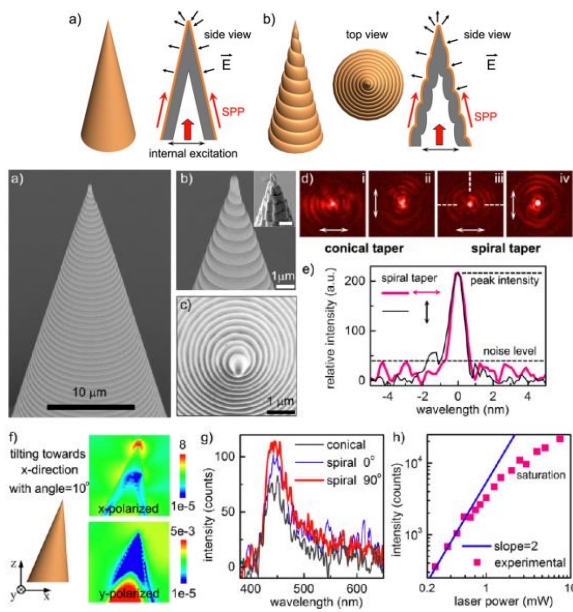


国内进展

对称破缺螺旋波纹结构的激光直写加工与等离激元光学特性

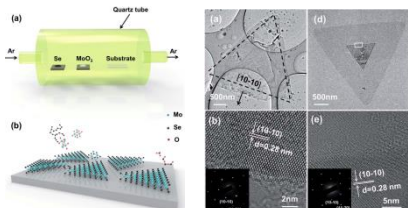
三维微纳米功能结构在很多领域有着重要的应用,尤其是在三维纳米聚焦、强场光学、高分辨生物传感等光电结构与器件领域。但目前的三维结构多为对称结构,光传播过程中的能量损耗极大,并且效应的有效产生对入射光的偏振敏感或需要严格的对准,不易满足实际应用要求。三维激光直写是通过双光子吸收光聚合作用在微小区域发生光刻胶的选择性交链或断链反应。从而通过样品台或激光束的位移,可大面积地制作任意形状的微纳三维结构,尤其适合加工三维纳米光学、生物与机械器件。最近,物理所光学实验室L01组李家方副研究员等与微加工实验室合作,在前期工作的基础上,采用激光直写加工制备了对称破缺螺旋波纹结构,金属沉积结构表面金属化后的光学特性测试表明,对称破缺螺旋波纹结构对入射光的偏振方向不敏感,并且在圆锥顶端具有极大的场增强效应与非线性光学效应。该结果发表在 *Scientific Laser Photonics Rev.* **8** 602 (2014) 上。得到了中国科学院、国家自然科学基金委员会和科技部相关项目的资助。



对称破缺螺旋波纹结构示意图、SEM照片及光学特性

高晶态MoSe₂的大面积CVD制备及光电特性

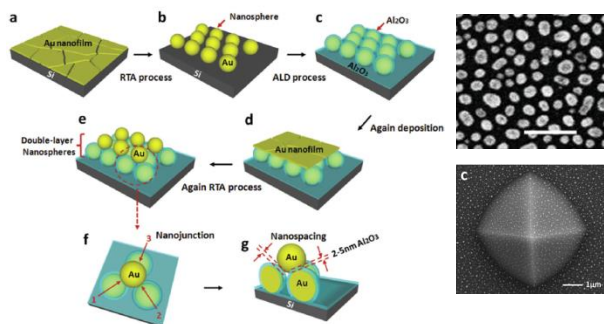
不同衬底上过渡金属硫化物原子薄层的大面积生长是柔性异质器件研究的关键问题。鉴于,中国科学院理化研究所的Xia等与物理所微加工实验室合作,开发了一种MoSe₂原子层的大面积高质量制备方法。作者采用CVD技术,在大气环境中制备了高晶态的多层MoSe₂,在532 nm激光照射下,其光电响应时间为60ms,灵敏度为13mA/W,说明MoSe₂是光电研究的理想材料。该结果发表在 *Nanoscale* **6** 8949 (2014) 上。得到国家自然科学基金委员会与科学院等项目的资助。



