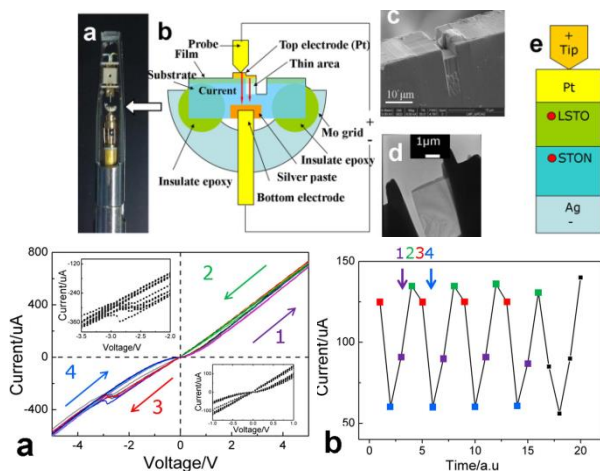


国内进展

钛酸盐基器件中电阻开关效应的透射电子显微镜原位分析

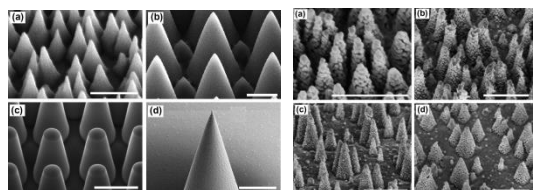
不断提升的速度与不断缩小的尺寸使闪存技术已趋向应用极限。为满足下一代信息技术发展对速度与信息容量的需求，需要发展非挥发存储技术。与铁电随机存储，磁阻与相位随机存储相比，电阻随机存储具有突出的优势，如制备工艺简单、信息读写速度快、存储密度高并可实现多级存储，因而近年来备受关注。但高性能电阻存储器件的器件物理与机制研究方法还急需发展。鉴此，**中科院物理所先进材料试验室的禹日成研究员课题组与微加工实验室**等合作，发展了一种透射电镜内电阻开关效应的原位观测的方法。这一方法中，作者首先采用聚焦离子束设备制备了高质量 $\text{La}_{0.85}\text{Sr}_{0.15}\text{TiO}_3/\text{SrTiO}_3:\text{Nb}$ TEM薄片，并在薄片上制备了 $\text{Pt}/\text{La}_{0.85}\text{Sr}_{0.15}\text{TiO}_3/\text{SrTiO}_3:\text{Nb}/\text{Au}$ 器件。然后将结构放置在具有I-V特性测量的TEM样品杆上，在TEM系统内，通过电压脉冲可使器件在绝缘态与导通态间切换。高分辨微结构与电子能量损失谱分析表明界面处氧元素化学配比的改变是其开关效应的起因，与肖特基结中由氧空位灯丝导通导致的势垒改变机制相符。该结果发表在 **Scientific Reports 4: 3890 (2014)** 上。该工作得到了中国科学院、国家自然科学基金委员会等项目的资助。



TEM电阻开关效应原位观测装置及钛酸盐器件电阻开关特性

松球表面结构的制备与机制

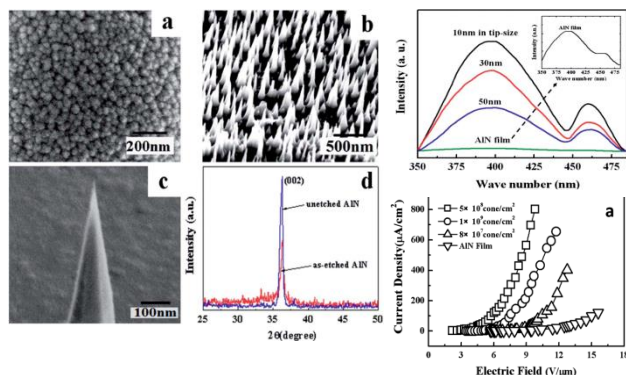
与平面块体结构相比，结构化的金属表面具有更大的比表面、调制的表面能及新的物理化学性能。在丰富多彩的表面金属结构中，锥状结构具有诸多突出的性能，如尖端曲率半径小、场发射电流密度高以及优越的电学/热学性质及机械强度，在近场光学、拉曼增强、分子探测以及超材料中具有潜在的应用。鉴此，**中科院物理所微加工实验室的博士研究生姜倩倩**等通过不同锥形模板的加工，金属沉积以及热处理，制备了 Ag-Si 、 Au-Ni-Si 、 Au-Ti-Si 、 Au/Cr-Si 等松球结构。系统研究了锥的几何尺寸、分布、材料种类以及沉积金属的厚度、种类与金属化三维形貌间的关系。该结果发表在 **Microelectronic Engineering 129 58 (2014)** 上。得到国家自然科学基金委员会等项目的资助。



