



浙江大学材料科学与工程学系

# 首届 材料微结构探索大赛

入围决赛作品集

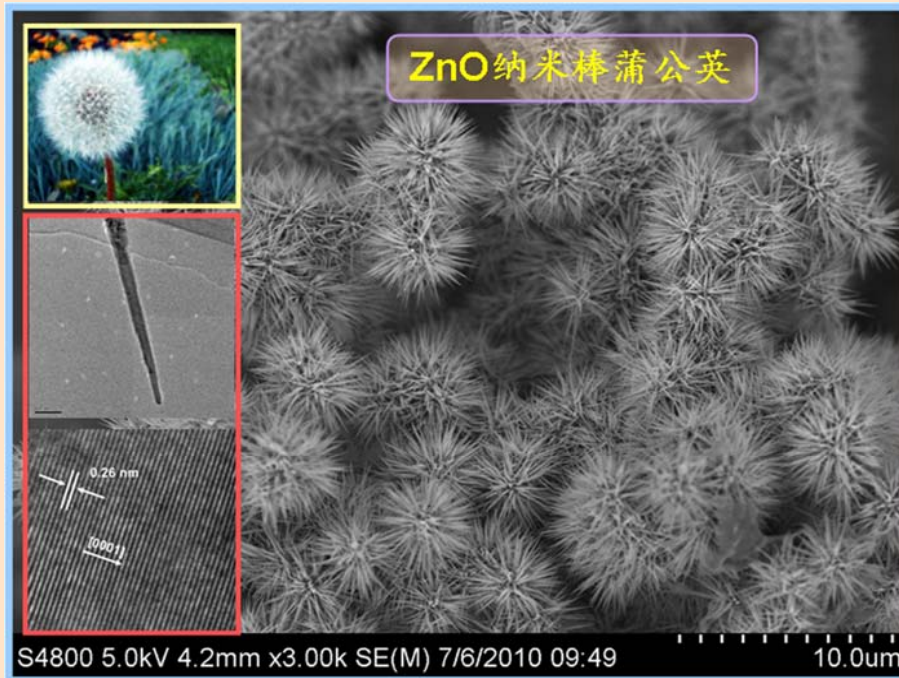
2010

# 首届材料微结构探索大赛入围决赛作品

编号	负责人	学号	年级	院系	导师	作品类别	作品名称
1	李倩	10809066	08 博	材料系	翁文剑	个人作品	蒲公英——ZnO 纳米棒团簇
2	卞均操	20926091	09 硕	材料系	张溪文	个人作品	大珠小珠落玉盘——电化学沉积单分散银纳米颗粒膜
3	相佳媛	10609090	06 博	材料系	涂江平	集体作品	一代天骄@牡丹——CuO 纳米花薄膜
4	张俊	10709052	07 博	材料系	涂江平	集体作品	鸟巢——三氧化钨多孔微米球
5	丁元力	10809071	08 博	材料系	赵新兵	个人作品	潘多拉巧克力蛋卷——LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 单晶纳米管
6	贺海晏	10709040	07 博	材料系	韩高荣	个人作品	雨荷——金诱导氢化非晶硅晶化的光镜照片
7	李喆	10709039	07 博	材料系	韩高荣	个人作品	揭秘金字塔——新型硅基太阳能电池原型器件
8	沈俊杰	10709065	07 博	材料系	赵新兵	集体作品	七彩童年梦——PbTe 分级结构
9	邬春阳	20809027	08 硕	材料系	曹高劭	集体作品	日珥——LiFePO <sub>4</sub> -C-CF 的合成与表征
10	张冬	10926045	09 博	材料系	涂江平	个人作品	知——氧化铜
11	赵子健	11026024	10 博	材料系	涂江平	集体作品	草——超亲水与超疏水三氧化钨纳米草
12	钟婧	20809081	08 硕	材料系	涂江平	个人作品	破茧——锂离子电池负极材料氧化铜
13	周婧	10709063	07 博	材料系	赵高凌	个人作品	记忆拼图——二氧化钛纳米棒阵列
14	陈栋栋	20809055	08 硕	材料系	金一政	个人作品	你是我的眼——In 掺杂 ZnO
15	王岑	10709042	07 博	材料系	蒋建中	个人作品	喇叭——卷曲的二氧化锡纳米薄片
16	杨叶锋	10609070	06 博	材料系	叶志镇	个人作品	火柴棒——ZnMgO 超细纳米棒
17	杨叶锋	10609070	06 博	材料系	叶志镇	个人作品	央视大楼——掺杂诱导的相变
18	张凌泓	3070902068	07 本	材料系	Richard B. Kaner	集体作品	印象·郁金香——PEDOT



1号作品： 李倩 蒲公英——ZnO 纳米棒团簇



作品简介

氧化锌 (ZnO) 作为II-VI族宽禁带半导体材料, 室温下禁带宽度为3.4 eV 左右, 同时ZnO激子束缚能高达60 meV, 在光电、催化、传感以及生化等不同领域有广阔的应用前景。其中一维纳米结构如半导体纳米线、碳纳米管等组建的纳米元件, 将在下一代光电领域纳米功能器件中展示巨大的应用。一维ZnO纳米结构如纳米线、纳米棒、纳米管等在成为未来光电器件构建模块具有广阔的应用前景, 因此引起了越来越多的关注。目前, 已经有基于ZnO纳米线或纳米棒的纳米紫外激光器、场发射晶体管、发光二极管、紫外光探测器、压电纳米发生器等报道, 因此如何通过简单节能的方法制备ZnO纳米结构成为新的研究热点。

蒲公英状的 ZnO 纳米结构的制备是利用 Si 基板上的 ZnO 薄膜作为晶种层, 以高碱性、一定浓度的  $Zn(NO_3)_2$  溶液作为生长母液, 通过溶液生长法在室温下 (25°C) 制备出的, 这种结构是由很多一维纳米棒组成的 (制备方法见图 1)。“花罢成絮, 因风飞扬, 落湿地即生。”这种氧化锌纳米结构正如同蒲公英一样, 在如此简单低碳的条件下就能生长。

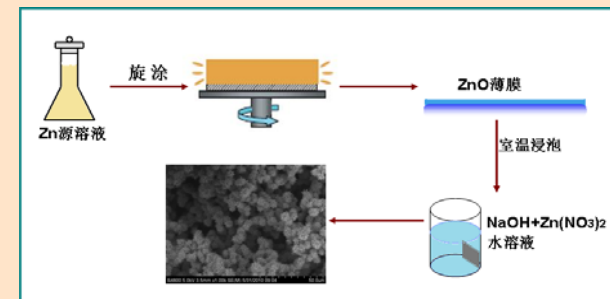


图 1 蒲公英状 ZnO 纳米结构的制备方法

高分辨电子衍射图像表明, 单根的 ZnO 结构完整没有位错等结构缺陷。此外, 通过晶格条纹的面高间距确定  $d=0.260\text{nm}$ , 与标准的 ZnO 晶格参数一致, 且其沿 (0001) 方向定向生长。



