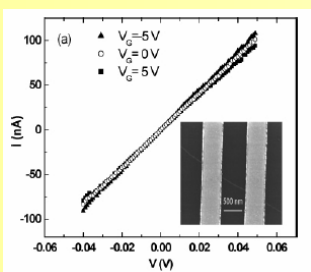


国内进展

使用镍盐和CVD方法制作分立的单壁碳纳米管

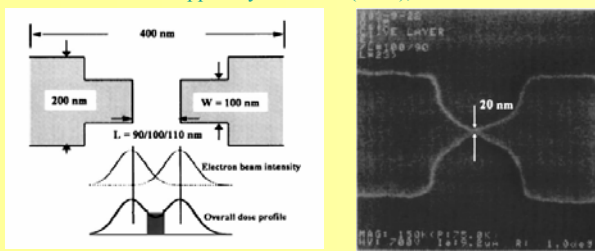
在化学气相沉积方法合成单壁碳纳米管方面，使用镍盐作为催化剂的尝试一直没能成功，物理所吕力研究组的刘立伟博士最近在这方面进行了有益的尝试，他们利用硫酸镍作为催化剂成功地在了硅衬底上制备出了分立的单壁碳纳米管。同时通过与微加工实验室合作，利用电子束光刻的微加工手段，制作出单根碳纳米管器件，并进行了电输运性质的测量。右图为制作的碳纳米管器件的SEM照片和I-V特性。该成果发表在 *Journal of Physical Chemistry B* 108 (2004), 18460上。



室温下金属性单壁碳纳米管不同栅压下的I-V特性（插图为器件结构）

利用邻近效应制备单电子晶体管

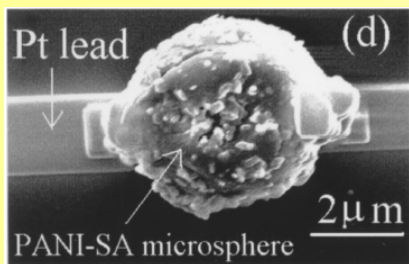
单电子晶体管很有希望成为未来微电子和纳电子器件的基本单元，但是其局限是要求结构尺寸非常小。电子束直写是制作集成电路中精细图形的一种技术，而邻近效应限制了其分辨率的进一步提高。由于邻近效应会在一定程度上使孤立的图形比设计的要窄，而使图形密集区域的线条变宽。因此，通过调节曝光剂量或估计尺寸变化可以修正邻近效应的影响。中国台湾的S.-F. Hu等人正是利用邻近效应在Si上制作了20 nm的点接触结构，并且对制作出的单电子晶体管的电学特性进行了表征（下图）。该成果发表在 *Appl. Phys. Lett.* 85 (2004), 3893上。



利用邻近效应制作点接触结构的原理及器件的SEM照片

自组装方法合成的中空聚苯胺微球的电导特性

中空结构的微球在生物等领域具有广阔的应用前景。以往人们多关注该材料的合成，而对其输运性质研究较少。中科院物理所陈兆甲小组的龙云泽博士与中科院化学所和物理所微加工实验室合作，采用自组装方法合成中空结构的导电聚苯胺微球，利用聚焦离子束辅助沉积技术制作铂电极（下图），实现了对单个微球电导的测量，结合二维膜结构的电导、I-V和磁阻测量结果，表明聚苯胺微球的电学性质主要取决于球间接触特性。该成果发表在 *Appl. Phys. Lett.* 84 (2004), 2205上。该工作得到国家自然科学基金委的资助。

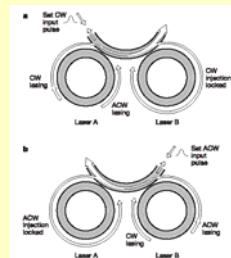
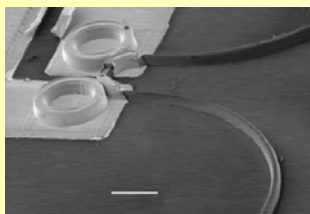


SEM显示在微球两端用FIB沉积的Pt电极

国外进展

基于耦合微环激光器的快速、低功耗光学存储器

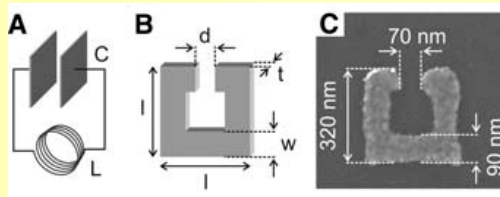
光纤通讯速度的进一步提高，需要对数字信息进行高速的光学处理，这就要求高速的光学存储器来缓冲数据。采用大型双稳态激光器的存储单元已经达到了较低的开关能量，但目前还没有人提出采用微米尺度的平面激光器来实现存储功能。荷兰的M. T. Hill等人采用接触式紫外曝光和反应离子刻蚀在InP/InGaAsP材料上制作了外径16 μm的微环激光器和波导结构（左下图），由于两个微环激光器之间的耦合，光从A激光器注入到B激光器可以将B激光器中的光锁定成顺时针方向传播的模式，而从B激光器注入到A激光器的光则将A激光器中的光锁定成反时针方向传播的模式（右下图），这两种状态可以根据输出光的能量不同区分开来，因而，这样的双稳态激光器具有数字信息存储功能。该成果发表在 *Nature* 432 (2004), 206上。



