

国内进展

“2011年微纳米加工技术讲习班” 在物理所成功举办

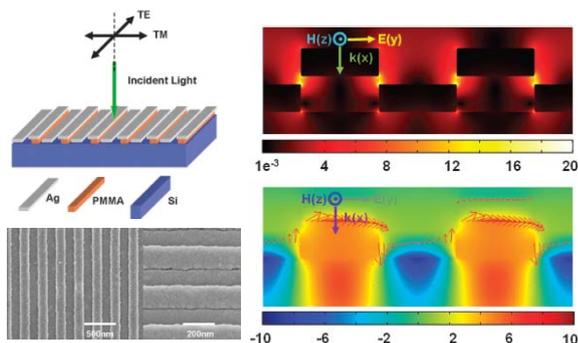
由中国科学院物理研究所、中科院北京物质和纳米科学大型仪器区域中心、基金委重大研究计划“纳米制造的基础研究”联合实验室共同举办的“2011年微纳米加工技术讲习班”于7月18日至7月22日在物理所成功举办。本次讲习班免费面向国内从事纳米科技的研究者,吸引了来自全国60多个中科院研究所和高校的300余名科研人员和研究生参加。讲习班将微纳米加工技术基础知识讲授与前沿专题讲座和先进微加工设备介绍相结合,聘请了苏州纳米所“千人计划”研究员崔铮主讲,讲授关于微纳米尺度加工技术的基础知识和应用;同时邀请了西安交大卢秉恒院士、物理所李志远研究员、理化所段宣明研究员、物理所李俊杰主任工程师、杨海方和李无瑕副主任工程师就微纳米加工技术的发展与应用做了前沿专题讲座;组织160余名学员参观了物理所微加工实验室。本次讲习班的成功举办达到了培养微纳米加工技术领域人才、搭建纳米科技合作交流平台的目的,得到了来自全国各地学员的一致好评,并对物理所在普及纳米科技知识和国内纳米科技人才培养方面的无私贡献给予高度评价。

2011年微纳米加工技术讲习班 7月18-22日 北京



表面增强拉曼光谱亚波长耦合光栅

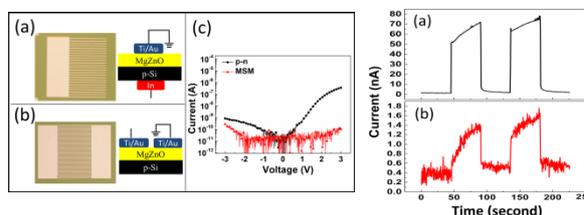
表面增强拉曼光谱是一种非常有效的探测界面特性和分子间相互作用、表征表面分子吸附行为和分子结构的工具,在痕量分析乃至单分子检测、化学及工业、环境科学、生物医学体系、纳米材料以及传感器等方面的研究中得到了广泛应用。在实际应用中,耦合等离子体金属结构的可重复高可靠的制备技术仍是一种挑战。目前的加工技术中,采用精度最高的电子束光刻或聚焦离子束技术制备水平方向间距为几纳米的纳米结构还相当困难,但垂直方向上通过隔离层的使用来制备间距为纳米级的纳米结构却容易得多。鉴于此,北京大学物理学院的侯玉敏教授课题组与微加工实验室合作,采用PMMA替代传统的SiO₂作为中间层,通过金属蒸发与电子束光刻工艺,制备了Ag双层金属光栅结构,其中间层厚比已报道的中间层厚缩小了3倍多,获得了比传统结构中大三个数量级的SERS增强因子。另外,他们还研究了与入射波波长、长程与短程光栅机构相关的表面增强拉曼光谱特性。这一研究为极灵敏SERS结构的制备提供了有效的技术途径。此结果发表在Phys. Chem. Chem. Phys. 13 (2011) 10946上。



