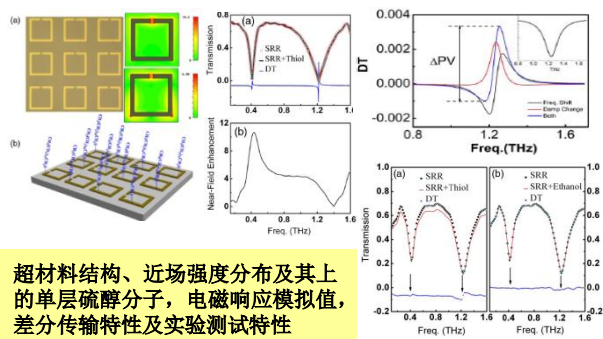


国内进展

基于太拉赫兹超材料差分传输审讯的自组装硫醇的探测

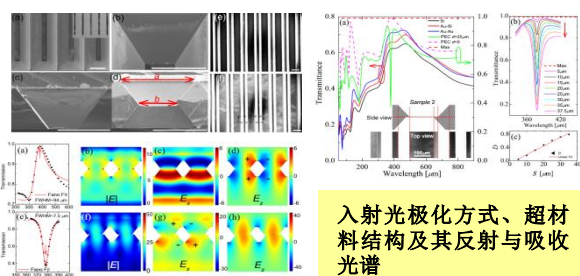
无标识的生物分子传感，尤其是具有特殊反应的生物分子探测，是化学反应分析、医药诊断以及环境保护等领域的首要问题。基于金属薄膜的表面等离激元增强与基于金属纳米颗粒的局域表面等离激元增强是无标识生物分子传感在化学与生物领域应用的两种有效方式。电磁波传播时，受微区环境影响，其强度与频率均可发生改变。怎样进一步提高这种相互作用响应的灵活性与可调制性，具有重要的理论与应用价值。最近，**中科院物理研究所L03汪力研究员课题组**、**西北大学的徐兴龙教授等与微加工实验室合作**，通过紫外光刻、金属沉积与剥离工艺，制备了金U形劈裂金属超材料结构，系统的研究了基于太拉赫兹超材料差分传输审讯的机制。揭示了差分传输信号主要来源于硫醇分子与超材料间的电子交换或者是电介质的改变。他们还通过洛仑兹模式来研究差分传输审讯原理，发现理论上谐振频率与阻尼衰减的改变应可同时检测；并通过实验进一步验证了这一方法用于与硫醇分子链长度相关的传感特性测试的可行性。实验数据表明增强效应在超材料结构的间隙或转角处最明显。该工作发表在 **Appl. Opt. 52 (2013) 4877** 上。得到自然科学基金委、国家重点基础研究发展计划及陕西自然科学基金研究计划的资助。



超材料结构、近场强度分布及其上的单层硫醇分子，电磁响应模拟值，差分传输特性及实验测试特性

半导体三维光栅中对称破损导致的反谐振

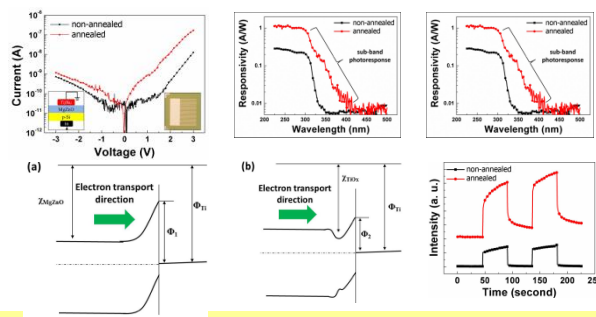
金属薄膜上亚波长孔洞阵列中光学透射增强(EOT)现象的发现激发了人们突破光衍射极限通过人工结构调制光传播的极大兴趣。研究人员普遍认为EOT的出现在于金属-介质界面处的表面等离激元的谐振激发。这一现象已有大量的研究，并认为在近场成像、光刻以及生物探测等领域应用前景广阔。因此，研究可对表面等离激元的激发与传播进行大幅度调制的器件，具有重要的理论与实际应用价值。最近，**中科院物理研究所SC3丘祥冈研究员课题组与微加工实验室合作**，通过PECVD介质薄膜的生长、紫外光刻、RIE刻蚀以及湿法腐蚀等一系列工艺的交叉使用，设计制备了Si衬底上的对称破损三维光栅结构，在谐振频率附近观察到了等离激元的反谐振现象。计算表明，由于垂直方向上结构的对称破损，等离激元在金属上下表面的传播是解耦的，由此使得电磁波干涉相消，导致光谱中的反谐振现象。该工作发表在 **Appl. Phys. Lett. 102, (2013) 151113** 上。得到自然科学基金委与国家重点基础研究发展计划资助。