## 2号作品： 卞均操 大珠小珠落玉盘——电化学沉积单分散银纳米颗粒膜

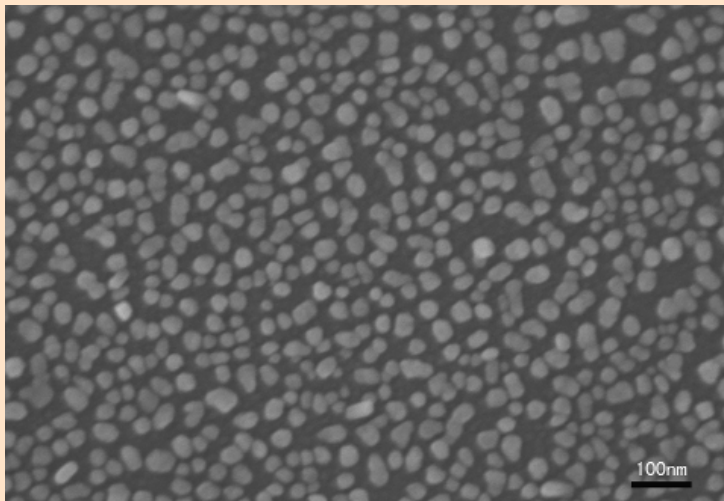


图1 10万倍 Ag 颗粒膜的 SEM 表面形貌图

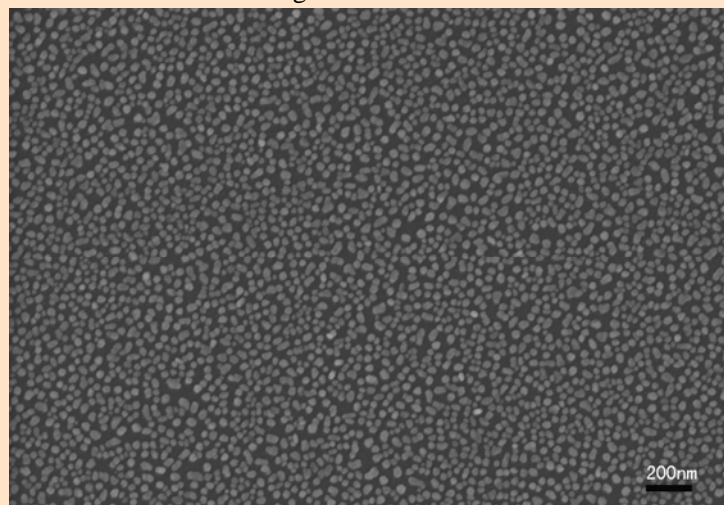


图2 4万倍 Ag 颗粒膜的 SEM 表面形貌图

## 作品简介

**前言：**目前，已报道的各种形状的金属纳米颗粒在应用中还面临着很多挑战，其中之一就是在 LED 领域，即应用金属纳米颗粒的定域表面等离子体激元（LSP）的特性来增强 LED 的发光效率，这需要将金属纳米颗粒沉积在衬底的表面。尽管光刻、电子束蒸发和磁控溅射等方法可以实现上述条件，但是这些方法往往费时、仪器昂贵、操作复杂等。因此，寻求一种简单且经济的制备方法具有重要的实际意义。电化学沉积具有操作简便，重复性好，节约成本等优点。本实验采用电化学方法，一步直接制备出单分散的 Ag 纳米颗粒。

**实验：**采用电化学三电极体系，ITO 导电玻璃为工作电极，饱和甘汞电极为参比电极，铂片为对电极。以  $\text{AgNO}_3$  和柠檬酸钠组成的混合溶液为电解质溶液，采用电位阶跃的方法进行沉积。

**结果与讨论：**同一样品、不同放大倍数的 SEM 表面形貌如图 1 和图 2 所示，10 万倍放大条件下观察发现，Ag 颗粒在衬底表面单分散性很好，颗粒尺寸大约在  $20\sim 40\text{nm}$ ，分布很均匀。4 万倍放大条件下观察发现，颗粒膜仍然很均匀，几乎没有大颗粒。

LSP 是金属中局域在特定区域的电子的集体振动状态，是一种非传播模式，对能量耗散损失少。当载流子辐射复合的能量与金属表面电子的振动能量相近时，电子与空穴复合后并不是直接发射光子，而是将能量转化进入金属表面，产生 LSP，然后通过 LSP 的复合发射光子。这种能量转化方式可以明显的提高发光材料的自发辐射速率，进而提高材料的发光效率。当 Ag 纳米颗粒受到光子激发时，在它的表面就会产生 LSP。研究表明，只有当 LSP 的振动频率与 LED 的发光峰位吻合时，才能达到最佳的增强效果。目前，实验制备的 Ag 颗粒的紫外可见吸收峰在  $410\sim 520\text{nm}$  之间可调，非常适合运用在绿蓝紫光 LED 器件上。

## 3号作品： 相佳媛 一代天骄@牡丹——CuO 纳米花薄膜



## 作品简介

花是大自然的精灵。古往今来，人们一直把万花之王——牡丹，视为富贵、吉祥、繁荣、昌盛的象征。牡丹有红、绿、蓝、紫、粉、白、黑、黄等多个品种，其中以复色的品种最为珍贵。本图中的“牡丹花”就呈现黄、粉两种颜色，花开正盛，加上背景中绿叶的相衬，更显示出她的雍容华贵与富丽堂皇。

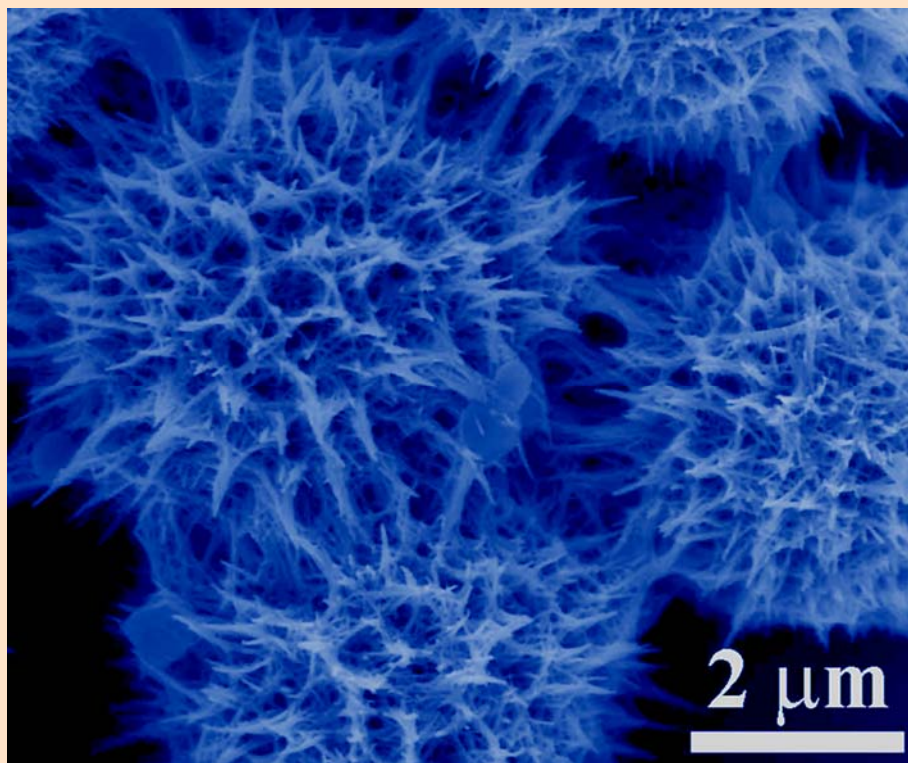
喜欢牡丹，不单因其花色好看，更因那些关于她的美丽传说。欣赏牡丹，便是欣赏不畏权势，坚韧不拔的品格，也是赞美野火烧不尽，春风吹又生的高贵品质。作为我国的传统名花，牡丹庄重典雅的气质，也正体现了我中华民族泱泱大国之风范。

“绝代只西子，众芳唯牡丹”。恋上牡丹，爱我中华！

**附性能说明：**这是化学沉积制得的 CuO 薄膜的 SEM 照片。图中 CuO 具备等级结构：一级结构呈现出三维的牡丹花形貌，直径约为 3-4  $\mu\text{m}$ ；二级结构为二维的薄片，形状酷似花瓣，每一片花瓣厚 20-50 nm。该种特殊等级结构的 CuO 花状薄膜结构稳定，作为锂离子电池负极材料具有非常好的电化学性能。首次放电容量可达 1000  $\text{mAh g}^{-1}$  以上，经 50 次循环后容量依旧能保持 600  $\text{mAh g}^{-1}$  左右。该种 CuO 薄膜制备简单，无需使用导电剂和粘结剂，性能优于目前商业化应用的碳材料，是极具潜力的锂离子电池负极材料。



