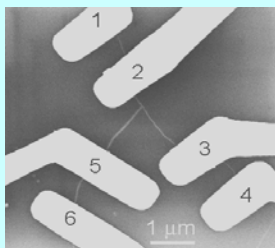


## 国内进展

### 三端碳纳米管器件的电输运性质

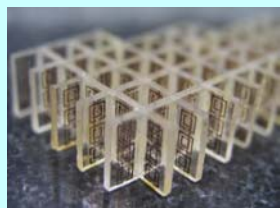
在探索碳纳米管作为未来纳米电子学基础的道路中，由碳管组合形成的碳纳米管结的器件也引起人们的关注。物理所吕力小组的刘立伟博士与微加工实验室合作，实现了完全由碳纳米管构成的晶体管—由二根p型半导体单层碳纳米管组成的“T”形的三端器件(左图)。通过两根碳管结的电输运测量，观察到了一个由背底门电压控制的整流行为。而当



采用电子束曝光制作的含有6个电极的三端碳纳米管器件

没有施加门电压时，I-V特征相对比较对称，整流效应消失。另外，在一定条件下，一根碳管可以作另一根碳管的局域门电压，起到控制另一根碳管电输运的作用。这一性质可以用来实现仅仅依赖于碳纳米管的晶体管和放大器。这是由于两个不同半导体碳管接触处形成了p-p型异质结，金属电极和半导体碳管接触处形成了Schottky势垒的原因。在低掺杂的情况下，大的耗尽区使纳米电子器件不能工作。在这个三端碳纳米管结器件中，第三端的存在提供了解决这一问题的一种办法。该成果发表在*Phys.Rev.B* **71**,155424 (2005)上。

### 不同介电常数衬底对左手频率的影响



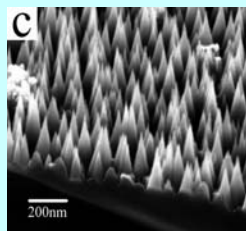
石英基左手材料

基于Veselago等人关于左手材料(具有负磁导率和负介电常数)的理论预言，人们对左手材料在微波波段的传输特性进行了大量的研究，但都没有考虑衬底对左手材料特性的影响。最近，中国科学院物理研究所微加工实验室的全宝刚博士与中科院电子所合作，通过光刻

技术分别在石英和FR-4衬底上制作出左手材料(左图)，验证了负折射现象的存在，并测得了负折射率和左手频率随衬底介电常数变化的关系。结果表明衬底介电常数的增大会导致左手材料的左手频率向低频方向移动。该成果发表在*CHIN. PHYS. LETT.* **22** (2005), 1243上。该工作得到国家973计划的资助。

### 多孔硅衬底上纳米硅锥阵列的荧光增强特性

硅基发光材料，如非晶硅，多孔硅，硅/二氧化硅复合体等，因其与现代半导体工艺的兼容性，一直受到广泛的重视。人们通过大量的研究证实了尺寸效应对其发光特性与机制的影响。最近物理所微加工实验室的王强博士等人采用传统制备多孔硅的阳极氧化方法，在n型硅上制备了多孔硅。然后采用氢等离子体刻蚀的方法形成硅纳米锥阵列。研究了其荧光特性，发现其荧光强度相对于刻蚀前明显提高。这一工作通过对多孔硅的等离子体刻蚀，形成表面硅纳米锥阵列，研究了其荧光特性，进一步加深了对多孔硅发光的认识。该成果发表在*J. Appl. Phys.* **97**, 093501 (2005) 上。该工作得到了国家自然科学基金委和国家纳米科学中心的资助。

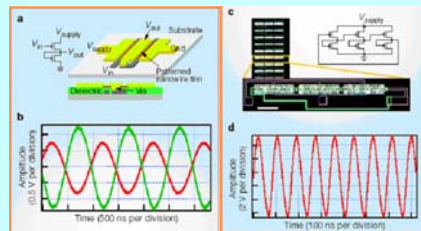


等离子体刻蚀后在多孔硅表面形成的硅纳米锥阵列

## 国外进展

### 高速集成纳米线电路

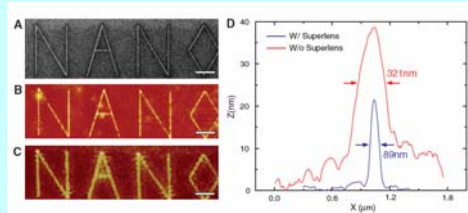
在玻璃或塑料衬底上制作电子线路由于重量轻、弹性好、成本低，将来可能会用于制作计算器件。但是这些衬底在高温下会发生变形，目前只有有机半导体和非晶硅可以应用，而且性能较差。美国Harvard大学的Robin S. Friedman等人采用标准的光刻技术，通过低温平面工艺在玻璃衬底上将高性能的多纳米线晶体管集成成为逻辑反相器和环形震荡器，如图所示，反相器由两个纳米线薄膜晶体管组成，环形震荡器由三个反相器串联而成。如此制作的环形震荡器的震荡频率高于硅衬底上制作的器件，达10 MHz以上；相应的延迟时间远小于有机半导体和非晶硅器件，仅为14 ns。该成果发表在*Nature* **434** (2005) 1085上。



