

国内进展

全国人大副委员长、中科院院长路甬祥来微加工实验室视察工作

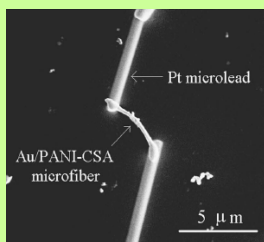
2006年3月31日下午，全国人大副委员长、中科院院长路甬祥来到物理所微加工实验室视察工作。路院长听取了微加工实验室主任顾长志研究员的工作汇报。在参观实验室的超净间时，路甬祥院长对微纳米加工技术、微加工实验室在纳米人工结构制作与原位物性测量设备研制等方面的进展表现出浓厚的兴趣，同时对实验室今后的发展提出了殷切的希望。路院长对物理所自筹资金集中建设对外开放的微加工实验室、以及实验室运行几年来在技术支撑和科研方面所发挥的重要作用给予了充分肯定。在随后的座谈会上，路院长就加强技术人才队伍建设以及自主研制科研仪器等问题发表了重要讲话。



单根金/聚苯胺纤维的电导特性

导电聚合物与金属纳米粒子构成的复合材料由于特殊的电学和光学性质而引起人们的极大关注，特别是金纳米粒子与聚合物组成的复合材料，而目前人们对金与聚苯胺以纤维形式组成的复合材料的研究很少报导。山东大学的龙云泽博士与物理所极端条件实验室陈兆甲研究员和微加工实验室合作，利用FIB设备制作的白金微电极，研究了单根金聚苯胺的电导特性。

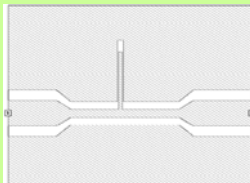
发现其室温下该复合结构材料与单根聚苯胺纤维相比，具有很高的电导与电阻温度的弱依赖关系。这一结果表明镶嵌在聚苯胺纤维内的金纳米粒子明显地改善了这一复合结构材料地电学性质，为调控聚合物的电特性提供了一种新方法。该成果发表在 *Appl. Phys. Lett.*, 88 (2006) 162113 上。该工作得到国家自然科学基金和国家纳米中心的资助。



FIB制作的单根纤维测量电极

使用共面波导过滤器表征铁电薄膜特性

铁电材料由于高的电场调谐能力和低介电损耗特性而在通讯领域具有重要应用价值。为优化其特性，研究铁电薄膜性质的温度与电场依赖关系非常重要，而利用共面波导过滤器表征铁电薄膜在微波频段的性质是一个有效的手段。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，利用紫外光刻技术制作出新型结构的共面波导过滤器，研究了微波频段铁



共面波导过滤器的结构

电薄膜的介电特性。结果表明，利用这一新结构可以比较精确地测量铁电薄膜材料的介电常数和损耗角正切值。该成果发表在 *phys. stat. sol. (a)* 203 (2006) 1379 上。该工作得到国家纳米中心的资助。

物理所创办公共技术系列讲座

为适应三期创新对技术支撑体系建设的要求，更好地发挥技术资源在科研工作中的作用，在科学院人教局的支持下，物理所技术部从2006年3月开始，举办面向凝聚态物理研究的“公共技术系列讲座”，公共技术系列讲座的第一讲于2006年3月16日在物理所成功举行，邀请英国卢瑟福实验室微结构中心的崔铮教授做了题为“纳米科技发展中的测量技术”报告，就纳米材料、物性与器件研究中涉及的测量技术进行了深入浅出的介绍，讲座吸引了来自中关村周边地区的科学院研究所和高校的80余名科技人员和研究生参加，大家普遍反映：技术讲座对相关的研究工作中如何有效地利用技术手段很有帮助和启发，对培养严谨科学的研究作风很有意义。

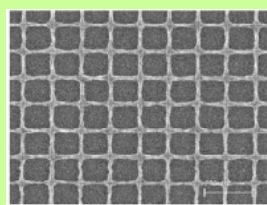
公共技术系列讲座将邀请国内外相关技术领域的专家，就与凝聚态物理基础与应用研究相关的先进技术领域进行介绍，一方面，提高技术人员的整体素质和前沿意识，提高技术创新的能力；另一方面，使研究人员了解先进技术的能力与发展，在科研工作中科学地、创造性地利用先进技术资源开展原创性工作。