## 4号作品： 张俊 鸟巢——三氧化钨多孔微米球



## 作品简介

三氧化钨 (W03) 是一种过渡金属氧化物, 由于它具有特殊的光电化学性质, 在电致变色、光催化、燃料电池、气敏器件等领域有着广泛的应用。本参赛作品展示了用随热法合成的三氧化钨巢状多孔微米球, 该微米球直径约为  $5.5\mu\text{m}$ , 是由大量的三氧化钨纳米线交织而成的等级多孔形态, 每个孔洞形似鸟巢, 故称巢状多孔微米球。这种自组装形成的等级多孔结构具有很高比表面积 ( $62\text{m}^2/\text{g}$ )。水热合成的三氧化钨材料具有其他方法无法获得的亚稳态六方晶型, 该晶形具有特有的离子通道, 与阳离子 ( $\text{H}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) 等形成的钨青铜具有很高的离子和电子导电率。高的比表面积和高的电导率非常有利于其催化性质的发挥。实验证明, 铂负载的三氧化钨巢状多孔微米球具有很高的催化活性, 比商业化铂碳催化剂高出 2 倍以上, 有望用于直接甲醇燃料电池。

5号作品： 丁元力 潘多拉巧克力蛋卷—— $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ 单晶纳米管

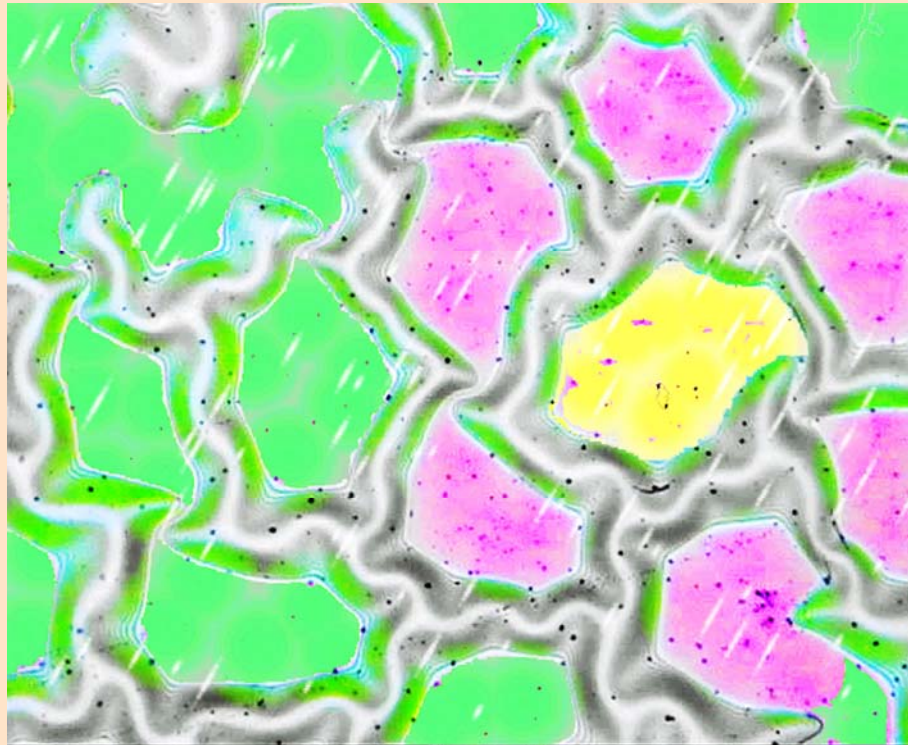
## 作品简介

潘多拉巧克力蛋卷( $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ 单晶纳米管彩色 SEM 照片), 管径 500–600 nm, 长度 1–4  $\mu\text{m}$ , 蛋卷周围充实着甜美可口的巧克力。

本工作首次报道了  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  单晶纳米管, 并作为锂离子电池正极材料。 $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  单晶纳米管合成过程主要基于水热合成和固相法两步过程。合成单晶纳米管外径 500–600 nm, 长度 1–4  $\mu\text{m}$ 。电化学测试结果显示, 在 10 C (1 C=120 mA/g) 电流密度下, 合成材料比容量为 80 mAh/g; 在 5 C (600 mA/g) 电流密度时, 1500 恒电流充放电循环后, 该材料能够保持初始比容量的 70%, 表现出了良好的高倍率容量和循环稳定性。对于纯  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  体系而言, 本工作中所合成单晶纳米管的电化学性能基本上可与迄今为止所见报道中的各种  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  材料相比拟。该材料的优良电化学性能应归因于其独特的管状形貌和高度有序的单晶结构。更为重要的是, 该单晶纳米管表现出了良好的结构稳定性。长时间充放电循环后, XRD, SEM, TEM, HRTEM 分析结果表明, 该材料仍保持着良好的管状形貌、高晶型和生长取向, 拉曼分析也进一步证实了其微结构的高稳定性。并且, 从四方  $\text{MnO}_2$  纳米管到立方尖晶石  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  纳米管的转变, 作者也从锂离子嵌入机理进一步解释了一维管状结构的保持。综上, 基于该材料优异的电化学性能和高的结构稳定性, 其在高功率锂离子电池领域应有好的应用前景, 如大功率电动装置、混合电动装置等。本工作成果被 Adv. Func. Mater. 接收。



## 6号作品： 贺海晏 雨荷——金诱导氢化非晶硅晶化的光镜照片



## 作品简介

参赛图片为生长在普通玻璃衬底上的金与硅复合薄膜退火后的光学显微镜照片，放大倍数为 400 倍。

**实验目的：**在制备多晶硅薄膜的过程中，研究金属 Au 对非晶硅薄膜的金属诱导作用以及复合薄膜在退火后的形貌与结构变化。

**实验原理：**金属诱导非晶硅晶化——通常在较低温度条件下，采用 Ni, Pd, Au, Al, Ti, Ag 等金属元素与非晶硅表面接触并进行退火处理：一类利用金属与半导体发生固相反应，生成充当结晶籽晶的金属硅化物，如 Ni / Si 系列；另一类是基于互扩散形成固溶体，如 Al / Si 系列，通过互扩散可降低 Si 非晶相向晶体相转化的激活能，从而达到非晶硅薄膜晶化的效果。这两类 MIC 均可分成两步：第一步是金属 / 硅界面附近 Si 共价键的无序化；第二步 Si 共价键的断裂、重排以及新键生成。利用金属和硅原子的互相扩散迁移而使薄膜晶化。金属诱导晶化的特点是低温制备，对衬底材料的要求较低。

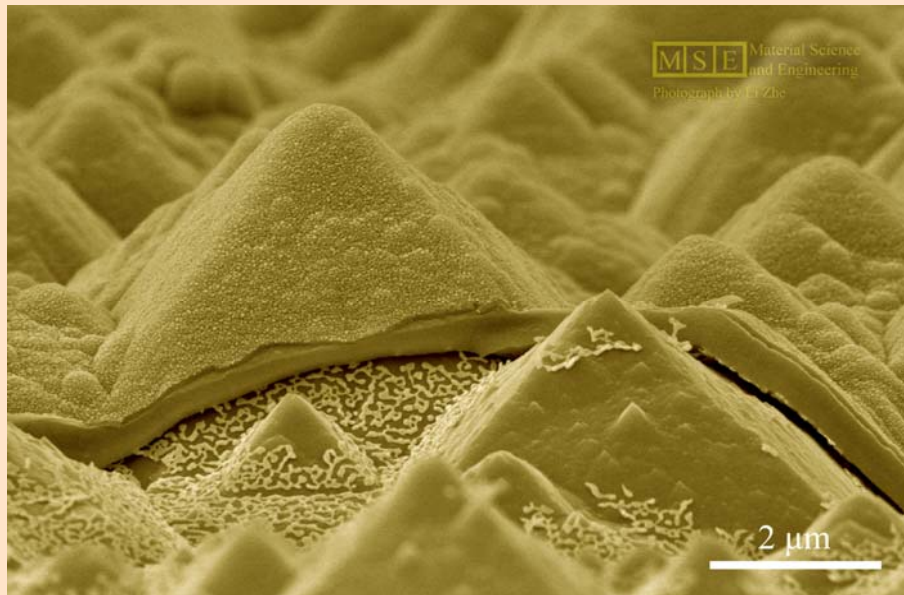
**实验步骤：**先用磁控离子溅射镀膜仪在清洗后的玻璃片上沉积一层金属 Au；然后用 PECVD 在 Au 膜上继续沉积一层非晶硅薄膜；对复合薄膜进行退火处理；在光学显微镜下对样品进行显微结构的观察。