各种锥形结构模板及模板上形成的金属松球结构的SEM照片

AlN纳米锥形貌诱导选择性等离子体加工及其光致发光尺寸效应与场增强特性

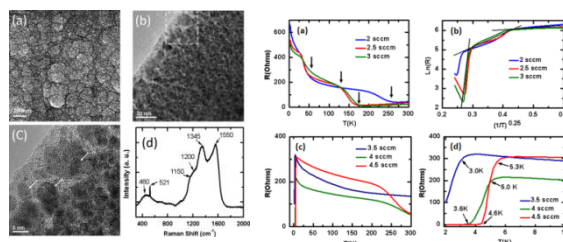
氮化物三族半导体材料是可见与紫外光电器件的优选材料。其中，AlN材料具有优异的导热性能与导电性能、低介电损耗、机械强度与化学稳定性，并且其电子亲和能极小。然而块材AlN具有很大的带隙，很难在场发射器件上应用。但已有研究表明，纳米AlN具有更优越的物理化学性质，如更小的电子亲和能，更强的压电效应，更快的表面声波导速度以及可调制的带隙，适合于场发射以及可见与紫外探测器件的研究。鉴此，**中科院物理所微加工实验室的博士研究生孙伟杰**等，研究了一种无掩模AlN纳米锥阵列的等离子体选择刻蚀加工方法。作者首先在(100) Si衬底上通过磁控溅射生长了表面形貌如鹅卵石状的(002) AlN薄膜。并将其置入热丝化学气相沉积系统，在 CH_4 与 H_2 气氛下，温度 2100°C 时进行等离子体形貌选择性刻蚀，获得了AlN锥阵列，其晶体取向与微结构与原始母体一致。该工作发表在 **J. Mater. Chem. C 2147 (2014)** 上。得到国家自然科学基金委和中国科学院等相关项目的资助。



AlN纳米锥阵列的选择刻蚀制备及光致发光与场发射特性

硼掺杂超小纳米金刚石的制备及其低温电输运特性

超小纳米金刚石晶体薄膜是一种尺寸为几纳米的具有 sp^3 键的纳米金刚石颗粒在由 sp^2 键形成的碳颗粒阵列结构中的分布体系，是金刚石材料的一种特殊形态，具有许多微纳金刚石材料不具备的优异性能。超小金刚石颗粒尺寸的减小可以极大提高颗粒界面，从而影响体系的导电性能。最近，**中科院物理所微加工实验室的博士研究生李林**等，探索了一种超小纳米金刚石薄膜晶体的制备方法。其工艺包括硅衬底上纳米金刚石种子的乙醇超生分散处理以及热丝CVD生长。反应室中 Ar 、 H_2 、 CH_4 以及 $\text{H}_2/\text{B}(\text{OCH}_3)_3$ 混合物的比例保持在90, 8, 1, 与x, 并通过x值获得超小金刚石颗粒度与硼掺杂浓度的调制。电特性测量显示在费米能级附近材料具有至少三种与三维Mott 变程跳跃运输相关的机制而且电子态密度可受温度调制。超导临界转变温度也随着B掺杂的增加具有可调制性，峰值为5.3K。该结果发表在 **Appl. Phys. Lett. 104 182602 (2014)** 上。得到国家自然科学基金委等项目的资助。

