聚合物的合成与性质研究引起了人们的极大关注，而目前人们研究的导电聚合物材料多为采用自组织方法合成的，对其它方法制备的纳米结构的导电聚合物的研究很少报导。物理所极端条件实验室陈兆甲研究员指导的博士生沈娇艳与微加工实验室合作，利用FIB设备制作的白金微电极，研究了用电化学模板法合成的单根吡咯纳米线的电学特性。温度与电导依赖关系的测试表明其半导体特性并遵从一维VRH机制。同时发现在室温下，即使同一根纳米线内也表现出电导的非一致性，这一以前未见报导的结果有助于我们理解导电聚合物的导电机制。该成果发表在 *Appl. Phys. Lett.*, 88 (2006) 253106上。该工作得到国家自然科学基金的资助。



FIB制作的单根吡咯
纳米线的多电极结构

单个的金刚石纳米锥的场发射特性

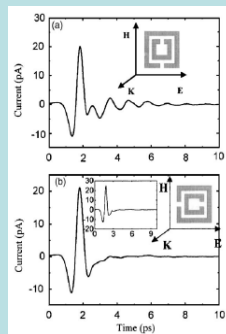
金刚石具有负电子亲和势，是制作高可靠性场致电子发射的理想材料。但由于以金刚石膜或阵列为发射体的场屏蔽效应，阻碍了人们对金刚石本征场发射特性的理解，研究单个金刚石发射体的特性成为人们感兴趣的课题。物理所微加工实验室王强博士等人与英国卢瑟福实验室合作，采用无掩膜的离子溅射纳米加工技术，实现了金刚石的表面纳米化，制作出分立的金刚石纳米锥。利用自建的双探针SEM系统，原位研究了单根金刚石纳米锥的场发射特性。结果表明其具有高发射电流密度和高稳定特性，适于制作高性能的点电子源。该成果发表在 *Appl. Phys. Lett.*, 89 (2006) 063105上。该工作得到国家自然科学基金、科技部863项目和国家纳米中心的资助。



单根金刚石锥与测试图

开口谐振环的THz时域光谱分析

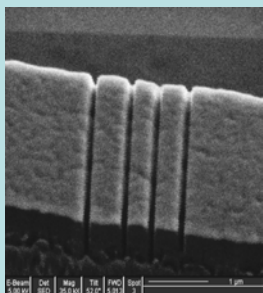
开口谐振环被用来产生负的磁导率，从而实现人工超材料的特殊物理性质，成为近年研究的热点。但通常研究的电磁波频率在微波波段，对具有广泛应用的THz频段的研究报导较少。物理所微加工实验室的全保刚博士等人与光物理实验室汪力研究员小组的徐新龙博士合作，采用紫外曝光和溶脱技术，制作出微米尺度的开口谐振环阵列，并利用太拉赫兹时域光谱仪研究了开口谐振环在两种入射情况下的电磁响应特性，发现只有在电激发存在的情况下，开口谐振环仍能作出磁响应，并观察到电耦合到磁共振的现象。该成果发表在 *Appl. Phys. Lett.* 89 (2006) 041101上。该工作得到国家自然科学基金和国家纳米中心的资助。



两种不同入射方式的
THz时域波形

利用金属掩膜和离子损伤技术诱导 $\text{La}_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3$ 薄膜的高磁电阻

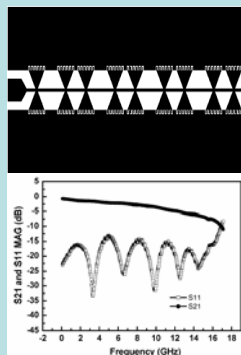
在相对低的磁场下获得高的磁电阻一致是人们感兴趣的研究目标，特别是对氧化物的非本征磁电阻的研究，对实现高密度信息存储具有重要的应用价值。物理所超导实验室郑东宁研究员小组的张明剑博士与微加工实验室合作，结合FIB刻蚀和离子注入技术，发展了一种简单有效的在氧化物薄膜上获得高磁电阻的新技术。结果发现，在230K和5T下磁电阻为60%，70K达到的最大值为95%。这项技术显示出在制作高密度集成器件方面的潜力。该成果发表在 *JAP* 99 (2006) 116102上。该工作得到国家自然科学基金、科技部973项目和国家纳米中心的资助。