**照片结果说明：**在 400 倍放大的明场条件下，发现薄膜表面不仅有退火造成的均匀分布的“点状”微晶，还有呈网状分布的褶皱形貌。褶皱的形成可能是因为非晶硅薄膜下层的 Au 膜厚度较大，在退火时金膜本身发生轻微团聚隆起而导致的褶皱。通过对网络状褶皱之间区域的调色，制得了参赛照片。

**照片主旨：**我的课题方向为硅基薄膜太阳能电池。当下，环境问题与能源问题是人类面临的两个最大困扰，太阳能作为绿色新能源的代表，近几年在国内外的的发展都异常迅速；浙大坐落在美丽的旅游城市杭州，西湖荷花更是杭州美景的代表，而杭州的美需要绿色能源的支持和保护，我的作品将太阳能电池与荷花结合在一起，一张照片既能体现太阳能电池技术层面的内容，又蕴含了其深刻的社会意义，在图片处理手法上，选取了中国传统水墨画的风格，以表达荷花的意境和文化内涵，努力做到科学性和艺术性的高度统一。



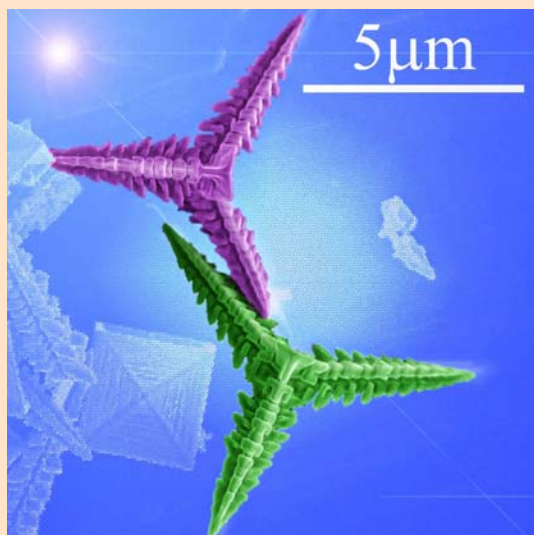
## 7号作品： 李喆 揭秘金字塔——新型硅基太阳能电池原型器件



### 作品简介

本作品为新型单晶硅太阳能电池原型器件的截面扫描电镜图片。由 Hitachi S4800 场发射电子显微镜拍摄所得，后期经 Photoshop 软件上色处理、添加签名和标尺。近年来，等离子体激元学在光伏产业界的潜在应用引起了全球学者的广泛关注。本作品所展示的太阳能电池原型器件，将两种金属材料的纳米结构（薄膜和硅衬底之间以及薄膜表面的金属纳米结构）产生的表面等离子体激元与传统的单晶硅片表面织构化（单晶硅衬底腐蚀后得到的“金字塔”结构）相结合，共同增强电池的陷光作用，以期提高其的太阳能利用效率。

## 8号作品： 沈俊杰 七彩童年梦——PbTe 分级结构



## 作品简介

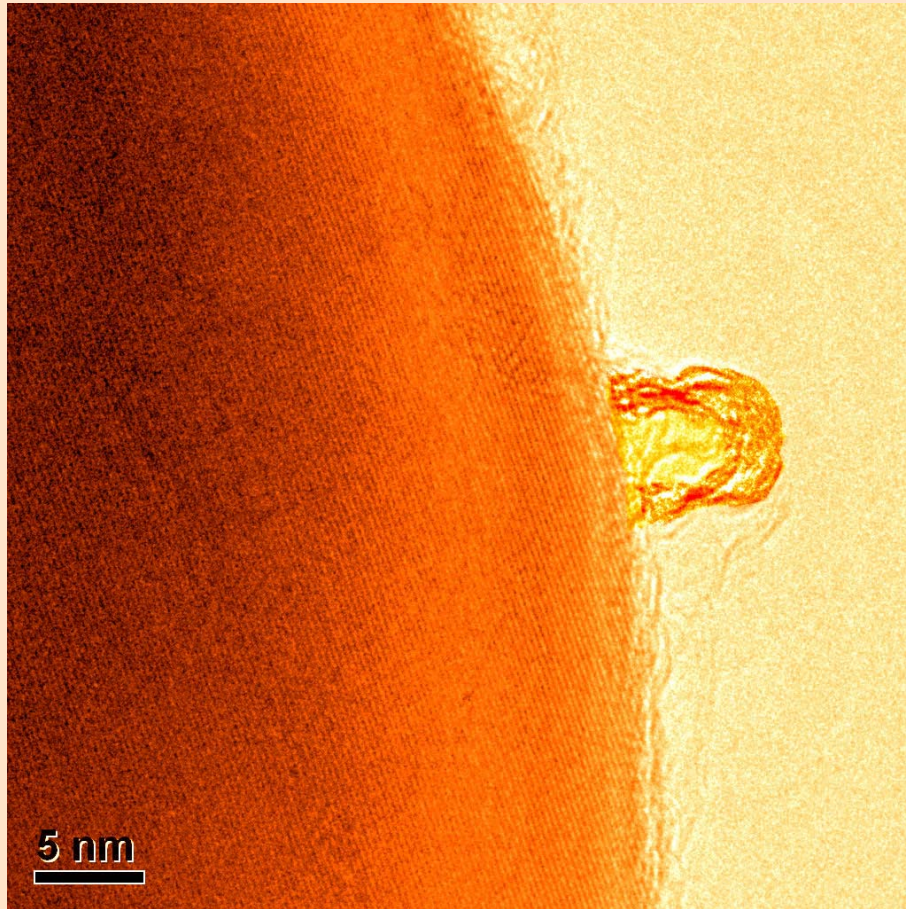
童年，对于每个人都像是梦。那个梦里的颜色是七彩的，是缤纷的。在那个梦里，可以看到无数的欢乐，看到无数的理想。多少人曾幻想着让自己自己沉醉在那个梦中不再醒来，然后岁月流逝，时光不再。曾几何时，色彩斑斓；曾几何时，年少轻狂……

希望每个人都能保持那个童年的状态，在科研的世界中遨游，去发掘和探索那种属于我们的又一个五彩缤纷的梦……

**材料名称：**PbTe 纳米材料

**合成手段：**可控湿化学法

**形成机理：**PbTe 分级结构的形成与动力学和扩散效应有关。PbTe 分级结构的形成分为形核和长大两个阶段。在形核阶段，PbTe 多面体的晶籽首先生成，基于 PbTe 的 f.c.c. 结构，多面体包括 6 个 {100} 面和 8 个 {111} 面。在长大阶段，晶体的形状由 [100] 和 [111] 方向的生长速率决定。作为 f.c.c. 晶体，PbTe 的 {111} 比 {100} 具有更高的表面能，[111] 方向的生长速度要比 [100] 方向快。因此 f.c.c. 晶体会自然生长成六个 {100} 面的立方结构。此时由于 Berg effect (具有光滑表面的多面体晶体，溶质在其表面的分布是不均匀的，其在边缘和角上的浓度要高于中心的浓度)，Pb 和 Te 离子在立方晶体每个面上的分布不均匀，边缘离子的高浓度会导致新的 {100} 面的生成，出现了漏斗状立方结构，并且这些结构沿着  $\langle 100 \rangle$  方向生长。NaOH 在这过程中起到了关键的作用，它的存在增强了 Berg effect。随着反应时间的延长和 Pb 和 Te 离子减少，新的结构只能在八个角上面生成，产生了花状结构。随着反应物的进一步减少，产物的形貌由扩散效应决定，出现了 PbTe 树枝状结构。