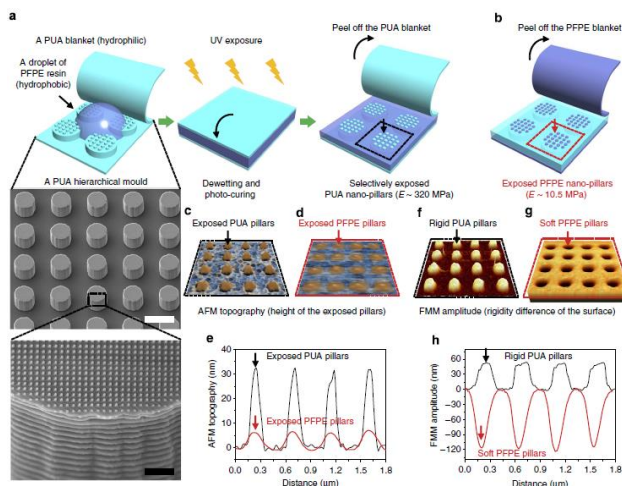


硼掺杂超小金刚石SEM形貌图与拉曼表征及低温电学特性

国外进展

基于分级模板反浸润效应的几何结构可控纳米光阑柔性聚合物模板的复制制备

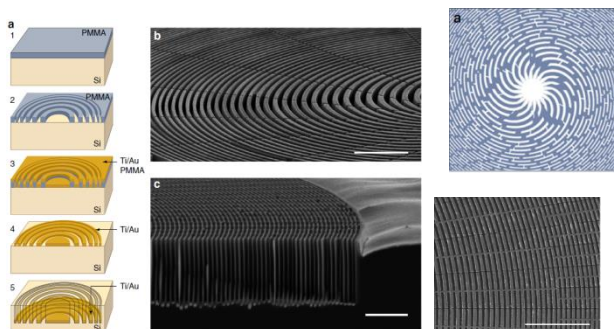
不同材料体系的自支撑纳米模板已有很多报道,包括非无机物二氧化硅以及金属薄膜模板,在灰度掩模、分子筛选、等离子体以及能源器件上获得了广泛应用。所涉及的加工方法主要包括自上而下的纳米结构的微加工制备法以及自下而上的模板纳米转印技术。模板转印制备技术具有工艺简单与高产量的突出优势,但还有一系列的问题没有解决,如怎样获得自支撑无残留模板。鉴此,韩国首尔国立大学机械与航天系的Cho等,发展了一种基于跨尺度分级模板结构系统的高度浸润性差异制备几何结构可控的纳米光阑柔性聚合物模板的方法。通过去浸润紫外固化光刻胶与分级模具的应用,获得了尺寸为50-200nm可调的纳米孔洞与纳米线自支撑结构。采用这一方法,5分钟内可在2cm×cm面积上获得双层纳米光阑结构的分级单片集成制备。相关研究成果发表在 **Nature Communications 5: 3137 (2014)** 上。