玻璃衬底上的集成纳米线电路及其交流特性

### 由银超级透镜获得的亚衍射极限光学像

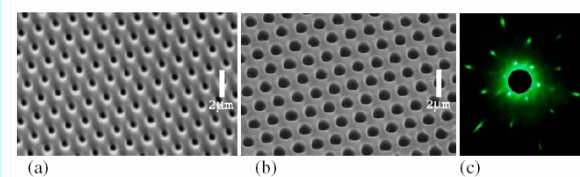
由于带有物体亚波长信息的倏逝(evanescent)波在正介电常数介质中的传播方向上以指数方式衰减，传统光学介质只能传输从物体发出的光的传播分量，这也就是为什么传统光学要受所谓的衍射极限的限制。最近的理论工作预言了一种超级透镜，这种透镜能够用于产生亚衍射极限的像。California大学Berkeley分校的Nicholas Fang等人通过沉积在石英衬底上的铬薄膜上应用聚焦离子束刻蚀一定的图案，以PMMA胶作为绝缘隔层，利用银作为天然的光学超级透镜演示了亚衍射极限成像实验，像的分辨率为60纳米半间距，或者六分之一光源波长。这预示了一条令人兴奋的通往纳米尺度光学成像和超小光电器件的道路。该成果发表在*Science* **308** (2005) 534上。



任意物体“NANO”通过银薄膜超级透镜的成像比较图

### 极超音速的光子晶体

光子操纵在基础科学和应用方面有很重要作用。MIT的T. Gorishnyy等人提出利用极超音速光子晶体来控制高频光子的发射和传播，他们采用干涉曝光制备高质量、单晶极超声晶体的方法，发现对超音速光晶体的直接测量是可能的并且伴随着布里渊光散射。数值计算被用于解释观察到的传播模式的本质。该成果发表在*Phys. Rev. Lett.* **94** (2005) 115501上。

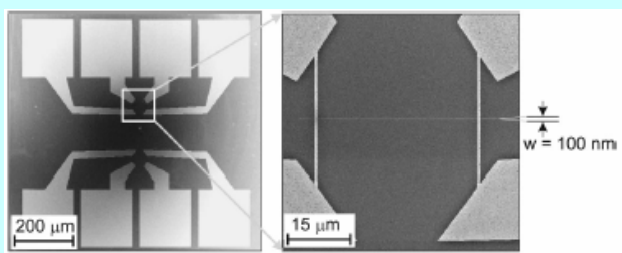


干涉曝光的方法获得的极超音速光子晶体以及激光衍射斑点

# 国外进展

## 单根钴纳米线的磁电阻效应和磁化反转

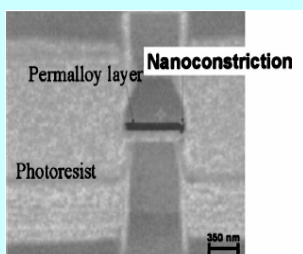
研究自旋输运现象,例如各种磁电阻效应,是发展和应用磁电子学的基础。但由于在纳米阵列中,相邻结构之间存在双极相互作用,会对自旋反转产生干扰。为了排除这些干扰的影响,人们利用各种测量手段对单独的纳米结构进行研究,例如SQUIDS、磁力显微镜、自旋极化扫描隧道显微镜等等。但是在结构中存在铁磁接触的时候,这些接触还是会影响到磁化反转的机制。德国Duisburg-Essen大学的B. Leven等人利用电子束光刻技术制作了一个单根钴纳米线和金做为接触电极的结构(下图)。由于采用非磁性的金做电极,就可以用来研究单根钴纳米线的纯粹磁化反转行为。单根钴纳米线的磁化反转机制与纳米线的宽度有关。当宽度小于230纳米时,磁化反转受钴的成核过程和磁畴的移动影响;当宽度大于3微米时,复杂的大量磁畴结构占主要影响;当宽度在230纳米和3微米之间时,磁电阻效应出现了一个“跃迁”的现象,是由于畴壁的移动所引起的。该成果发表在Physical Review B, 71 (2005) 064411上。



单根钴纳米线和金接触电极的结构(右图为局部放大结构)