MoSe₂CVD生长工艺原理图及材料的高分辨结构表征

可调纳米间隙双层堆垛Au/Al₂O₃@Au纳米球结构的晶圆面积制备与SERS特性

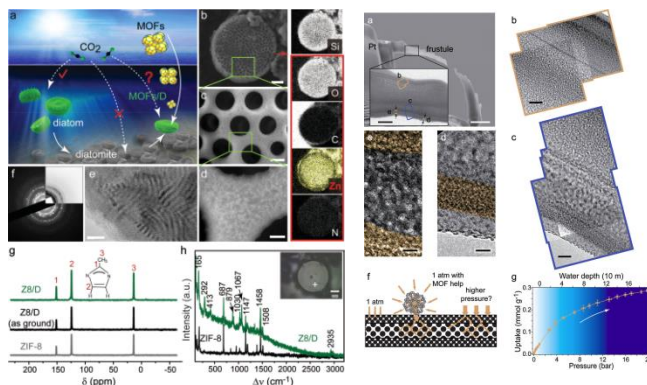
贵金属纳米颗粒间的等离激元耦合使之具有局域场增强,因而具有极强的表面电磁聚焦效应,应用前景广阔,激起了广泛的研究兴趣。但完美等离激元纳米结构地制备一直是SERS研究与应用的难点。最近,中科院物理所微加工实验室的硕士研究生胡兆胜等利用简单的微加工工艺在晶圆面积衬底上制备了双层堆垛的Au/Al₂O₃@Au纳米球结构。这一技术的工艺步骤首先包括金纳米薄膜的电子束蒸发生长,热退火纳米球的形成,Al₂O₃薄膜的原子层沉积;然后生长第二层金金属并进行热处理形成Au/Al₂O₃接触。所制备的结构SERS增强因子高达10⁷。异质纳米球结构(Au/Al₂O₃@Ag)或采用金字塔阵列结构,可以进一步将场增强因子提高到10⁹。这一技术为超灵敏拉曼检测,分子器件以及纳米等离激元结构的制备提供了有效方法。该工作发表在 *Small* **10** 3933 (2014) 上,得到国家自然科学基金委及中国科学院等相关项目的资助。



金纳米球等离激元纳米间隙与纳米接触制备流程及SEM照片

死亡矽藻金属有机物框架结构CO₂吸附体

矽藻活体是最常见的海洋浮游生物,通过光合作用吸收20%的CO₂,产生40%的海洋原始产物,而随着其死亡这个过程也骤然停止。最近,上海交通大学顾佳俊教授课题组与科学院物理所微加工实验室合作,通过对矽藻体进行金属有机物框架结构填充形成混合结构后,恢复了死亡矽藻的活性。如填充有沸石结构的矽藻,在温度298K压强1bar情况下,储存CO₂的能力为0.80 mmol/g,比处理前的体系提高了20%。聚焦离子束横截面加工以及高分辨结构分析显示矽藻为松紧交替的多层结构,与以前报道的无序多孔结构不同。揭示了这一特性的机理,为环境研究及治理提供了理论与实验依据。该结果发表在 *Adv. Matt.* **26** 1229 (2014) 上。得到国家自然科学基金委与科技部等项目的资助。

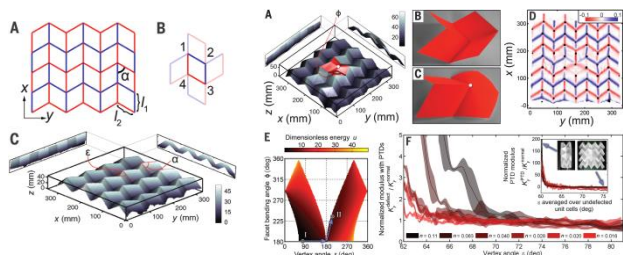


未处理死亡矽藻结构及细胞横截面透射电子高分辨分析

国外进展

机械超材料结构的折纸折叠加工

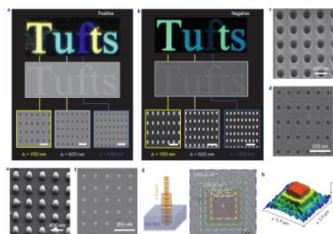
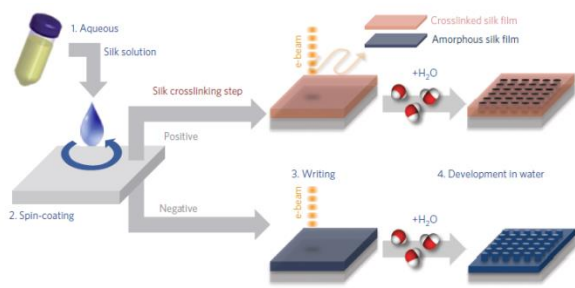
科学与技术的发展使人们对材料的需求提出了新的要求。近年来,物理学家和材料科学家们都要应对这样一个日益突出挑战,即希望不仅可以通过材料的本征性质,还可以通过结构来随心所欲的“定制”所需要的物理特性。最近,美国马萨诸塞大学,自康奈尔大学和西新英格兰大学的多个课题组合作,发明了一种基于折纸的折叠技术。这一技术也被称为镶嵌细工 (tessellation), 在自然界的一些树叶、组织中也可以见到。以这种方式被折叠的物体体积可以被压缩得非常小,而且只需很小的力就可以从角落展开整个物体。如从一个轴压缩材料,它们就会从其他方面展开;或者是在一个方向折叠,它们会从所有方向折叠。敏感活性材料可以通过温度、压力、电磁场或其他环境的改变,调整其形状、规格和物理特性。因此,只通过改变微观结构,传统材料就可以转变为新型材料。作者通过使用一种特殊类型的折纸材料(Miura-ori), 获得了多种结构。借助这样的材料,研究人员可以从简单结构入手制造出完整的结构和系统,用于研发分子级别的机器,完成机械性任务等。相关研究成果发表在 *Sciences* 345 647 (2014) 上。