反浸润模板压印技术流程及所制备结构的SEM照片与形貌表征

超高深宽比硬X-射线衍射光学器件的高分辨纳米制备

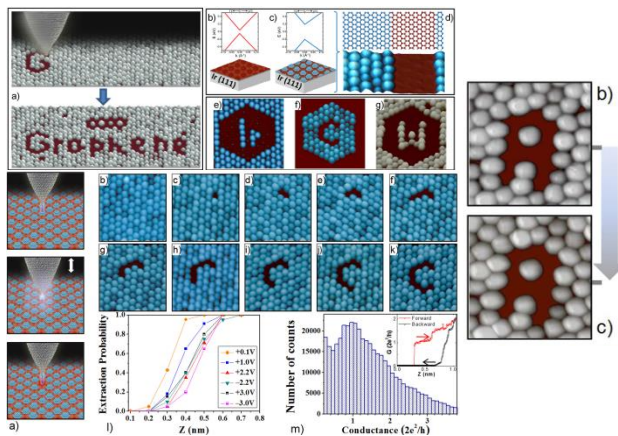
虽然衍射光学器件在软X-射线成像中已有重要应用,但高分辨有效硬X-射线衍射光学器件在科学、工程与生物领域的许多应用还没有形成。主要原因在于超高深宽比超高密度纳米结构的加工一直是个难题。最近,斯坦福同步辐射中心的Chang等,发展了一种垂直方向可控的金属辅助化学刻蚀加工技术,可在Si衬底上实现超高深宽比纳米结构的高分辨加工。所加工的结构具有非常光滑的侧壁表面,可用于加工任意结构。利用这一方法,作者制备了圆形、线形以及螺旋波带片。此技术在热电材料、电池阳极以及传感器的制备上具有重要应用。该成果发表在 **Nature Communications 5:4243 (2014)** 上。



高深宽比纳米波带图形制备流程及所制备的结构SEM图像

可缩放石墨烯纳米工程加工

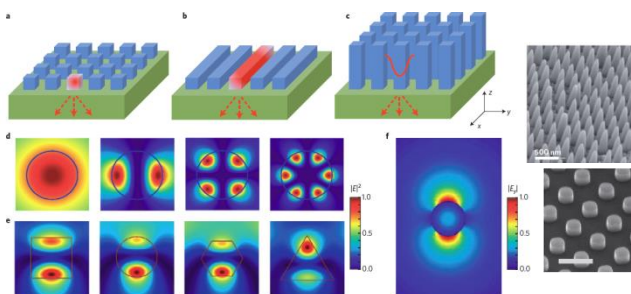
石墨烯的光学与电学性能调制方法通常有两种途径。一方面,已经证实可通过自下而上的方法对其整体电子结构进行有效调制,将费米能级带隙打开,对费米能级进行再归一化或获得p-型或n-型半导体电学掺杂。另一方面,通过自上而下的方法,也可以在局部区域获得上述调制并产生局部的磁学与超导特性。另外,也可通过扫描探针对其电学结构进行局部调制。实际应用中,10nm以下尺度石墨烯图形化裁剪是其走向器件集成应用的关键技术,但目前仍面临很多困难。鉴此,西班牙马德里自治大学的Martínez-Galera等,发展了一种“上下结合”的纳米操控方法,可对石墨烯进行2.5nm精度的自由操控。其工艺过程包括两部分,首先是在在石墨烯/Ir(111)表面获得金属团簇超晶格的自组装生长,通过周期性势垒对石墨烯电子结构进行宏观调制。第二步是通过STM针尖对金属团簇进行自由位移,从而进一步调控特性。这一方法制备的结构,即使在常温下也具有极高的可重复性与稳定性。为石墨烯研究提供了有效手段。该工作发表在 **Scientific Reports 4:7314 (2014)** 上。



采用STM对石墨烯进行2.5nm精度裁剪(左上)、团簇的提取过程(左下)及所加工结构的尺寸与稳定性(右,24小时间隔STM照片)

高折射系数纳米结构在光伏效应光管理中的应用

高性能光伏电池利用半导体将太阳光转换成清洁的电能,并使用透明介电材料或导电氧化物层作为抗反涂层。这类涂层材料的共同特性是具有较高的折射系数。然而,高折射系数的平面结构通常易于产生很强的对太阳光的不必要的反射。而高折射系数纳米结构,如纳米线、纳米点、纳米空位,均可以提供很强的光谐振,从而可在亚波长尺度增强并有效地控制光的吸收与散射过程。因此,高折射率纳米结构可以作为新的理想单元,用作新型宽带抗反射涂层,光捕获以及超吸收层。最近,斯坦福大学先进材料格巴尔实验室的Brongersma等,系统地研究并总结了高折射系数纳米结构的有效制备工艺以及在光伏效应光管理应用中的理论与技术基础,发表在 **Nat. Mater. 13 451 (2014)** 上。



高折射系数纳米结构中泄漏模式光场分布及结构的SEM图像