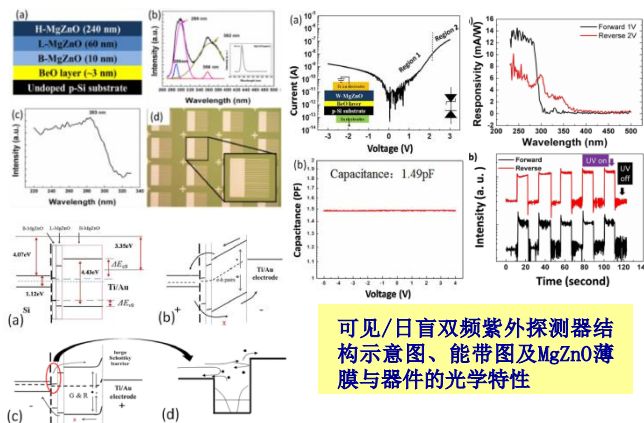


国内进展

集成双频MgZnO紫外光电探测器

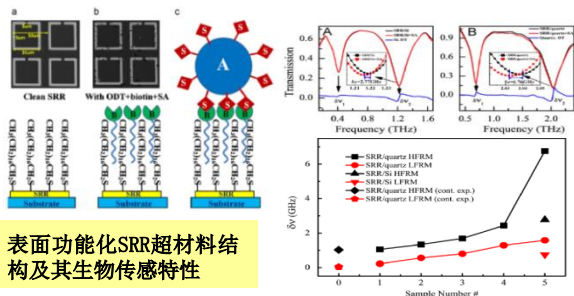
固态紫外光电器件在科学、军事以及商业等多个领域，如航天宇宙紫外探测、紫外成像、导弹预警系统、自动防火器以及星际间光通信等，具有重要应用价值，是目前光电子高技术领域的一个研发重点。诸多的半导体固态器件材料中，ZnO是第三代宽禁带半导体材料，掺杂ZnO的禁带宽度可在较宽波段进行调控。如调整 $Mg_xZn_{1-x}O$ 中的Mg组分，可使其带隙在3.37~7.8eV范围内变化，覆盖280~220nm波段，且其激子结合能高达60meV，是最有前景的固态紫外光电器件材料。鉴此，**中科院物理所杜小龙研究员课题组与微加工实验室合作**，在前期工作的基础上，设计生长了p-Si/BeO/B-MgZnO/L-MgZnO/H-MgZnO结构，通过紫外光刻-薄膜蒸发-溶胶技术，研制出了高性能的紫外探测器，其紫外/可见抑制比高达两个数量级，光响应时间小于100 ms。该工作发表在**Appl. Phys. Lett. 102 (2013) 153510**上，得到了科技部、国家自然科学基金委和中国科学院的项目资助。



可见/日盲双频紫外探测器结构示意图、能带图及MgZnO薄膜与器件的光学特性

基于硫醇功能化太拉赫兹超材料的无标识高灵敏生物传感器

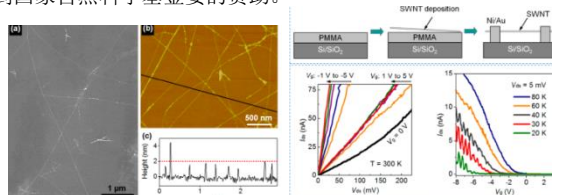
对特定生物进行识别在诸多的生物科学中有着广泛的应用。因此，在研究与商业领域，对具有高灵敏度、无标识的生物传感具有极大的需要。最近发展起来的超材料，由于其奇异的物理特性，在这一领域有着潜在的应用。鉴此，**中国科学院物理研究所L03汪力研究员组与微加工实验室合作**，通过紫外光刻技术以及金属热蒸发技术，在Si与石英衬底上制备了Au-U型劈裂环谐振器结构。表面功能化后的这一超材料结构对链琼脂糖在高频与低频均有谐振模式。在对商业购买的原始溶液的测量中，其高频响应频率发生红移至6.76 GHz处。揭示了低频谐振产生于结构的电感-电容谐振，高频谐振来源于等离子体偶极子谐振的机理。实验与计算表明通过衬底材料以及图形结构的调整可进一步实现灵敏度的优化。这一技术将在生物、医药以及药物运输等领域有着广泛的应用。这一结果发表在**Biosensors and Bioelectronics 42 (2013) 626**上。得到国家自然科学基金委与陕西自然科学基金基础研究计划等资助。