9号作品： 邬春阳 日珥—— $\text{LiFePO}_4\text{-C-CF}$  的合成与表征

## 作品简介

日珥：是突出在日面边缘外面的一种强烈的太阳活动现象，因其形状呈环形，类似于太阳的“耳环”，故称日珥。

原图为  $\text{LiFePO}_4\text{/C/CF}$  样品的高分辨透射电子显微照片。在  $\text{LiFePO}_4$  材料的颗粒表面包覆着一层 3~5nm 的 C 层，类似于太阳表面的日冕；同时，在  $\text{LiFePO}_4$  表面还原位生长着一些碳纤维（CF），类似于日珥。由于良好的碳包覆，以及碳纤维的高导电性，具有上述结构的材料表现出优异的电化学性能。由于 C 和 CF 结晶度不高，在 HRTEM 下的衬度较低，不易形成清晰的像。经过着色和调节对比度后，得到“日珥”的照片。照片中，一个“日珥”正从“日冕”中喷发出来，与具有晶格条纹的“太阳”相互辉映。

该作品立意于体现微观与宏观的对立统一性。微观的晶体结构与宏观的太阳活动在尺度上具有 18 个数量级的差别，但二者在外观上却表现出高度相似性，强烈的对比恰好体现了“物质世界的对立统一”的科学规律。同时也启发我们：物质世界是丰富多彩的，作为科学工作者，要秉承“求是”精神，大胆创新，科学严谨，勇于探索新的科学问题。



## 10号作品： 张冬 知——氧化铜



## 作品简介

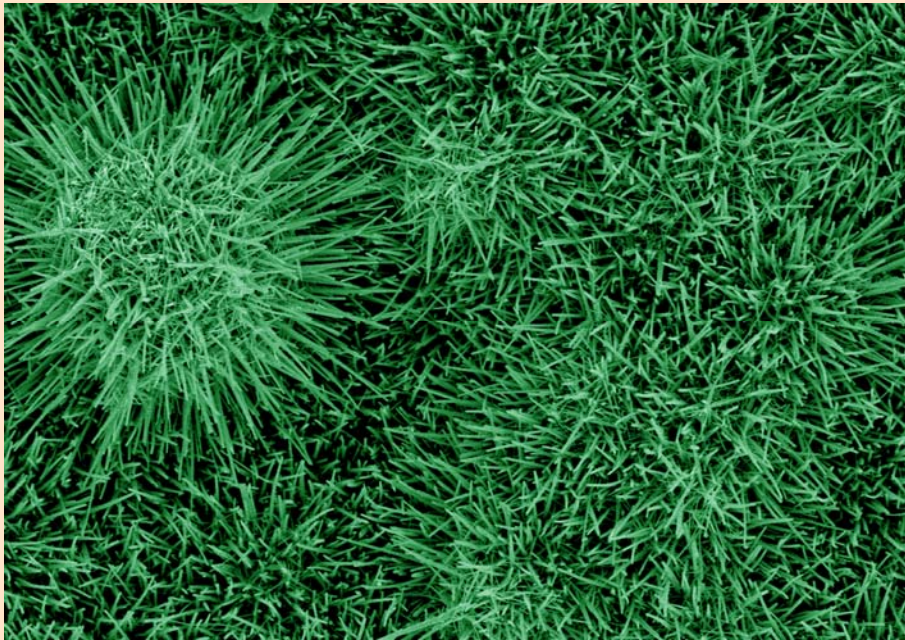
这是用简单的湿化学法合成的氧化铜粉体的 TEM 照片。CuO 粉体呈二维片状结构，长约 500 纳米，宽约 200-300 纳米，厚 20-50 纳米，从外形上看酷似“叶子”。该种特殊结构的纳米片状 CuO，作为锂离子电池负极材料具有非常好的电化学性能。测试表明，这种“叶子”形状的 CuO 与纳米碳管复合后，首次放电容量可达  $1200 \text{ mAh g}^{-1}$ ，经 50 次循环后容量依旧能保持  $600 \text{ mAh g}^{-1}$  以上，具有很高的容量保持率。

照片中的“叶子”已然褪去了春夏间浓郁的绿色，正泛着金黄的色泽，随风飘落，落入泥土，孕育下一年的繁荣。春夏秋冬，花开花落，叶绿叶黄，这是长见的自然现象，其中却蕴藏着无限的生机。一片片落叶，经历过青春茂盛时的激情与梦想，然后接受沧桑后积蓄与沉淀的洗礼，随风飘逝的落叶，透过日落的阳光，展现着恪尽全部生命热情之后的姿态。

叶子的生命历程，还是一道哲学的命题的验证：欢乐到来，欢乐又归去，这正是天地间欢乐的内容；世间万物，正是寻求着这个内容，而各自完成着它的存在。叶子年年凋落，以此渴望来年的新生，它才没有停滞，没有老化，它的生命一直在延续。

落叶纷飞，有一种凄凉的悲怆，却更有一种坚强的美丽，美丽中带有希望。告别一段生命，一个故事，谁说就不预示着一段新的生命，一个新的故事的开始呢？

## 11号作品： 赵子健 草——超亲水与超疏水三氧化钨纳米草



### 作品简介

三氧化钨 ( $\text{WO}_3$ ) 是一种过渡金属氧化物，由于它具有特殊的光电化学性质，在电致变色、光催化、燃料电池、气敏器件等领域有着广泛的应用。本参赛作品展示了用水热法生长的三氧化钨纳米草，该纳米草阵列由大量直径约为 100 nm 的纳米棒排列而成，在某些区域自组装成圆形分布。这种自组装形成的纳米阵列多孔结构具有超亲水性能。其表面经沉积银并吸附有机集团后，则显示出超疏水性，接触角可达 159 度以上。此外，由于氧化钨本身极好的抗酸腐蚀性能，因此经酸腐蚀表层的银后，该材料即可恢复超亲水性，经多次循环材料性能稳定，此特殊性能可望用于制造微器件。



## 12号作品： 钟婧 破茧——锂离子电池负极材料氧化铜



## 作品简介

这是水热法制备的  $\text{CuO}$  纳米粉体，直径 2 微米，形状酷似海星。该种有趣的形态结构使得其作为锂离子电池负极材料具有非常高的电化学活性，首次放电容量可达  $800 \text{ mAh g}^{-1}$  以上，经过一定的表面改性，50 次循环后的可逆容量有望保持在  $500 \text{ mAh g}^{-1}$  左右，是非常具有潜力的锂离子电池负极材料。