金属掩膜上FIB加工
的70纳米沟道

BaSrTiO₃薄膜制作的阻抗匹配相移器特性

利用相移器制作的相阵列天线通常应用于X频段通讯与雷达系统领域。BrSrTiO₃薄膜作为一种常用的制作相移器材料，随着频率增加回波损耗增加的问题急需解决，以提高相移器的性能。物理所超导实验室何豫生研究员小组的孟庆端博士与微加工实验室合作，利用紫外光刻技术在BrSrTiO₃薄膜上制作出新型周期结构的相移器。结果表明，这一新结构改进了电路的阻抗匹配，在频率由直流变到16GHz和9.4GHz时，回波损耗优于15dB，在120V的电压下，相移为41度。这一设计拓展了相移器的工作频率。该成果发表在 *IEEE Micro. Wire. Comp.Lett.* 16 (2006) 345上。

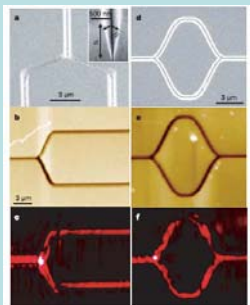


新型相移器结构与
频率响应特性

国外进展

包含干涉计和环形共振器的沟道等离激元亚波长波导元件

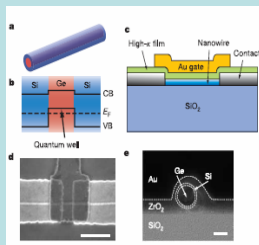
光的衍射极限给光子元件的微型化和高密度集成带来了极大的挑战,利用表面等离激元极化可以解决这一问题。然而,同时获得有限的衍射极限和足够低的传输损耗一直是无法达到的目的。丹麦Aalborg大学的Bozhevolnyi等人利用FIB加工了Y型分束干涉器,实验证明沟道表面等离激元极化模式(CPPs)是存在的。他们报道了CPP基亚波长波导元件的设计、制作和表征。结果表明CPP能够实现超高密度光子元件,并且为通往新型集成光路铺平了道路。该成果发表在Nature 440(2006) 508上。



Y形分束器和马赫-曾德尔干涉器的图像

Ge/Si纳米线异质结制备的高性能场效应晶体管

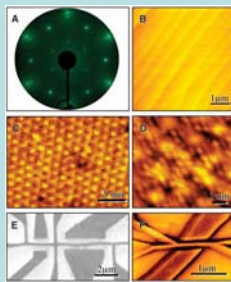
目前Ge、Si纳米线已经成为一维场效应晶体管(FET)研究中的焦点,但是作为接触电极的金属与这类单组分纳米管之间通常存在肖特基势垒,限制了器件性能的提高。因此制备具有优良传输特性的新型异质纳米线有望在高效场效应晶体管中得到应用。最近,哈佛、剑桥大学Jie Xiang, Wei Lu等人专门设计制备了一种具有14.6nm硅内核和1.7nm锗外壳的异质纳米线,并利用EBL直写技术制备出一种高性能场效应晶体管,该种晶体管表现出3.3 mS μm^{-1} 的跨导和2.1mA μm^{-1} 的开启电流,这些性能优于最新硅MOSFET材料。该成果发表在Nature 441(2006) 489上。



Ge/Si core/shell 纳米线场效应晶体管

图形化外延石墨单层的电子局域和相干

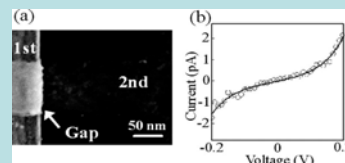
由于硅基微电子学本身的局限性,促使人们不断的去寻找新的工艺、方法和材料。美国乔治亚理工学院物理系的Claire Berger等人利用真空石墨化的方法在单晶碳化硅上生长了一层超薄的外延石墨层,并用电子束曝光及刻蚀的方法制做了测试图形-霍尔臂结构。通过该结构在磁场下输运性质的测量,发现该材料的输运性质与碳纳米管相似,是由碳化硅与石墨界面处的石墨单层所主导。界面处的石墨单层的电子是量子局域的,并且在4K时其相的相干长度超过1微米。这一成果为我们研究相干石墨单层分子电子学提供了一个科学和技术上的一个平台。该成果发表在Science 312 (2006) 1191上。



