苏州纳米所阵列无机半导体纳米结构与电荷传输性能研究获系列进展

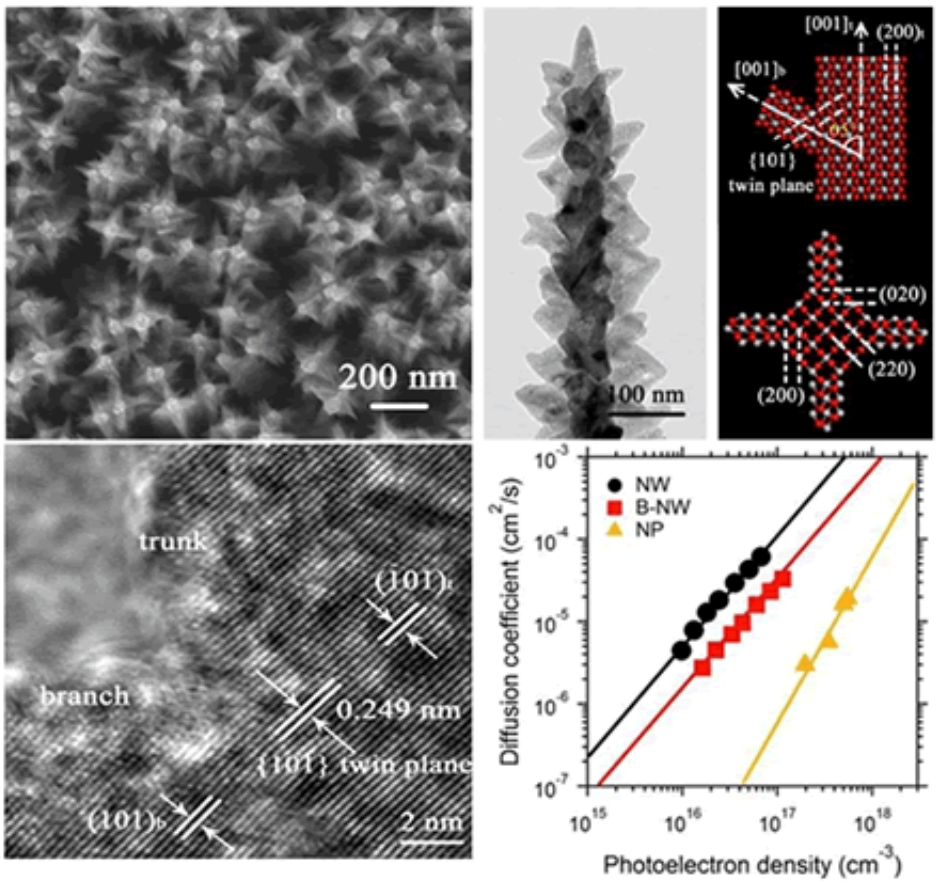

图1 具有快速电子传输性能的阵列三维枝状二氧化钛纳米电极。(Feng, X. J * *Nano Lett.* 2014, 14, 1848-1852.)