幽蓝的海底绽出一簇簇鲜艳的海星，多么的恬静美丽。

谁能想到柔软的海星是海底最为强大的捕食者。

它密密的管足使它能向任何方向移动。

它能攀附在任何峭壁礁石，生存在任何恶劣环境。

海星、扇贝、海葵们见到它逃之夭夭。

海底生物们进化出逃离海星的技巧才能生存。

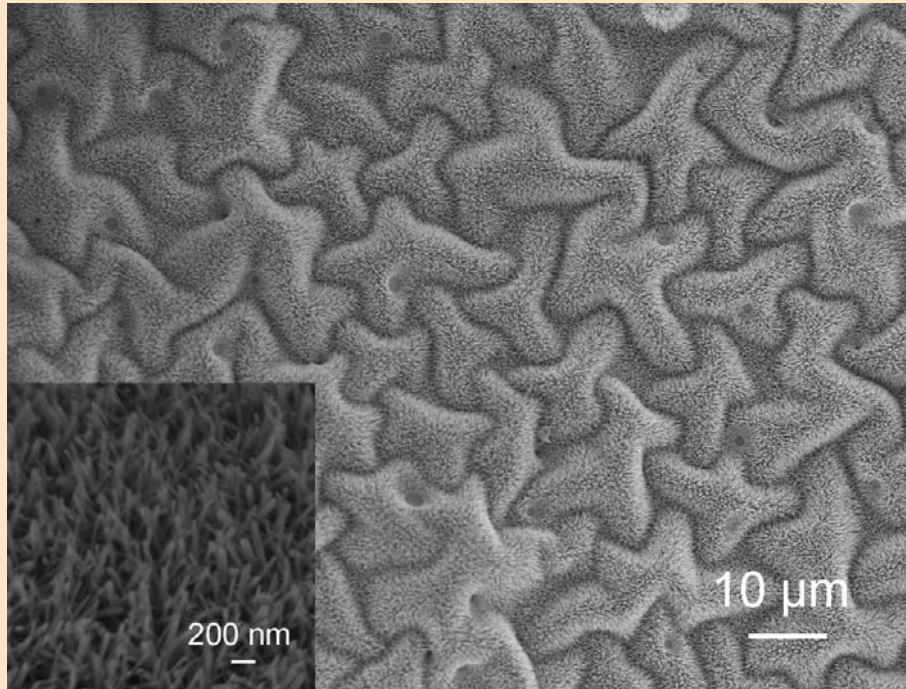
它的任何一部分切除后都能自生。

切除的部分长成一个新的海星。

真正的强者就应该像海星，淡定的外表下有着强悍的灵魂。



## 13号作品： 周婧 记忆拼图——二氧化钛纳米棒阵列



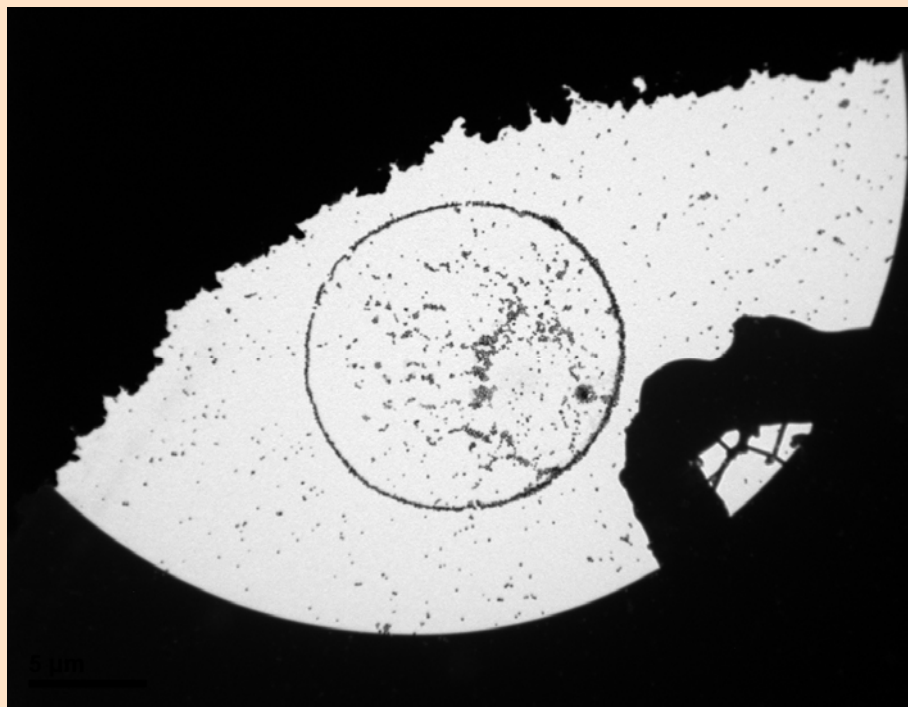
## 作品简介

本作品是二氧化钛纳米棒有序阵列的扫描电镜照片，所用扫描电镜型号为 Hitachi S-4800。二氧化钛纳米棒直径约为 25 nm，有序排列组成阵列结构。同时，整个纳米棒阵列在微米尺度存在很多起伏的沟壑结构，是一种新的有趣的微观形貌。

二氧化钛纳米棒有序阵列结合起伏的沟壑结构，组成了简约美丽的图案。它形如起伏的沙漠，连绵的沙丘构成了波涛起伏、浩瀚无垠的茫茫沙海；亦如柔软的海滩，想让人漫步于上，柔软舒适，浪漫之情，油然而生；又如可爱的饼干，让人感受到无尽的童趣和快乐...

本作品展示了二氧化钛纳米棒组成的有序阵列结构和微观尺度上的起伏结构。这种有趣的微观形貌不仅可以应用于二氧化钛光催化、光电化学等领域，而且给人以美的享受，让人们从丰富的想象中获得无穷无尽的乐趣。

## 14号作品： 陈栋栋 你是我的眼——In 掺杂 ZnO

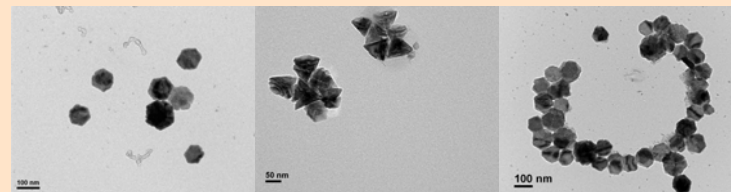


## 作品简介

作品《你是我的眼》是由透射电镜在放大 4000 倍的情况下拍摄的。整个画面主要由四部分构成：眼睛上部、眼球、眼睛下部和右下部分的点缀物。眼睛的上边是有机物，这些有机物边缘的不规则形状恰好勾勒出眼睫毛的感觉，相比于上部，眼睛的下部整体就比较圆滑，因为这部分是铜网的边缘，有趣的是在铜网的下边出现了一个灰尘，这个灰尘的加入丰富了原本非常圆滑的铜网边缘，使显得它不那么单调，你可以把她想象成一滴眼泪，抑或被风吹进眼睛的一个异物，它给人了一个想象的空间。眼球是重点，它非常地圆，其实它是由一圈纳米颗粒围成的，这些纳米颗粒在高放大倍数下基本呈正六边形（见附图 1），是铟掺杂的氧化锌，纯的氧化锌可不是这形状的，在电镜下基本呈金字塔形（见附图 2），铟的引入使形貌起了变化，也使纳米颗粒的组合方式有些改变（比较容易形成圆圈，见附图 3）。被圈在里面的纳米颗粒同样是掺铟的氧化锌，它们呈随机分布，远看就像眼睛里面的一些血丝。

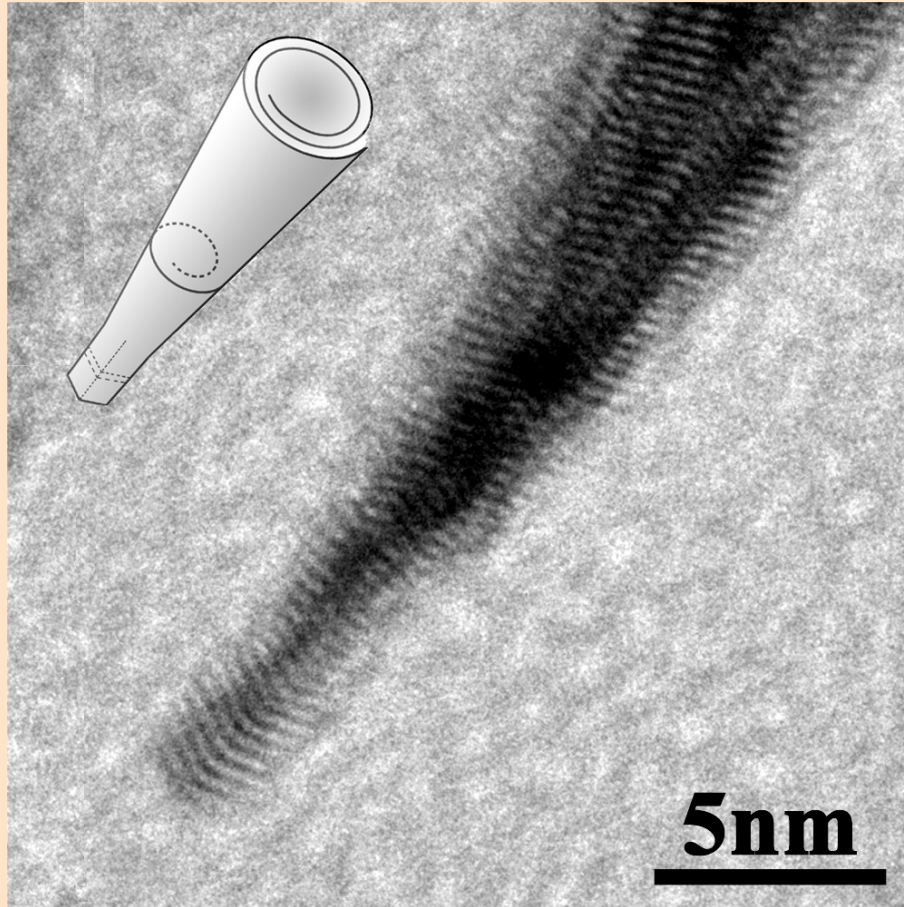
在电镜拍摄的过程中，当一只“眼睛”活生生的映入我的“肉眼”时，那种震撼是很难描述的，当“双目”相对的时候，我感受到了科学与艺术结合的力量，人与自然交融的力量。