基于耦合微环激光器的光学存储器及其工作原理

异向性介质在100 THz的磁响应

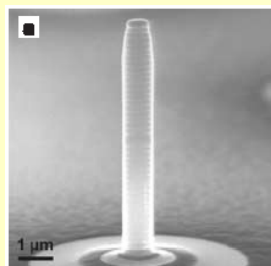
在太拉赫兹及更高频率实现磁共振响应对太拉赫兹光学和太拉赫兹电磁波的应用有非常特别的重要性。异向性介质（包括左手材料和开口谐振器环）能够在天然磁性材料没有磁共振的频率实现磁共振响应，从而使负折射率的实现成为可能。具有负折射率的左手材料能够展现新的物理现象，并且有潜在的应用，如“完美透镜”等。异向性介质首先在微波波段（10 GHz）得到实现。最近，德国的Stefan Linden利用电子束光刻和金属薄膜蒸镀制作的LC共振环（下图），采用不同极化方向的红外光对这种微结构进行垂直照射，证实了这种结构在1 THz具有磁响应。该成果发表在 *Science* 306 (2004), 1351上。



LC共振环的示意图和开口环形谐振器的SEM照片

单量子点与半导体微腔的强耦合

腔体量子电动力学是光学和固体物理领域的重要研究内容，它可以得到类似于原子激发的性能并分辨出弱耦合和强耦合。作为弱耦合，声子激发可以通过调节腔体共振使其增强或减弱，但是当条件符合强耦合时总出现弧光放电而不能得到正确的发射性质。德国Wurzburg大学的J.P.Reithmaier等人报道了前人没有观察到的单量子点在半导体微腔中与其发生的强耦合。文章中用电子束曝光和反应离子刻蚀的方法制备了不同尺寸的微米柱（右图），以获得高Q因子的腔体。该成果发表在 *Nature* 432 (2004), 197上。

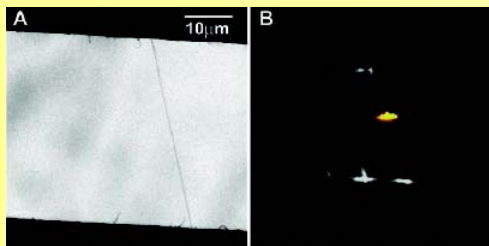


用电子束曝光和反应离子刻蚀的方法制备的不同尺寸微米柱，直径800 nm，高6 μm

国外进展

利用瑞利散射探测单壁碳纳米管中的电子跃迁

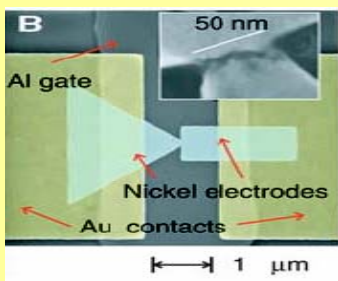
瑞利散射是通过调节激光波长使之与单壁碳纳米管中的电子迁移相匹配时产生共振增强的光谱, 从而可以实现无损伤的表征碳纳米管的电学结构。现存的表征CNT电学结构的方法中共振拉曼散射的测量仅限于半导体性质的单壁碳纳米管。美国Columbia大学M. Y. Sfeir等人利用光学曝光技术和湿法腐蚀的方法制作出用于生长分立的碳纳米管的狭长裂缝(左下图); 然后利用450-1550 nm范围的激光入射到分立的单壁碳纳米管上得到瑞利散射谱(右下图)。这种方法可以清楚地识别任意单壁碳纳米管中的激发态, 从而得到单壁碳纳米管的直径、手性等结构特征, 同时也为测量拉曼散射时激光激发能的选择提供了直接依据。这种方法非常有希望对包括纳米管在内的任何纳米尺度材料的电学结构及化学性质进行细致准确的表征。该成果发表在Science 306 (2004), 1540上。



利用光学曝光技术制作的已经生长上分立的碳纳米管的狭长裂缝及所测得的瑞利散射图像

铁磁体中存在的近藤效应

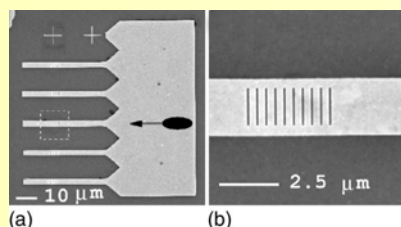
近年来, 单个量子点测量为我们提供了一种详细了解近藤效应的方法, 量子点局域自旋与导电电子的耦合为我们理解相关的物理特性提供了基本的模型。到目前为止, 人们研究了量子点与普通金属及超导体的耦合, 但由于很难获得较高的量子点与磁性材料的耦合, 所以对于量子点与磁性材料的近藤物理还没有实验报道。美国Cornell大学Abhay N. Pasupathy等人利用电子束曝光技术及电迁移方法制作出纳米级缝隙的Ni电极结构(下图), 并将C₆₀分子嵌入该缝隙, 通过对C₆₀分子与相接触的Ni电极近藤辅助隧穿的测量, 证明了C₆₀分子可以与Ni铁磁电极产生强耦合, 从而表现出近藤效应, 同时因为近藤效应的影响, 在该体系中发现了非常大的负磁阻。该成果发表在 Science 306 (2004), 86上。