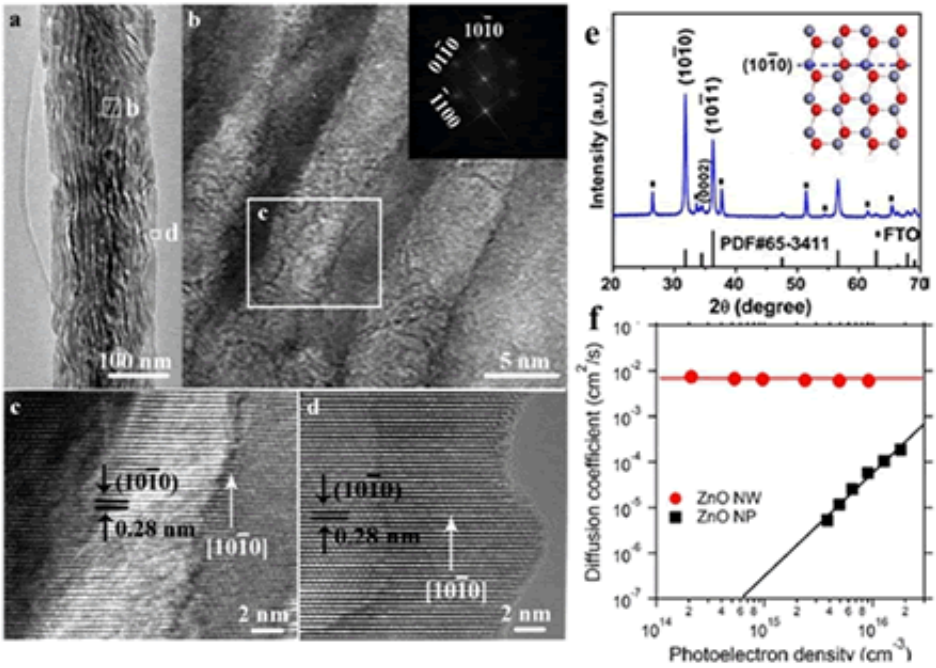

图2 具有快速电子传输性能及[10-10]生长方向的阵列多孔道氧化锌纳米电极。(Feng, X. J * *J. Am. Chem. Soc.* 2014, 136, 16772-16775.)

无机半导体纳米结构电极在太阳能电池、光解水及能量存储等器件中有着非常广泛的应用。电极的比表面积以及电荷输运能力是决定这些器件性能的关键因素。最近，中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所研究员封心建课题组在高性能无机半导体纳米电极的研究中取得了系列新进展。

电极材料的微观结构对其电学性能有着重要影响。传统具有高比表面积的电极材料是由纳米颗粒无序堆积而成，由于晶粒之间大量的晶界和缺陷的存在，使得电荷在其中的扩散常数比在单晶块体材料中低了6-8个数量级，严重影响了器件的性能。阵列一维纳米结构电极为电荷传输提供了直接通道。前期工作中相关人员通过溶剂热法成功的在透明导电玻璃上制备了单晶阵列一维TiO2纳米线，并通过瞬态光电测试方法证明了该结构具有比纳米颗粒薄膜快200倍的电子传输速度（Angew. Chem. Int. Ed. 2012, 51, 2727 – 2730)。通过将该阵列结构电极应用于钙钛矿固体太阳能电池中，实现了近12%的光电转换效率（Chem. Comm. 2014, 50, 14720-14723. 内封面）。

阵列一维纳米结构拥有快速的电荷传输性能，但其比表面积比纳米颗粒薄膜要小很多，因此，通过对电极的微观结构进行合理调控，制备同时具有高比表面积和快速电荷传输性能的纳米结构，是未来无机半导体纳米电极材料发展的重要方向。最近，研究人员通过两种调控微观结构的方式制备了同时具有高比表面积和快速电荷传输性能的电极材料。

第一，在阵列一维TiO2纳米线的基础上制备了阵列三维分枝电极结构。分枝结构沿着一维主干外延生长，极大的减少了分枝与主干之间晶界和缺陷。该电极结构同阵列一维结构拥有相似的快速电子传输性能，而其比表面积却比一维结构提高了71%，并带来了52%的光电转换率的提高。相关工作发表于Nano Lett. 2014, 14, 1848-1852，并受到广泛关注，成为该杂志月阅读量最大的前20篇文章一。

第二，利用大晶格材料的晶格定向收缩制备了类单晶的阵列多孔结构。通过对金属离子的配位动力学过程进行调控，制备了具有大晶格的阵列单晶一维羟基氟化锌纳米材料。在此基础上进行可控处理，伴随着羟基氟化锌晶胞的定向收缩以及小分子的脱除，首次得到了具有类单晶特性的阵列多孔氧化锌纳米线。这种转变还使得所制备的阵列氧化锌纳米线具有特殊的[10-10]晶格取向。厚度为25微米的电极材料拥有955的表面粗糙因子，和传统纳米颗粒薄膜相当；而其电子传输速度却比纳米颗粒薄膜快了至少1000倍，是非常理想的电极结构。相关工作发表于J. Am. Chem. Soc. 2014, 136, 16772-16775。

上述研究工作受到国际同行的广泛关注，应国际光学工程学会（SPIE）的邀请，撰写了研究综述The synthesis and assembly of 1D semiconductor for solar energy conversion，并发表在SPIE官方网站上。

该系列工作得到国家青年千人计划、国家自然科学基金、中国科学院以及苏州纳米所的大力资助。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/76035.html