另外，非等价半导体的掺杂是一个很重要的课题，以氧化锌掺铟为例，三价的铟离子替代二价的锌离子能使电子浓度得到提高，使电学性能得到很大的改善，而用溶液法合成形貌单一、尺寸分布均匀、结晶性能好的纳米颗粒一直是个难题，通过这只“眼睛”，让我们看到了一片光明和希望！



从左至右依次为：附图 1 放大 15 万倍时氧化锌掺铟的形貌。附图 2 放大 20 万倍时氧化锌的形貌。附图 3 放大 12 万倍时的形貌

## 15号作品： 王岑 喇叭——卷曲的二氧化锡薄片

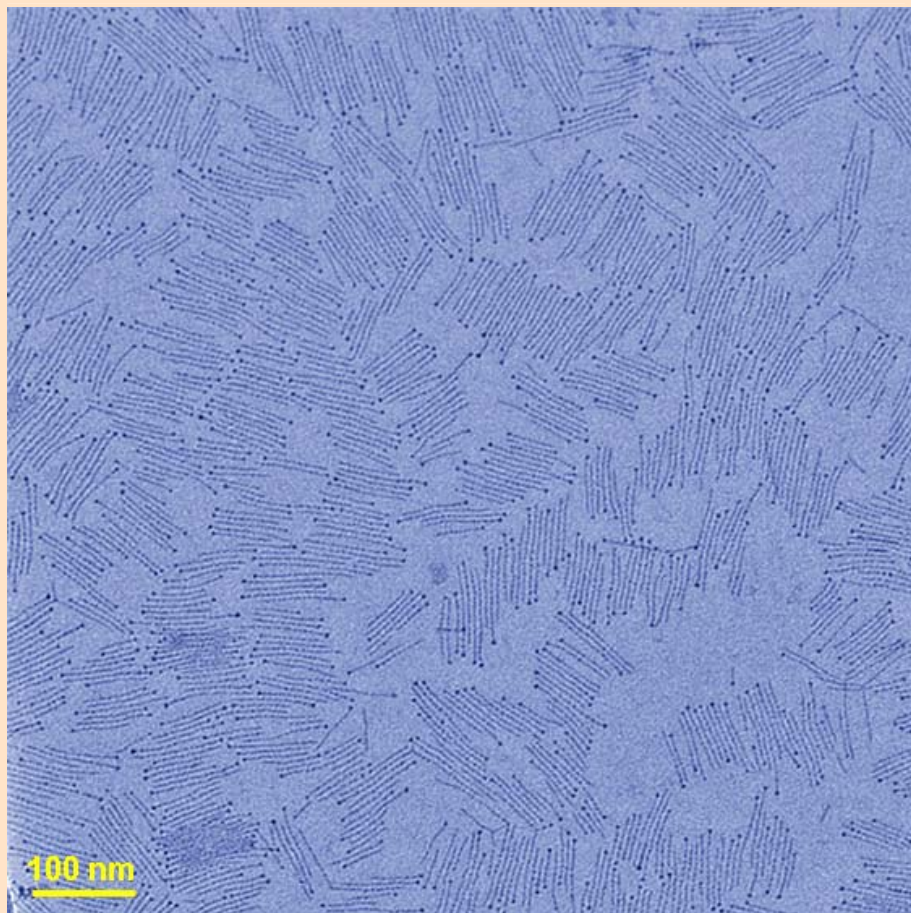


## 作品简介

图中所展示的是一幅二氧化锡纳米材料的高分辨透射电镜（TEM）照片。在 200 kV 的加速电压下，电子束照射在样品上，使得电磁透镜中各部分最终折射到荧光屏的透射电子构成一幅具有一定衬度的图像，即为我们所观察到的 TEM 照片。照片中衬度较深的地方为二氧化锡纳米材料，周围衬度很浅的地方则为非晶碳膜。当放大倍数达到一定值时，材料中各原子的像组合在一起形成的有序排列的晶格像就能够被肉眼分辨出来。首先，通过测量二氧化锡头部（左下方）、中部和尾部（右上方）的三个区域的晶面间距（0.347 nm），可以得知这三组晶面均对应着二氧化锡（PDF 卡片：41-1445）的{110}晶面族，还可以发现这三个区域边缘连续且晶格线取向基本相同，这说明图中所示部分为一整体结构；其次，右上角尾部区域的图像衬度，从左至右，由浅逐渐变深再逐渐变浅，这说明材料中间厚两边薄；最后，三个区域中的晶格线是曲折变化的，这很有可能是存在上下几层弯曲的曲面，由于透射电镜的景深很大，上下几层薄片的晶格条纹都呈现在像平面上。综上所述，可以分析得出，图中所示即为二氧化锡纳米薄片卷曲所形成的锥形筒状形貌（如附图所示），能清晰地观察到这么薄的薄片卷曲后形成的漂亮的晶格条纹非常不容易。形成这种形貌的动力很有可能是表面能的降低或者是薄片表面存在的悬挂键与材料相互之间的相互作用。



## 16号作品： 杨叶锋 火柴棒——ZnMgO 超细纳米棒



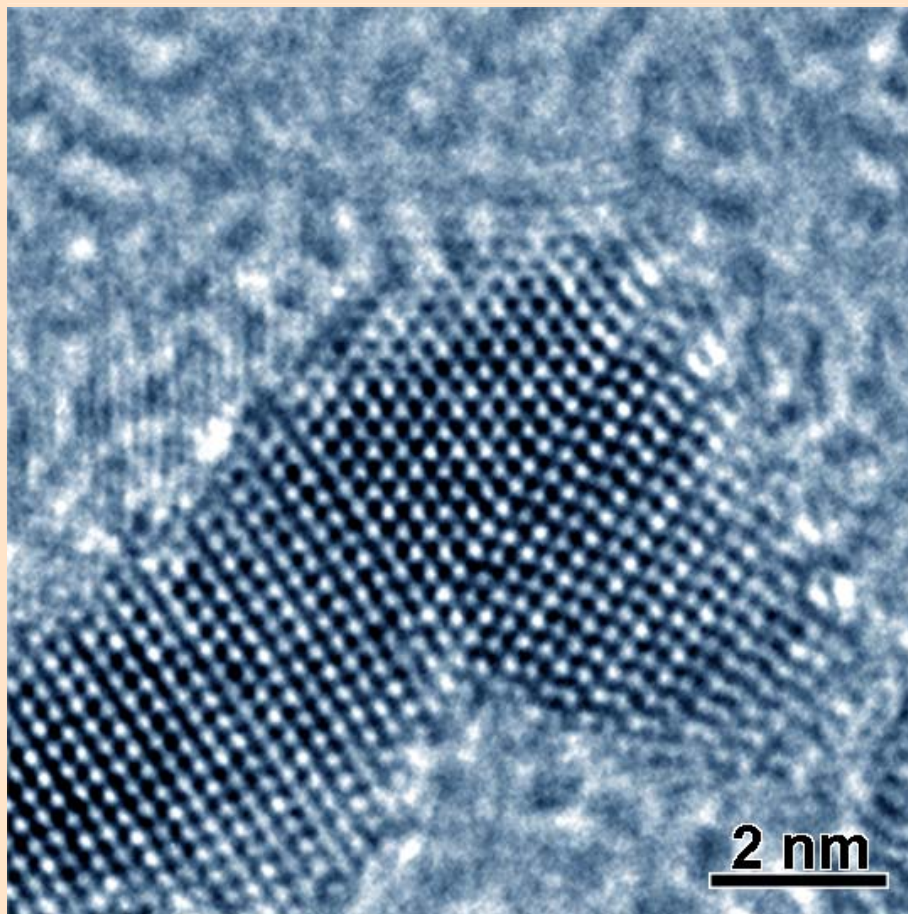
## 作品简介

这张参赛照片是作者通过浙江大学硅材料国家重点实验室的高分辨透射电子显微镜 (其型号为 Philips CM200, 电子束加速电压 160 kV) 获得的, 该照片清晰地展示了规则排列的纳米火柴棒。这些纳米火柴棒实际上是由直径约为 1.4 纳米, 长度约为 60 纳米的 ZnMgO 超细纳米线所组成的, 并且每一根 ZnMgO 纳米线的一端均生长有直径约为 3 纳米的 ZnMgO 纳米小球, 因此整体上像火柴棒。