SEM显示制作的纳米级Ni缝隙电极结构(右上角插图是Ni缝隙局部放大图)

雕刻在表面等离子激元波导上的布拉格反射镜的近场表征

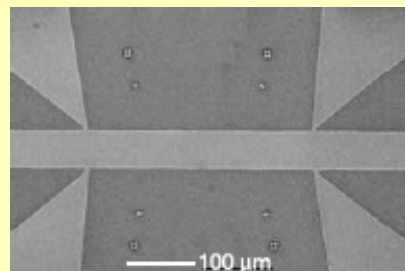
极化声子是对应于极化密度震荡的电磁模式。在两种介质的分界面上, 依赖于频率的介电常数的实部符号相反, 两种表面极化声子的场分布呈指数方式衰减。当金属条的特征宽度为微米量级而厚度是几十个纳米的时候, 它可以作为表面等离子激元的波导。法国Bourgogne大学的Jean-Claude Weeber等人在ITO玻璃上先沉积厚度为55 nm的金膜图形, 再利用聚焦离子束在条状金膜上刻出微米尺度的表面等离子激元的波导(见右图), 并且用声子散射隧穿显微镜对这些微米结构周围进行近场表征。结果表明, 这种由有限长度周期排列的狭缝组成的微光栅能够反射沿着波导方向传播的表面等离子激元, 反射的效率依赖于狭缝的数目、光栅的周期以及入射波长。在真空中, 当微光栅的周期等于入射波长的一半时, 可以获得最理想的反射效率。该成果发表在Phys. Rev. B 70 (2004), 235406上。



SEM图像显示与表面等离子激元的波导耦合的微栅结构(左插图为整体结构, 右图为金属条的放大图像)

外延(Ga,Mn)As微器件中单个畴壁的负本征电阻率

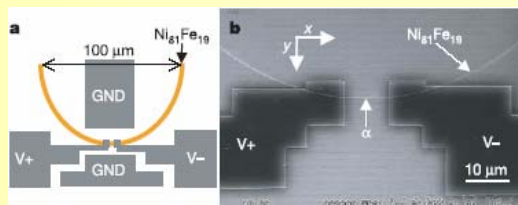
磁畴和畴壁在磁学科学中起着核心作用, 理解和控制磁畴对自旋电子学的很多技术应用来说是很重要的。尽管理论方面的工作已经阐明了一些单个畴壁电阻的机制, 但是许多实验却报导了与之矛盾的结果, 甚至对畴壁电阻的符号都存在不统一的认识, 单个畴壁会引起电阻增大还是减小的问题还悬而未决。美国的H. X. Tang等人报导了一种利用一系列铁磁半导体研究畴壁的方法, 这为自旋电子学提供了光明的前途。实验使用的微器件由单晶(Ga,Mn)As外延层通过图形加工获得(下图), 在这种结构中存在的巨大的平面霍尔效应, 能够直观、实时观察单一磁畴壁沿多探针器件的传播。他们在每个被研究的器件中应用稳定的和脉冲磁场来俘获并且定位单个畴壁, 可重复的获得高分辨率的沿着单个畴壁的磁致电阻的测量, 并始终观察到畴壁的负本征电阻, 电阻的大小受到通道宽度的调制。该成果发表在Nature 431 (2004), 52上。



图为60 μm宽的器件结构, 显示了两个横向探针之间的区域

电流诱导产生的单磁畴壁的谐振特性和质量的测定

磁畴壁的质量可以通过磁共振效应直接测得, 它决定器件的最终工作速度, 并且对高密度磁存储器的发展特别有益。但是由于单磁畴壁的磁共振信号特别弱, 目前磁共振的测量仅限于具有许多磁畴壁的样品, 而且也只是采用直流电流或电流脉冲来诱导磁畴壁的运动。日本J. Saitoh等人在热氧化的硅片上, 利用电子束曝光技术制作了一个由Ni₈₁Fe₁₉纳米线构成的半圆环结构及两个测量电极(下图), 然后使用高频交流电流直接观察到了铁磁纳米线中单个畴壁的动力学特征, 从而准确测定了一个畴壁的质量, 结果表明单磁畴壁具有 6.6×10^{-23} kg的有限质量, 而且一个畴壁要产生1 μm的位移只需 10^9 A·m²的电流密度来诱导。该成果发表在Nature 432 (2004), 203上。



用于测量单磁畴壁的的半圆环结构的样品示意图及SEM图像