入射光极化方式、超材料结构及其反射与吸收光谱

n-MgZnO/p-SiC紫外光电探测器Ti/Au接触特性的退火效应

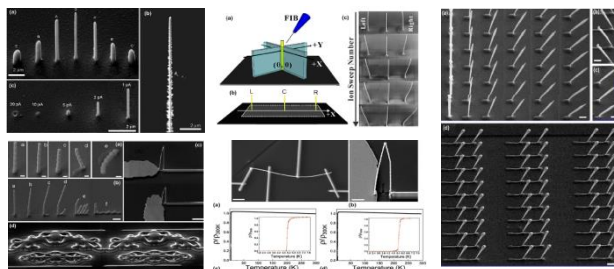
作为氧化物半导体，纤锌矿结构的 $Mg_xZn_{1-x}O$ 具有3.37 到 7.8 eV的连续可调的直接带隙，在紫外发光二极管、紫外激光二极管、紫外光电探测器以及二维电子气器件中具有潜在的应用。其中，对于紫外光电探测器，人们一直追求获得截止波长窄，光电响应度高以及响应速度快的特性。为达到这一目标，近些年已有大量的研究工作探索提高 $Mg_xZn_{1-x}O$ 材料中Mg的含量，以获得高性能深紫外器件。**中科院物理所E04杜小龙研究员课题组与微加工实验室等合作**，在前期工作中通过界面工程技术，已经获得了高掺杂、高质量的 $Mg_xZn_{1-x}O$ 薄膜器件。最近，为了进一步提高器件的性能，他们研究了接触热退火效应对器件性能，如漏电流、信噪比、内部增益以及衰减时间等的影响及机制。发现退火过程中，O从MgZnO中扩散出来，与界面处的Ti成键，是影响Ti/TiMgZnO结以及器件特性的主要原因；退火后残余光电流是由界面处的O空位造成的，实验结果与理论计算一致。这一工作揭示并证实了退火在界面处发生的反应在器件性能中起主导作用。该工作发表在**IEEE Trans. Electron. Dev. 60 (2013) 3747** 上。



器件结构、退火前后的I-V、光响应、拉曼谱、能带及响应速度

基于聚焦离子束技术的三维纳米结构的制备与测量

三维纳米结构与器件具有许多优异的机械与物理性质，是新型器件构建与多功能集成的基本单元。鉴于，**中科院物理所微加工实验室与英国伦敦纳米中心的J. Fenton、英国索尔福特大学的T. Shen 等合作**，系统研究了采用聚焦离子束技术进行基于离子束诱导的化学气相沉积以及离子束辐照诱导的形变在三维纳米结构构建中的基本规律与应用。一方面探索了沉积过程中前驱体气态分子的有效供应、离子束的聚焦程度以及束流密度在纳米结构生长中的作用；另一方面，研究了离子束辐照各参数对形变过程与形变量的可调制性。获得了高可控的纳米点接触，纳米间隙及多肢结构；并探索了形变中的衬底效应及静电相互作用，揭示了核电效应可使纳米线背向离子束弯曲。电学特性测试表明FIB-CVD制备的三维纳米结构与通过扫描形成的结构具有大致相同的导电与超导特性，为三维器件的直写制备提供了基础。该工作发表在**J. Mater. Res.,28 (2013) 3064** 上，得到国家自然科学基金委等的资助。