表面功能化SRR超材料结构及其生物传感特性

用于悬浮碳纳米管器件制备的单臂碳管低温沉积技术

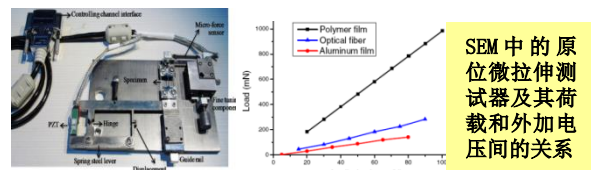
化学气相沉积技术广泛地应用于高性能碳纳米管器件制备中。但高温工艺与现有的互补型CMOS器件工艺不兼容。鉴此，**国家纳米中心的孙连峰研究课题组与物理所谢思深研究员以及微加工实验室合作**，研究发展了一种利用悬浮催化剂的化学气相直接沉积技术。制备过程中，生长好的纳米管被反应气体直接带至低温区域并着陆在表面具有PMMA层的 SiO_2/Si 衬底上。然后通过电子束光刻技术将这些纳米线加工成悬空的单臂碳纳米管器件。具有较小带隙的典型器件的电学特性测试表明这些单臂管常温下为p-型导电沟道，空穴迁移率为 $1410 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ S}^{-1}$ ；但低温下却表现出不同的输运特性。这一结果发表在**J. Phys. Chem. C (2013) 117 16256-16262**上。得到国家自然科学基金委的资助。



悬浮催化剂低温CVD生长的SWCNT及其单极器件结构与电学特性

紧凑型原位微拉伸测试仪与SEM的Moir'e环结合的薄膜机械特性表征方法

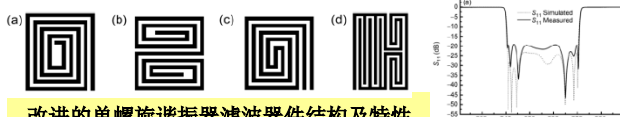
薄膜材料在微电子器件及微机械系统中具有广泛的应用，其质量与特性直接影响着这些器件的性能。因此，实际应用中需要对薄膜材料的弹性性质、残余应力、断裂强度和疲劳寿命等进行表征，以提高器件性能。但目前的测试技术中，微米尺度薄膜材料的定位与抓拿还不方便。鉴此，**清华大学谢惠民教授与物理所微加工实验室合作**，设计制备了一种紧凑型原位微拉伸测试仪，主要采用一个杠杆结构来放大压电陶瓷产生的位移，并将之与SEM的Moir'e环结合起来表征测试器部位的平均应力或是某一局部位置的应力。自支撑Al膜应力测试结果表明这一方法在薄膜应力测试中具有较好的可行性与可靠性。这一结果发表在**J. Micromech. Microeng. 23 (2013) 085021**上。得到国家基础研究计划、国家自然科学基金委以及清华大学等的资助。



SEM中的原位微拉伸测试仪及其荷载和外加电压间的关系

面向射频频天文应用的基于改进的单螺旋谐振器的超高频高温超导滤波器

射频频天文观测是高温超导微波器件的主要应用之一。最近，中国科学院国家天文台计划将高温超导滤波器用于极高频段脉冲星的观测。鉴此，**科学院物理研究所何豫生研究员课题组与微加工实验室合作**，通过系统的结构设计及模拟，采用紫外光刻与反应离子刻蚀技术，制备了具有强直接耦合、弱寄生耦合、输入输出通道灵活可调的符合射频频天文观测应用的超高频单螺旋高温超导器件。这一结果发表在**Sci China-Phys. Mech. Astron. (2013) 56 910**上。得到科学院项目的资助。