外延石墨层的表征

采用分子自组装和电子束直写加工纳米级间隙

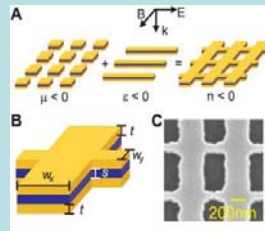
由于纳米级的间隙在测量纳米晶及分子的电输运性质等方面的作用,金属电极间的纳米级间隙的加工引起了人们很大的兴趣。此前人们采用多种方法对纳米间隙的加工进行了研究,如电子束曝光、阴影蒸发、电迁移等。但这些技术对于精确控制间隙的位置及制作亚2纳米的间隙上存在一定的困难。最近,日本ICORP实验室的R. Negishi等人利用分子自组装及电子束直写的方法相结合制作了亚2纳米的间隙。该方法可以在2纳米精确上控制纳米间隙的尺寸并且可以实现精确的定位。研究者利用电子隧穿的方法对加工的纳米间隙进行了测定。该成果发表在Appl. Phys. Lett. 88 (2006) 223111上。



2纳米金属间隙 电流-电压曲线

光在超材料中同时具有负群速和负相速

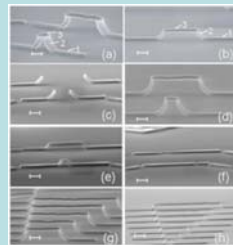
波在色散介质中的传播往往导致惊人或违反直觉的现象。从电动力学的角度,正折射率介质中传播的波在反常色散区域具有正的相速和负的群速。最近,德国卡尔斯鲁厄大学的Dolling小组对负折射率介质中的负群速现象进行了相应的实验研究。他们设计的负折射率介质是由盘和对线对组合而成的超材料,利用电子束曝光和电子束蒸发技术来实现超材料的制备。他们发现在负折射率介质中存在群速和相速同时为负、负的相速和正的群速现象。与正常介质中的电磁波的传播情况一起,人们在实验上直接观察到了群速和相速的所有四种情况。该成果发表在Science 312(2006) 894上。



具有负折射率超材料

利用电子束曝光改变光刻胶剂量制作的金属空气桥结构

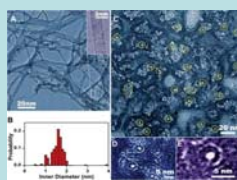
金属空气桥结构在微纳米器件尤其是微机械系统(MEMS)方面有重要的应用,以往主要是利用多层光刻胶改变剂量以及利用单层胶改变加速电压也就是电子束的能量来实现这种结构,埃及国家研究中心的E. Girgis等人给出了一种利用单层光刻胶,通过改变不同的曝光剂量来获得金属空气桥结构的方法。他们认为,这种改变曝光剂量比改变加速电压能更有效地获得空气桥结构。同时比较了不同光刻胶对空气桥结构的影响。该成果发表在APL 88(2006) 202103上。



金属空气桥结构

亚2nm碳纳米管内的物质输运特性

直径在纳米量级的碳纳米管,由于其拥有原子级的光滑内表面成为研究分子输运和纳流体的独特系统。人们早期对多壁碳纳米管的分子输运特性进行了研究,但由于其竹节结构及纳米管内催化颗粒的阻挡作用,所以很难定量的分析单根纳米管的输运特性。而单壁和双壁碳纳米管则不存在这个问题,但单壁或双壁碳纳米管的输运性质研究还存在很多困难。最近,美国利物浦国家实验室的Jason K. Holt等人将电子束曝光、化学气相沉积及刻蚀的方法相结合制备出了能够进行物质输运测量的以双层碳纳米管为主的系统。并利用该系统对多种气体及水在其中的输运进行了研究,研究发现该系统对气体的传输速度比努森模型预测的值高一个数量级,水的传输速率则比分子动力学模拟结果高三个数量级。该成果发表在Science 312 (2006) 1034上。



制作的碳纳米管输运测量样品的截面TEM照片