Ag 双层金属耦合光栅结构及在磁共振1033纳米波长光垂直入射条件下截面方向的场分布特性模拟结果

n-MgZnO/p-Si 紫外探测器性能的结构相关性

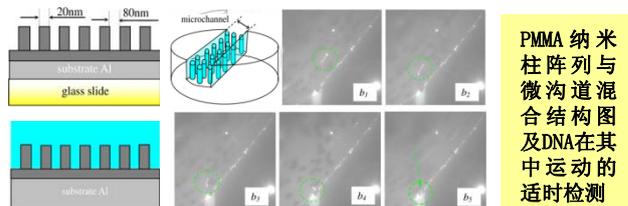
日盲紫外探测器在多个领域具有重要应用价值,是目前光电子高技术领域的一个研发重点。ZnO是第三代宽禁带半导体,掺杂ZnO的禁带宽度可在较宽波段进行调控,如调整Mg_xZn_{1-x}O中的Mg组分,可使带隙在3.37~7.8eV范围内变化,覆盖280~220nm的日盲波段。物理所杜小龍研究员课题组与微加工实验室合作,用微纳加工技术,通过器件结构优化,研制出光响应截止波长为270nm、光响应度为0.02A/W、光响应时间小于500ns的高性能纤锌矿相MgZnO日盲紫外探测原型器件,该工作已发表在Appl. Phys. Lett. 98 (2011) 103506上,得到了科技部、国家自然科学基金委和中国科学院的项目资助。



n-MgZnO/p-Si 异质结及MSM MgZnO器件结构与探测特性

用于单生物分子动力学研究的功能微纳结构

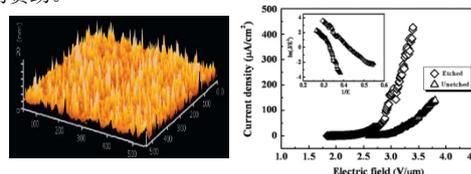
近年来,微纳混合结构在生物研究领域引起了广泛的研究兴趣。包含有纳米阵列结构的微通道混合体是DNA分子分离,选择性细胞图形化以及光子晶体研究中的主要结构。最近,西北大学王凯歌教授课题组与微加工实验室合作,通过阳极氧化铝模板的制备-PMMA敷涂-热烘烤-剥离等程序,制备了间距约为20nm的PMMA纳米线阵列结构,并通过椭圆偏光显微镜与EMCCD技术,适时观测了Lambda DNA在纳米线阵列中与阵列图形尺寸及图形分布相关的运动过程。该工作已发表在Micro & Nano Letters (2011) 292上,得到了陕西自然科学基金,西安科技创新计划以及国家纳米科技中心项目资助。



PMMA 纳米柱阵列与微通道混合结构图及DNA在其中运动的适时检测

高效场发射纳米金刚石膜的反应离子刻蚀制备

金刚石材料除了具有优越的机械、热导、稳定的化学性质以及生物兼容性外,还具有负的电子亲和势,是卓越的场发射材料。然而,金刚石薄膜具有较高的开启场及较低的场增强因子,无法满足实际应用的要求。鉴于此,中科院物理所微加工实验室的田士兵等人,通过纳米金刚石薄膜材料的生长-纳米颗粒掩模分散-反应离子刻蚀等工艺制备了金刚石纳米针阵列,对场发射特性的测试结果表明由纳米针几何结构决定的大的表面积-体积比以及针尖效应,加工的金刚石针尖阵列具有比相应的薄膜材料大为提高的场增强因子与大大降低的开启场。这项工作发表在Physica E 43 (2011)1902上,得到国家自然科学基金委与科学院知识创新工程项目的资助。