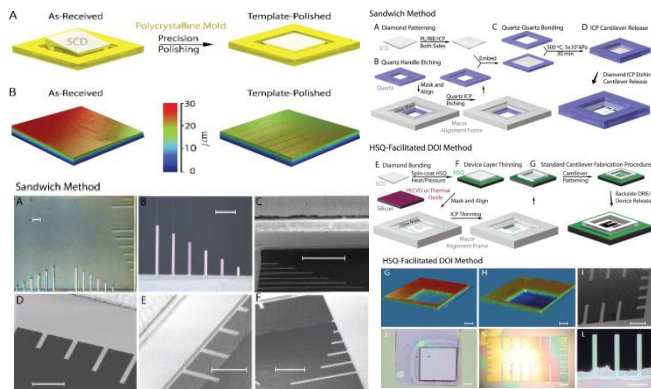


改进的单螺旋谐振器滤波器器件结构及特性

国外进展

单晶金刚石极高长宽比纳米结构的制备

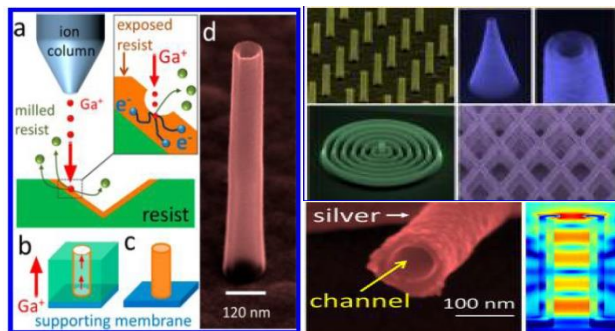
金刚石由于无法在其他衬底上实现异质外延生长而面临实现批量应用的障碍。当前，单晶金刚石上纳米结构的加工方案主要有三类：第一，在CVD生长的块材金刚石表面进行FIB或传统光刻加工；第二，在含有大颗粒的多晶金刚石膜上直接加工单晶颗粒；第三，将商业化金刚石减薄后再加工结构。其中，第三种方法存在诸多优势，但其困难包括要在面积为毫米大小的样品上实现亚微米的厚度变化，需要有简单可靠的薄片固定方法，保证刻蚀过程好的一致性以及准确的厚度测量。鉴此，瑞士苏黎世联邦理工学院的Y. Tao等人首先采用ICP在金刚石多晶膜上制备凹模板结构，再将单晶金刚石块材放入凹模板中固定并进行机械磨削，将粗糙起伏的金刚石表面进行平坦化，将厚度一致性提高到亚微米量级。他们发展了利用预留槽石英片两侧夹住金刚石薄片形成三明治结构及用HSQ做粘合剂的两种薄片固定方案。在支撑起来的薄片（厚度可达50纳米）上，用传统光刻方法可以得到长度/厚度比值达到2000:1的悬臂梁结构。整套加工方案为单晶金刚石NEMS及MEMS加工研究与工业应用提供了有效的方案。该结果发表在 *Adv. Mater.*, 25(2013), 3962 上。



模板抛光、三明治与HSQ粘合法及在金刚石片上制备的悬臂梁结构

三维中空多功能等离激元纳米结构

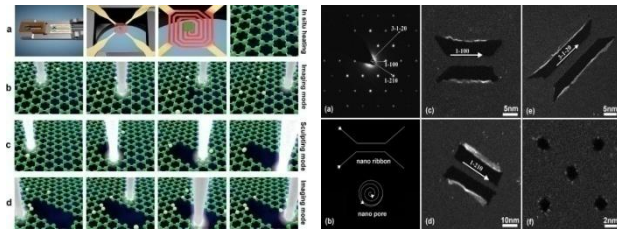
随着等离激元理论研究的不断深入和应用的日益拓展，等离激元器件在光流体等新领域的应用得以发展，但三维结构的制备和结构自身的非连续仍制约着其应用的实现。意大利理工的F. D. Angelis等人研究了一种利用基于FIB离子刻蚀的二次电子曝光技术，该方法可制备出纳米尺度的三维中空结构，它具有传统三棱柱或锥状结构所不具备的光学特性，在等离激元，特别是光流体应用方面具有更大的优势。通过对所加工的纳米阵列的透射谱的测量以及基于FDTD的单个纳米管的共振模式的模拟，研究人员发现该结构具有以下优势：在高阶模式区域可有效消光，可将光有效地局域在亚波长尺度的通道中，同时还能在保持此功能的前提下实现纳米“天线”与金属薄膜的耦合。结构的等离激元增强拉曼光谱测试证明该结构中的纳米通道可将入射电磁场增强约十倍。这种技术曝光速度快，适于进行大面积结构的制备，并且可制备多种三维结构，在纳米流体等领域具有广阔的应用前景。该结果发表在 *Nano Lett.* 13 (2013) 3553 上。