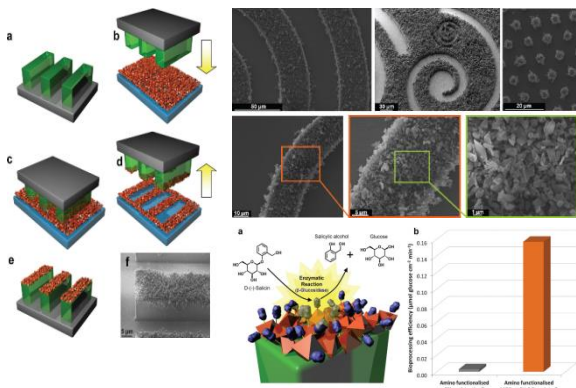


FIB-CVD及FIB辐照制备的自支撑纳米结构及其电学性质

国外进展

基于紫外曝光与纳米压印技术的金属有机骨架配合物 (MOFs) 的图案化

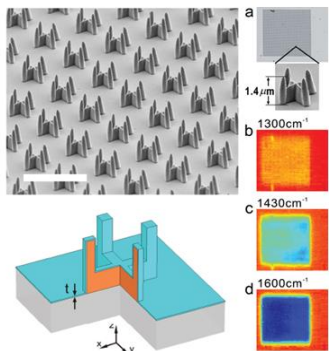
超金属有机骨架配合物 (MOFs) 是一种很有技术应用前景的超多孔材料。在这种材料中, 金属原子由多配位机桥接配体连接形成晶体结构, 具有丰富的理化性质。将多功能MOFs置于如微芯片系统或者微流体器件等微型器件上或与之合并, 是多功能MOFs材料商业应用发展的目标。目前的深度X射线光刻等加工还没法用于这一材料的制备。为了实现对不同衬底上不同种类功能多孔晶体材料的加工, **澳大利亚联邦科工的Cara M. Doherty**等人结合紫外曝光与热压印技术, 对亚微米厚的MOF晶体进行图案化。他们首先在SU-8光刻胶上紫外曝光出图案, 并从胶体溶液中制备MOF膜, 然后将制备好图案的SU-8膜压印到95°C加热的MOF膜上, 2分钟后分离, 即可得到MOF图案。这种制备方便、便宜且有效。由于压印过程与光刻过程是分离的, 可用于加工几乎所有MOF材料。结构加工的分辨率取决于MOF材料的晶粒大小与MOF膜的质量。实验表明, 这种加工方案不影响MOF材料的功能。该成果发表在 **Adv. Mater.** **25(2013), 4701** 上。



MOF膜图案化的压印过程及所得图案与生物功能检测

可用作完美吸收器的结构化金属膜

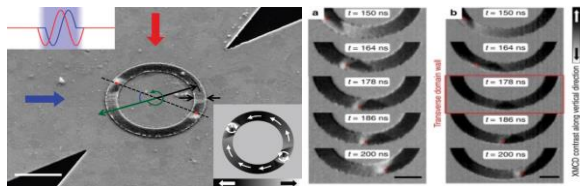
金属平面用作反射器的历史可追溯至上千年前, 但若将亚波长的微结构引入到金属表面, 则可使其表现出众多的奇异特性, 如负折射率、超高空间分辨率等, 其中超材料吸收器引起了人们更广泛的兴趣。传统吸收器多是金属-介质-金属夹层结构, 这种结构导热性不好, 难以满足应用需要。鉴此, **南京大学的王穆**等首次报道了一种由两交叉直立U型共振器组成的四叉鱼形共振器新型结构。该结构是通过双光子聚合效应在玻璃衬底上制备紫外光敏感光刻胶图形, 然后进行金膜蒸镀而形成的。透过、反射、吸收谱测试发现此结构 (叉高为1.3 μm -1.8 μm) 对中红外波段 (1000-2000 cm^{-1}) 的光吸收可达90%。研究发现吸收峰的峰高和位置与结构中的叉高和两U型的对称性密切相关, 即可通过结构参数调整实现对整个振荡器吸收性能的调制。另外, 与传统的金属-介质-金属结构的吸收振荡器相比, 本文所制备的结构因振荡发生在鱼叉形的叉之间, 而非传统结构中的介质层, 因此具有更好的热传导特性。同时, 由于表面覆盖的是连续的金薄膜, 该结构同样具有很好的电导性能。这些结果表明, 这种覆盖金膜的交叉双U形共振器作为吸收器具有广阔的应用前景。该工作发表在 **Adv. Mater.** **25 (2013) 3994** 上。