负性电子束抗蚀剂HSQ低能曝光研究

负性抗蚀剂HSQ由于其高的分辨率、低的边缘粗糙度及高的抗蚀性，使其成为近些年来电子束抗蚀剂中研究的热点。人们对该抗蚀剂高能方面的曝光特性进行了大量的研究，但对于其低能曝光特性的研究却很少。中科院物理所微加工实验室的杨海方工程师等人利用Raith150电子束曝光设备对HSQ抗蚀剂的低能曝光特性

进行了系统研究，他们综合研究了曝光能量及显影液浓度等方面对该抗蚀剂的对比度、灵敏度及分辨率的影响，利用浓度为2.5% (TMAH) 显影液，10keV的曝光能量下，在50nm厚的HSQ抗蚀剂上实现了12nm分辨率图形的曝光。该成果发表在 *Microelectron. Eng.* 83 (2006) 788 上。该工作得到国家自然科学基金和国家纳米中心的资助。



在S利用HSQ抗蚀剂实现的12nm分辨率图形SEM照片

人工超材料的微加工与性质研究

人工超材料由于其具有的特殊物理性质，一经研制成功成为科学界研究的热点，而人们早期的工作主要集中在微波波段，当电磁波频率进一步提高时，所要加工的超材料的尺寸将随之降低，从而增加了高频波段超材料制作的难度。中科院物理所微加工实验室全保刚博士等人对高频太拉赫兹波段超材料的加工进行了大量研究，利用紫外曝光设备及磁控溅射设备，从涂胶、曝光

到最后的金属薄膜的生长等方面进行优化，通过优化的加工条件得到了高质量的太拉赫兹波段的超材料，并对优化前及优化后工艺制得的太拉赫兹超材料的透过光谱进行了研究，发现采用优化工艺制备的超材料具有高的光学透射性。该成果发表在 *Microelectron. Eng.* 83 (2006) 1364 上。该工作得到国家自然科学基金和国家纳米中心的资助。

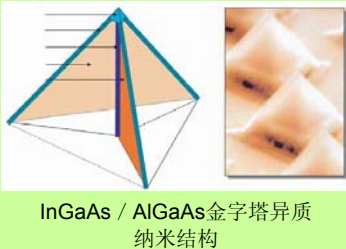


利用优化工艺制备的太拉赫兹超材料

国外进展

用皮秒阴极发光探测纳米结构中的载流子动力学过程

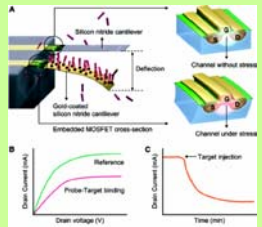
采用皮秒阴极发光技术来探测纳米结构中的载流子动力学过程，可以把材料的光学特性与其表面形貌联系起来。瑞士量子电子学与光子学研究所的M. Merano等人，采用时间分辨的阴极发光技术，研究了使用光刻技术、湿法腐蚀技术及低压有机气相沉积方法制备的InGaAs / AlGaAs金字塔异质纳米结构中的载流子输运过程。采用该技术不仅可以获得金字塔结构中不同部位光生载流子的迁移率，而且发现其运动路径是向着能量更低的金字塔尖。这一研究结果可以用来评估用于量子计算的一些基本单元的性质，如光学量子栅，单光子源等。该成果发表在NATURE, 438 (2005) 479上。



InGaAs / AlGaAs金字塔异质纳米结构

镶有MOSFET微悬臂的生物分子传感器

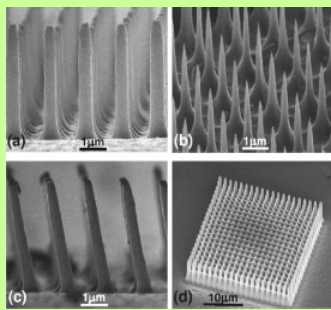
近年来微悬臂探测的方法得到了广泛的重视，尤其是在生物分子领域，生物分子与微悬臂的键和引起悬臂变形。目前的各种测量方法，如光学测量法、压电测量法、电容测量法等，都有各自的缺点。美国西北大学的Gajendra Shekhawat等人将一个MOSFET（金属半导体场效应管）镶嵌在微悬臂上，测量到悬臂每5纳米形变导致的漏电流变化。这个方法噪声信号低，灵敏度高，能直接读出结果，可以用于测量生物素和抗体的键和情况。该结果2006年2月的Sciencexpress上。