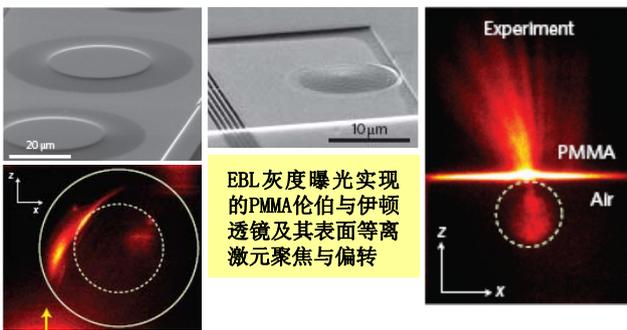


RIE刻蚀后的纳米金刚石薄膜表面形貌及刻蚀处理前后的场发射特性比较

国外进展

等离子体伦伯透镜与伊顿透镜

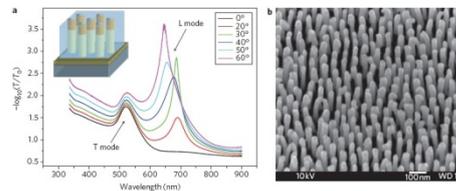
目前,表面等离子体已经在生物传感、亚分辨极限成像、聚焦曝光、纳米光路等领域大量应用,但通常的表面激元光学组件如波导、透镜、分束器等等都由金属结构组成,而这些金属结构不可避免地会导致散射的增加。最近,美国加州大学伯克利分校的**T. Zentgraf**等人利用EBL和灰度曝光技术制备出了由非均匀介质所构成的新型伦伯及伊顿透镜,利用介质厚度对表面等离子体有效折射率的影响,通过特定梯度折射率的设计,可以有效地控制表面等离子体在金属表面的传播,从而实现特定的聚焦或偏转。这项工作证实:可以通过单独调制金属表面的介质材料分布来实现对表面等激元传播的有效控制,从而为更复杂的等激元器件的实现提供了可能。该工作发表在**Nature Nanotechnology 6(2011)155**上。



EBL灰度曝光实现的PMMA伦伯与伊顿透镜及其表面等激元聚焦与偏转

非局域增强等激元纳米棒超材料的超快光学非线性现象

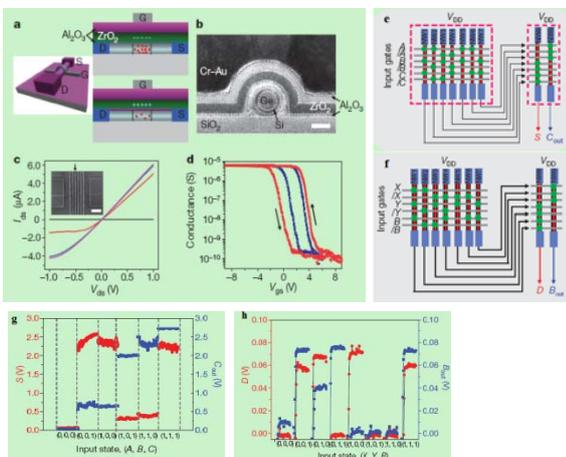
全光信号处理在信号调制和传输速度方面有着传统电信号所不能比拟的优势。然而光子-光子相互作用受材料本身的非线性效应影响较弱,在实际应用中受到限制,尤其是在高开关速率应用中。北佛罗里达大学的**G. A. Wurtz**等人利用等激元纳米棒超材料的非局域的光学行为实现了增强的超快非线性光学响应。利用阳极氧化铝模版和电化学沉积工艺制备出了直径在20nm左右的Au纳米棒阵列,采用泵浦-探测光路进行测量,在入射光与样品呈一定夹角时,可以激发出T模式以外的L模式。其中L模式是非局域的激发模式,具有更高的瞬态响应强度。利用这种亚波长尺寸的超材料,可在较低的光通量(7mJcm⁻²)下实现THz频率较大光透过率的改变(80%),响应时间在亚皮秒量级。其响应时间和非线性特征能够通过适当的材料尺寸的设计实现调控。这种局域增强的非线性瞬态响应超材料可用于制备超快、低功率的全光信息处理亚波长尺寸器件。该成果发表在**Nat. Nanotech. 6(2011)107**上。