交叉双U形金膜振荡器结构吸收器及其吸收特性

畴壁移动速度与自旋结构共振的关系

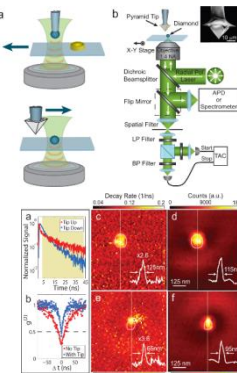
磁传感器和磁逻辑器件都依赖于精确地控制弯曲纳米线中磁畴的运动速度及其位置。以往人们认为改变磁畴运动速度的因素有基于本征效应的自旋共振转换和缺陷引起的钉扎。**德国康斯坦茨大学安德烈等人**通过制备直径为2-2.5 μm , 宽度为500-750nm, 厚度为30nm的坡墨合金纳米线, 施加一个沿圆环旋转的磁场, 发现畴壁移动速度的变化与旋转的磁场跟周期性变化的畴壁自旋结构有关。且畴壁移动速度越快, 则越不容易在缺陷处钉扎, 反之, 越慢, 则易钉扎在缺陷处。这对在磁逻辑器件和传感器重精确控制磁畴速度和位置有很大的帮助。这项工作发表在 **Nature Communications** | **4:2328** | DOI: **10.1038** 上。



环形纳米线结构的SEM、STXM照片及磁畴钉扎位置

基于金刚石NV中心的纳米尺度荧光寿命成像

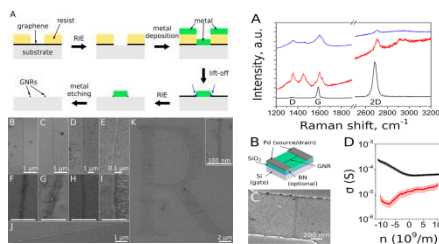
掌握纳米材料中的局域电磁模式分布是纳米尺度下进行光与物质的相互作用控制的前提与基础。在局域电磁场环境下, 对光活性材料的激发态寿命探测可获得光场局域态密度分布, 亦即进行纳米尺度荧光寿命成像显微技术。目前, 人们已在单分子与单量子点系统上做出了很多尝试, 然而荧光漂白与荧光闪烁仍是这些系统的最大问题。由于金刚石NV色心能在室温下稳定发光, 且发光特性在纳米金刚石中得以保持, 是克服这一问题的首选体系。鉴此, **美国罗切斯特大学的Ryan Beams**等人用纳米金刚石中的单个NV中心作为探针, 将自制的AFM扫描针尖与反向共聚焦显微镜结合, 固定测量对象或者所用的NV探针, 实现了对纳米光学天线的扫描荧光寿命成像。该成果发表在 **Nano Lett.** **13 (2013) 3807** 上。



荧光寿命成像显微实验装置及其扫描图像

弯月形掩模光刻制备石墨烯纳米带

石墨烯的电子结构和能带与其本身宽度和边界几何结构有关。目前, 将石墨烯图案化的加工方法有很多种, 但这些方法中, 在基片上制备~10nm石墨烯纳米带时需要用到图形化光刻技术, 实验条件要求与成本均较高。针对当前现状, **美国赖斯大学的Vera Abramova**等人, 提出了自组装式弯月形掩膜制备石墨烯纳米带的技术, 巧妙的利用两次刻蚀, 以金属作为牺牲层, 灵活高效地制备出了小于10nm的, 高长宽比的石墨烯纳米带。在石墨烯和金属牺牲层间, 大气中的水吸附形成弯月状图案, 用于掩膜, 通过低压的Ar反应离子束刻蚀, 在SiO₂/Si和BN基底上分别刻蚀出石墨烯纳米带以及其他金属纳米带。在SiO₂/Si基底上, 刻蚀出的石墨烯纳米带呈现出带隙打开的电学特性, 然而, BN基底上的石墨烯纳米带仍然呈现零带隙。该文章发表在 **ACS Nano** **7(2013)8** 上。



弯月形掩模流程图、石墨烯纳米带FETs器件SEM照片及其电学特性