Miura-ori三维折叠加工理论、试验以及成型特性模拟结果

蚕丝光刻胶全水基电子束光刻加工技术

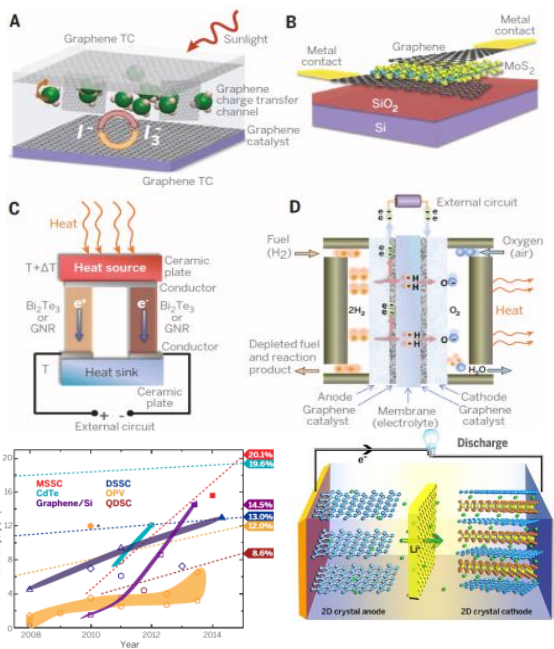
传统的光刻技术通常采用有毒性的光刻胶及显影液,并具有非常复杂的工艺步骤。从实验室向产业化的转变中,纳米加工需要简单化、绿色化、低成本化。虽然已有好些种类绿色光刻胶用于电子束光刻的尝试,但曝光的灵敏度较低,加工的图形边沿不平整并且无法进行尺寸的自由缩放。鉴此,最近美国塔夫斯大学的Kim等,发展了一种全水基蚕丝电子束光刻技术。制备了纯蚕丝以及掺杂有半导体量子点、绿光荧光蛋白以及辣根过氧化酶等纳米尺度的光子晶体结构。由于自组装晶态蚕丝具有多种形态,其块材的可溶性可通过能束辐照来调制;而且显影液亦为水,使得这一工艺全过程为绿色加工。另外,与电子束相互作用,蚕丝既可作为阳性也可作为阴性光刻胶;还可以通过添加与掺杂进行多功能调制。是一种极为有效的绿色纳米加工新的技术。该成果发表在 *Nature Nanotechnology* 9 306 (2014) 上。



蚕丝薄膜上全水电子束光刻原理及所加工的各种纳米结构的SEM图像

石墨烯及其二维晶体与混合结构在能源转换与存储中的应用

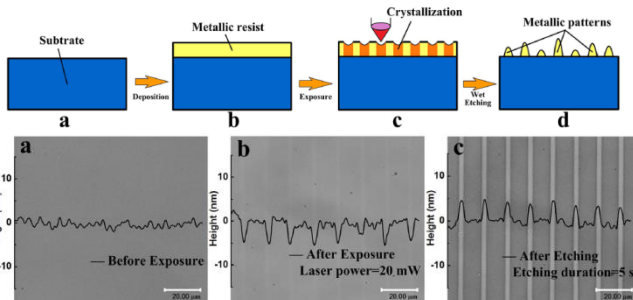
石墨烯由于其柔韧性、大表面、化学稳定性、优异的电学与导热性,可以用来解决目前能源领域面临的许多问题,尤其是在便携式能源器件领域,是潜在的太阳能电池中的催化剂;化学功能化处理后的石墨烯,能极大地提高离子电池与超级电容中离子的存储与扩散,在能源器件中应用前景巨大。最近,意大利石墨烯实验室,英国剑桥石墨烯研究中心等多家单位的专家撰文,系统地论述了石墨烯及其相关材料体系太阳能离子电池的结构、机理以及发展路线,为新型能源器件研究与应用的实现提供了理论与技术蓝图。该工作发表在 *Sciences* 347 1246501-1 (2014) 上。



石墨烯能源器件与电池电极结构及太阳能转换效率

金属光刻胶及其在相位转变光刻中的应用

金属玻璃具有较好的导热性、耐磨性、抗腐蚀性以及弹性极限,具有广泛的应用。在相位转变光刻技术中,由于具有金属性以及较好的导热性,金属玻璃通常用作热吸收层。但金属玻璃具备有非晶与晶态两种结构,是相位转变光刻的可能材料。鉴此,武汉华中科技大学国家光电实验室的Zeng等,尝试了通过激光辐照,实现了 $Mg_{58}Cu_{29}Y_{13}$ 合金被辐照区域从非晶向晶态的转变。由于微结构的不同,在特定的溶液溶解处理后,辐照前后两种材料的腐蚀速度差异显著,从而可以形成所需的结构。该成果发表在 *Scientific Reports* 4 5300 (2014) 上。



相位转变光刻示意图及激光曝光前后与显影后的SEM图像