等激元纳米棒超材料与光入射角相关的线性响应及形貌

基于可编程纳米线电路的纳处理器

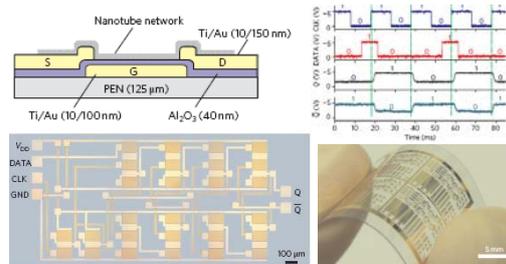
纳米处理器是纳米系统组成的重要原件,过去由单个纳米线/纳米管组装的简单逻辑门,最多只有16个器件,每个电路的功能单一。最近人们采用一维记忆电阻阵列实现了逻辑电路,但是该器件没有增益。以前构造的器件在材料,集成与结构上存在诸多问题,无法实现纳米处理器所要求的尺寸缩小与多功能化的要求。哈佛大学的**Hao Yan**等人设计制作了可编程伸缩的逻辑瓦来构筑纳米处理器。该逻辑瓦由可编程的非挥发纳米线晶体管阵列构成。Ge/Si的核/壳结构纳米线与绝缘层耦合产生单个纳米线非挥发场效应晶体管,这样晶体管具有一致的可调控的阈值电压,可以实现级联。通过对可编程的纳米线场效应晶体管的设计与集成,形成一种逻辑瓦单元。该逻辑瓦是可编程的,可以当作一个全加器,该全加器最大的电压增益为10,输入输出电压匹配。同样的逻辑瓦也可以用来实现全减器,多通器,信号分离器,锁存器等功能。这项工作代表着自下而上方式制造电路技术在复杂性和功能上的一次飞跃,可以级联实现完全整合的纳米处理器,具有计算,记忆和寻址功能。该成果发表在**Nature, 470 (2011) 10**上。



可编程纳米线场效应器件结构与电学特性,基于可编程纳米线场效应器件的全加器电路结构及其输出特性

高性能碳纳米管集成电路

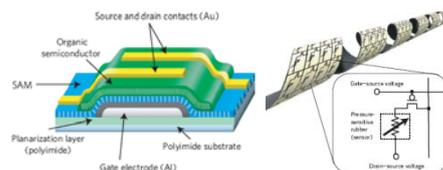
利用碳管薄膜晶体管有望获得一种高效、柔韧、透明器件的简单制备。然而,碳纳米管往往是金属性和半导体性共存,这导致载流子迁移率和开关比优化的矛盾。人们研究了许多分离金属性纳米管和半导体性纳米管的方法,但是大部分方法会导致碳管的污染及短路或参杂,使其性能降低。日本名古屋大学的**Dong-ming Sun**等人通过悬浮催化化学气象沉积和一个简单的气象过滤转移过程,在柔韧的透明的基底上制备了高性能的薄膜晶体管和集成电路。所制备的晶体管网络具有高度的密度和独特的形貌。该晶体管同时显示了高的迁移率(35cm²V⁻¹s⁻¹)和开关比(6×10⁶)。该成果发表在**Nature Nanotechnology DOI: 10.1038/NNANO.2011.1**上



CNT器件结构,主从延迟触发器电路,输入-输出特性以及柔性衬底上电路图

高弯曲稳定性柔性有机晶体管和电路

柔性电子电路是发展卷曲显示器、一体化传感器、生物降解电子和其他非传统器件应用的基本先决条件。柔性电路的可弯曲最小半径、弯曲稳定性、场效应晶体管迁移率、操作电压和应力诱导损伤是评价柔性电路的重要指标。为了获得具有极高弯曲稳定性的高性能柔性有机电路,日本东京大学的**The University of Tokyo**的**Tsuyoshi Sekitani**等人在超薄塑料基底上利用平整层和杂化封装等技术使器件处于中性应力点,从而获得了弯曲半径为100微米的柔性有机电路。制备的器件的操作电压和迁移率分别为2V和0.5cm²V⁻¹s⁻¹,且能够边弯曲边工作。该工作发表在**Nature Materials 9(2011)1017**上



高柔性有机晶体管截面示意图及卷曲柔性器件