悬臂生物传感器工作示意图

质子轰击的P型硅片在电化学腐蚀过程中的空穴输运过程

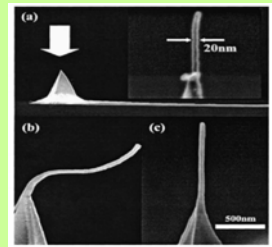
多孔硅具有优异的荧光发射性能，而多孔硅发光区域的图案化实现，是硅基上光电集成实现的关键所在。新加坡国立大学的Breese等人通过SEM及荧光技术获得了质子轰击的P型硅片上的图案化多孔硅区域，并且研究了在电化学腐蚀过程中的空穴输运过程。由于注入损伤缺陷的存在，质子轰击的区域空穴浓度明显降低，从而使得电化学腐蚀效果相对于未注入区域明显降低。采用该技术可以实现P型硅片的图案化加工及图案化荧光发射；并且通过调节质子轰击的束斑，使加工精度达到200纳米。该成果发表在Phys. Rev. B, 73 (2006) 035428上。



质子轰击方法加工的各种纳米结构图形

利用聚焦离子束操纵碳纳米管

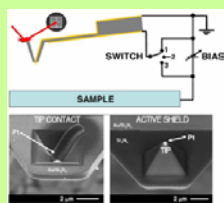
碳纳米管作为探针已经在原子力显微镜以及其它显微镜上得以应用。但是由于碳纳米管生长方向很难被控制，所以阻碍了碳纳米管在电子显微镜中更广泛的应用。美国斯坦福大学的Zhifeng Deng等人利用聚焦离子束操纵镀金属的碳纳米管，将其拉直，并且可以通过改变离子束的角度精确控制镀金属的碳纳米管的偏转方向。这种镀金属的碳纳米管应用到扫描探针显微镜中，可以得到高分辨率的图像。该成果发表在Appl. Phys. Lett., 88 (2006) 023119上。



聚焦离子束将弯曲的镀金属的碳纳米管拉直过程

一个静电屏蔽的悬臂操作示范

扫描探针系统是表征纳米器件表面的有效工具，尤其是静电力显微镜（EFM）可以空间解析分析由电荷分布、局域表面势及单分子的介电响应等因素引起的样品与探针间的静电相互作用。但是这种静电相互作用对探针和悬臂的形状有复杂的依赖关系，很难定量地解释所获得的数据。意大利的Pingue等人使用聚焦离子束纳米加工与金属沉积技术将原始的Si₃N₄绝缘悬臂的金字塔尖除去，再镶嵌上导电的金属尖。同时在原始的悬臂探针侧面制作两个平行电极，它们被分别

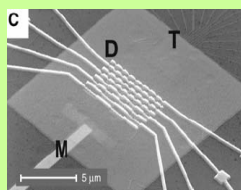


FIB修饰的悬臂探针

用于针尖的偏压电极和悬臂电极（如图），研究了当悬臂电极处于接地、断开和接通三种状态时，悬臂探针的激发谱随频率的变化和力随距离的变化。结果表明悬臂电极的接通（即悬臂对样品是屏蔽的）明显使悬臂与样品间的电容耦合产生的静电力明显减小，从而极大提高了EFM的空间解析分析能力。该成果发表在Applied Physics Letters 88 (2006) 043510上。

桥式超高密度纳米线多路信号分析电路

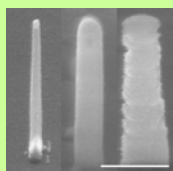
纳米技术的瓶颈之一是难以在高密度的纳米结构中精确选择感兴趣的个别结构。多路信号分析器是用来分离两个或更多组合信号的电路系统。美国加利福尼亚技术研究所的Rober Beckman等人研发了一种选择超高密度纳米线电路地址的一种桥式多路信号分析器，用log2N组回路可以对N根纳米线进行选址，而且对纳米线本身的制备精度要求不高。这种想法已经在亚微米Si线和150根粗细为13纳米、周期为34纳米的高密度小尺寸的Si线上得到了证实。该结果发表在Science 310 (2006) 465上。



纳米线制作的桥式电路

金属/绝缘体/碳纳米管/金属结构的纳米电容器

在动态随机存储器及各种纳电子器件中，由光刻与刻蚀结合制作的硅柱纳米电容器的电容可以通过缩小硅柱的直径来提高。但是随着集成密度的增加，这种工艺条件逐渐变得越来越苛刻。英国Cambridge大学的Jang等人通过可控位置生长的、垂直多壁碳纳米管代替硅柱，得到了具有更高长径比的、直径更小的金属/绝缘体/碳纳米管/金属（MICNM）结构的纳米电容器（如图），结果表明这种MICNM结构具有更高的电容和超高的集成密度。该成果发表在Applied Physics Letters 87 (2005) 263103上。



MICNM电容