半导体超细纳米线因其具有独特的一维尺度形貌和受量子约束效应影响的各种物理性能, 一直以来受到学术界广泛的关注, 但是其可控合成和掺杂问题长期困扰大家, 特别是当超细纳米线的直径处于 1~2 纳米即通常所说的分子尺度时, 这个问题显得更为严重, 是目前该研究领域的热点和难点之一。

作者通过改进合成工艺, 采用高温溶液的方法, 在国际上首次合成了 Mg 掺杂的 ZnO 超细纳米线, 制备的 ZnMgO 超细纳米线具有优异的晶体质量和良好的尺寸均匀性, 并且极易溶于甲苯、氯仿和正己烷等非极性溶剂中。通过 Mg 的可控掺杂, ZnO 超细纳米线可以获得可调的光电性能, 在半导体纳米光电器件领域具有非常重要的研究和应用价值。目前, 该照片以及相关的成果已经以全文形式发表于国际化学权威期刊《美国化学会志》(JACS, 影响因子为 8.58) (J. Am. Chem. Soc., 2010, DOI: 10.1021/ja103956p)。

## 17号作品 杨叶锋 央视大楼——掺杂诱导的相变



## 作品简介

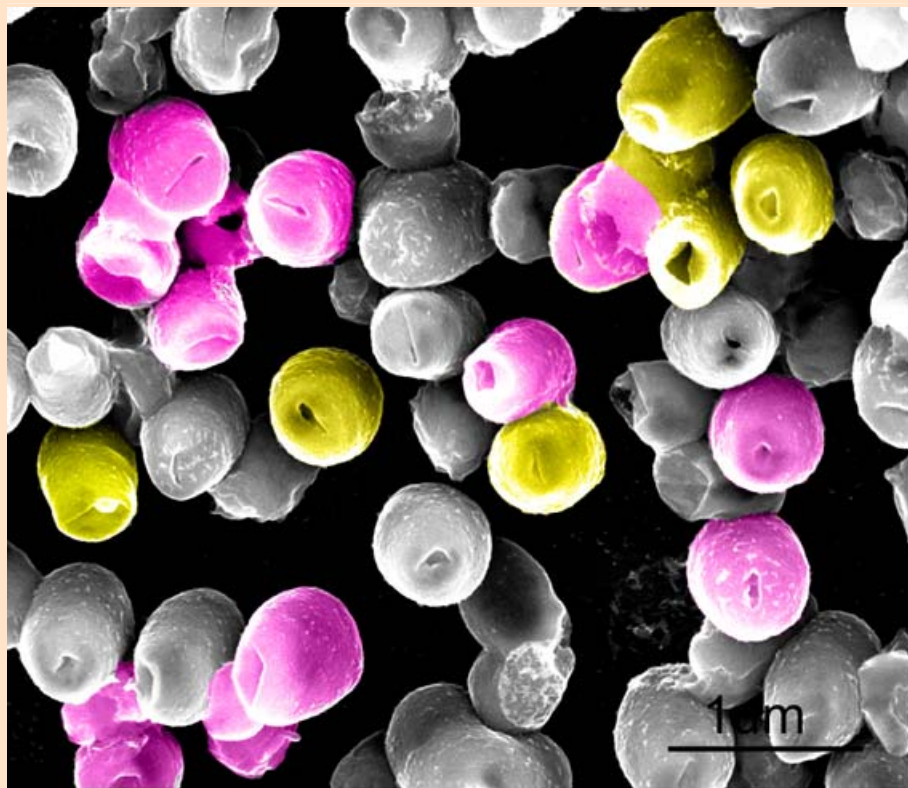
这张参赛照片是作者通过高分辨透射电子显微镜 (HRTEM, 型号为 FEI TECNAI G2 F20, 电子束加速电压为 160 kV) 获得的, 该照片清晰地展示了 Mg 掺杂的 ZnO 纳米四脚针状结构 (Tetrapod) 其核心区域和其中两个分支的微观结构。该结构的核心区域属于立方闪锌矿结构 (Zincblende), 其原子排列顺序为 ABCABC……; 分支区域则属于六方纤锌矿结构 (Wurtzite), 其原子排列顺序为 ABAB……。通过该照片我们还可以清楚地观察到两个不同相之间过渡的原子层界面以及存在的缺陷等。

在半导体纳米晶合成领域, 人们对纳米四脚针状结构 (tetrapod) 的形成机制尚未形成统一的认识, 一般认为其主要包括两种生长机制: (1) 两相结构生长机制, 即核心区域为立方相, 分支为六方相; (2) 孪晶生长机制, 即核心区域存在孪晶面。导致研究人员对 tetrapod 生长机制存在多种看法的主要原因是, 对该类材料的核心区域进行结构表征存在很大的困难, 多个分支的空间阻碍也很大程度上妨碍了核心区域的结构观察, 因此其核心区域原子级分辨率的高分辨电镜照片仍十分罕见。

作者在国际上首次合成了 Mg 掺杂的 ZnO 纳米四脚针状结构 (tetrapod), 并在电镜下长时间寻找缺少了其中两个分支的纳米材料, 终于获得了该照片。在通常情况下, ZnO 保持稳定的六方纤锌矿结构 (Wurtzite), 而通过该照片我们提出了掺杂诱导的相变过程, 即在纳米晶生长初期, Mg 的掺杂引入导致了 ZnO 相变的发生, 形成了核心区域的立方相结构。目前, 该照片以及相关的成果已经以全文形式发表于国际化学权威期刊《美国化学会志》(JACS, 影响因子为 8.58) (J. Am. Chem. Soc., 2010, DOI: 10.1021/ja103956p)。



## 18号作品：张凌泓 印象·郁金香——PEDOT



## 作品简介

在制备高电导率海葵状纳米聚(3, 4-乙撑二氧噻吩)时, 若把反应停止在初期, 则会得到这样的形貌。通过该形貌可以合理解释高电导率海葵状纳米聚(3, 4-乙撑二氧噻吩)的生长过程。这些酷似郁金香的纳米结构在接下来的反应中, 会生长成纳米纤维状结构, 这些纳米纤维垂直于表面, 长得非常有序, 在扫描电镜下看非常像海葵。

从该图中可以看出, 聚(3, 4-乙撑二氧噻吩)在生长初期就比较均匀的分布和比较一致的取向。生长过程中, 郁金香结构不断长长, 并且垂直于表面, 这样规则的取向使得在整个三维空间都有良好的 $\pi-\pi$ 共轭存在, 也即具有了形成高电导率导电高分子的前提。在通过合适的掺杂后, 该材料就可具有很高的电导率。

这幅作品取名为郁金香记忆。雨后天晴的下午, 漫步在绿草茵茵的河畔, 那含苞待放的郁金香仿佛一个个灵动的音符, 在耳畔奏出明朗的交响乐, 使美丽的回忆一点一点浮现于眼前。有的记忆随着时间流逝而渐渐淡去, 而有的记忆却像这灿烂的郁金香一样, 永远鲜明而充满活力。

在古老的传说中, 花神把一位美丽的姑娘变成了郁金香, 从此郁金香成为了爱的化身。粉色代表永恒, 黄色象征开朗。希望这星星点点的郁金香给大家带来美的享受。