## 用聚焦离子束刻蚀制作纳米尺度的磁电阻弹道探测器

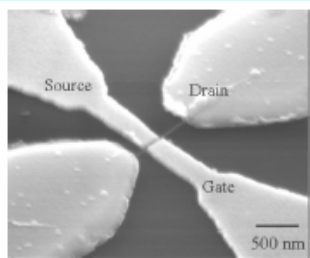
纳米紧缩结构在研究自旋电子学和应用磁电阻效应的随机磁存储领域有很广泛的应用。但是应用电化学制作出来的纳米紧缩结构或者纳米接触重复性很低,稳定性也很不好,而且在接触区域会引入氧化层,对磁电阻效应产生影响。并且电化学方法在材料选择方面也受到限制。美国Florida International大学S. Khizroev等人在沉积镍合金薄膜的基础上,利用聚焦离子束刻蚀制作了一个纳米紧缩结构(左图),用来研究磁电阻效应。使用这一结构,在100 Oe外加磁场的条件下,得到18%的磁电阻。该成果发表在Applied Physics Letters, 86 (2005) 042502上。



SEM图象显示用聚焦离子束刻蚀制作的纳米紧缩结构

## 利用悬浮碳纳米管制作纳机电开关

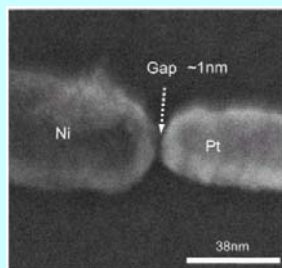
围绕利用碳纳米管制备纳机电系统开展了许多工作。但是到目前为止还没有关于用碳纳米管制作纳机电开关或者纳机电晶体管的报导。英国剑桥大学的科学家S. N. Cha等利用电子束光刻,金属薄膜沉积,去胶等工艺制备了由一根悬浮的多壁碳纳米管和一对自排列电极构成的纳机电开关/晶体管。电测量显示通过门电压改变影响悬浮碳纳米管和自排列电极之间的静电力可以实现很好的开关特性,开启电压约为3.6V。这一成果发表的Appl. Phys. Lett. 86 (2005) 083105上。



具有三极结构的纳机电开关

## 利用统计对准技术在金属电极间制作纳米级缝隙

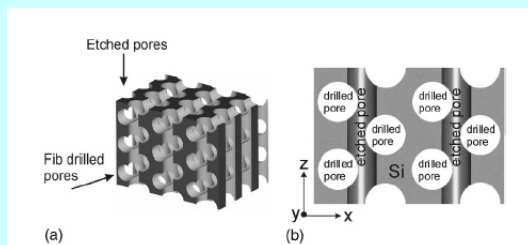
金属电极间的纳米级缝隙对于我们研究单个分子及金属纳米晶的电学性质是非常有用的,由于该缝隙一般要求在1-5nm之间,所以传统的电子束直写及其他的曝光技术很难实现。英国格拉斯哥大学的P. Steinmann等人采用统计对准技术,在电子束直写系统上利用三次直写、金属镀膜及溶脱工艺实现了金属电极间纳米级缝隙的制作,该方法不但可以实现所需要金属电极的制作,而且两电极端可以采用不同的金属材料。对该方法制作的缝隙宽度约为1nm的Pt电极I-V特性进行了测量,发现了明显的隧穿特性。该成果发表在Appl. Phys. Lett., 86(2005) 063104上。



纳米级金属电极的缝隙

## 多孔硅上制备大光子带隙的单量子点与半导体微腔的强耦合三维光子晶体

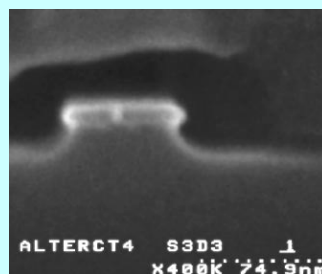
三维光子晶体由于存在完全的三维光子带隙而日益引起人们的兴趣。虽然人们已经能够制备出光子晶体,但是制备出带隙在近红外或者可见波段的光子晶体结构还是很困难的。美国加利福尼亚技术研究所的J. Schilling等人用光电化学方法和聚焦离子束技术相结合,用聚焦离子束在已经制备出一个方向上光子晶体结构的多孔硅上制备了另外一个维度的光子晶体结构,形成六方格子正交结构的光子晶体,并进行了光学性能方面的测试。光致发光数据显示的强关联也显示了被激发的量子点和腔体模式下的散射效应是不同的。该成果发表在APL, 86 (2005) 011101上。



两套六方格子正交结构的光子晶体

## Si量子点中addition谱的尺寸标度

测量电流随栅电压的变化可以提供量子点中addition能量的关键性信息。到目前为止,已经有实验观测到量子点中addition能量的变化,该种量子点具有高迁移率的二维电子气,并且这方面的理论研究也在进行中。法国Grenoble Cedex的M. Boehm等人使用深紫外/电子束曝光相结合的方法,制备了宽度在20-400 nm的Si纳米线,通过结构调控



高12nm、宽60nm Si纳米线截面

电阻局域化实现了低迁移率的纳米线中人造量子点结构(附图1),利用这种结构比较了Si量子点中addition谱随尺寸的变化情况,结果发现与理论计算结果相吻合。该成果发表在Phys. Rev. B 71 (2005) 033305上。