三维中空多功能等离激元纳米结构的制备过程、结构图及光学性质

悬浮石墨烯高温下原子尺度的STM裁剪

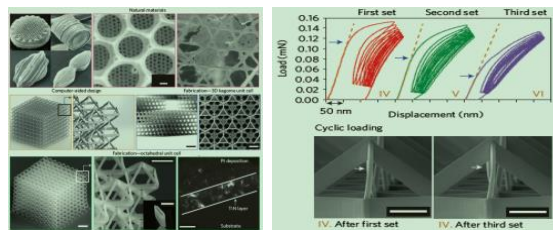
石墨烯纳米结构由于其独特的性质在电子、量子、自旋器件等多个领域有着广泛的应用前景。人们通过各种微纳加工技术实现了对石墨烯的任意裁剪控制。在诸多手段中，STM因其高分辨引起了人们的广泛关注。荷兰代尔夫特理工大学Qiang Xu等人探索了在高温下通过STM准确地沿不同晶向切割出2nm左右的悬浮石墨烯纳米带以及2nm孔阵的技术。发现在石墨烯冷却至室温时，在大气环境中，结构仍能保持。该成果发表在 *ACS Nano* 7(2013)2 上。



高温下STM切割悬浮石墨烯示意图及悬浮纳米带的SEM照片

三维空心陶瓷纳米结构的制备及形变研究

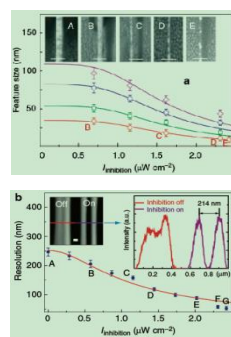
尺度小、机械强度高的材料一直是工程界追求的目标。许多硅质骨架构的生物有机体，由于具有不同结构单元的分层排列结构，较之与同样成分的人工材料，具有更高的强度与更小密度。加州理工学院的D.C. Jang等人将激光直写技术与原子层沉积技术相结合，制备了空心结构的TiN复合结构。该结构模拟了生物材料所具有的长长度尺度和等级。原位纳米机械实验和有限元分析结果显示，该固态结构能够实现1.75 GPa的抗张强度，且在多次的形变循环后不会失效，表明硬生物有机体所提供的等级设计原理可用来制备耐磨损的轻质工程材料，具有巨大的应用前景。该成果发表在 *NAT. Mater.* (2013) |DOI: 10.1038/NMAT3738| 上。



自然生物结构、实验制备TiN结构照片及其应力实验结果

特征尺寸为9nm的三维深亚衍射光学曝光

现有的纳米加工技术，如电子束光刻，能够提供纳米量级的制备分辨率，但还不能进行任意形状的三维纳米结构的加工。这加快了三维光学远场曝光技术的发展，如激光直写技术。但是光学衍射行为很大程度上制约了光学曝光的分辨率。最近，澳大利亚新南威尔士科技大学的Z. S. Gan等人合成了一种新型的双光子吸收树脂，该树脂具有高机械强度和小的光子吸收截面；利用此光刻胶进行三维光学曝光实现了特征尺寸只有9纳米 ($\lambda/42$)，双线分辨率只有52纳米 ($\lambda/7$) 的图形的制备，表明便携式三维激光直写技术的分辨率可提高与电子束曝光技术相比拟的程度。该研究发表在 *Nature Communications* (2013) |DOI: 10.1038/ncomms3061| 上。



纳米线特征尺寸、双线分辨率与抑制束强度的关系