

Journal of Electrochemistry

Volume 22

Issue 4 *Special Issue of Photoelectrochemistry
and New Types of Solar Cells*(Editors:Professor
LIN Chang-jian& LI Yong-fang)

2016-08-29

A Novel Flexible Dye-Sensitized Solar Cell Based on Pt Networks Counter Electrode

Zi-jie XU

Fa-yin ZHANG

Xiao-dan HONG

Wen-xi GUO

Xiang-yang LIU

Chang-jian LIN

Recommended Citation

Zi-jie XU, Fa-yin ZHANG, Xiao-dan HONG, Wen-xi GUO, Xiang-yang LIU, Chang-jian LIN. A Novel Flexible Dye-Sensitized Solar Cell Based on Pt Networks Counter Electrode[J]. *Journal of Electrochemistry*, 2016 , 22(4): 160145.

DOI: 10.13208/j.electrochem.160145

Available at: <https://jelectrochem.xmu.edu.cn/journal/vol22/iss4/12>

This Article is brought to you for free and open access by Journal of Electrochemistry. It has been accepted for inclusion in Journal of Electrochemistry by an authorized editor of Journal of Electrochemistry.

DOI: 10.13208/j.electrochem.160145

Artical ID:1006-3471(2016)04-0397-07

Cite this: *J. Electrochem.* 2016, 22(4): 397-403

Http://electrochem.xmu.edu.cn

基于网状铂电极的新型柔性染料敏化太阳能电池

许子颀¹, 张发荫¹, 洪晓丹¹, 郭文熹^{1*}, 刘向阳¹, 林昌健²

(1. 厦门大学, 生物仿生与软物质研究院, 福建省柔性功能材料重点实验室, 物理科学与技术学院物理系, 福建 厦门 361005; 2. 厦门大学, 固体表面物理化学国家重点实验室, 化学化工学院化学系, 福建 厦门 361005)

摘要: 柔性染料敏化太阳能电池(DSSCs)作为一种新型的化学太阳能电池,因其精简的封装工艺、较低廉的价格、高的化学稳定性以及可弯折等优点而备受关注. 本文介绍了一种新型的柔性 DSSC 的制备,其光阳极为高度有序的氧化锌(ZnO)纳米线阵列,对电极为柔性、导电、透明的网状铂(Pt networks)电极. 相对于传统的铂对电极而言,这种 Pt networks 对电极不仅具有优异的导电能力,还展现了极好的透光性(方阻 $\sim 100 \Omega \cdot \text{sq}^{-1}$, $\sim 80\%$ 透光率)和催化性能,此外,Pt networks 电极可构筑于任意弯曲的衬底,具有优异的机械耐弯折性能. 在 ZnO 纳米线阵列的 DSSCs 的应用中,基于 Pt networks 膜的柔性 DSSC 的转化效率比铂纳米丝阵列 (Pt nanofiber arrays, Pt NFs)膜高出了 32%.

关键词: 柔性太阳能电池; 对电极; 氧化锌; 柔性导电膜

中图分类号: TM914

文献标识码: A

染料敏化太阳能电池(DSSCs)作为一种新型的化学太阳能电池,因其精简的封装工艺,较低廉的价格,高的化学稳定性,可弯曲等优点而备受关注^[1-5],被视为是最有希望取代传统硅基太阳能电池的新一代光伏器件之一^[6].

随着电子产品向轻型化、小型化、集成化方向的不断发展,可弯曲甚至可穿戴的柔性电子器件正在日益成为科学研究和制造技术研发的热点^[7-9]. 与刚性易碎的玻璃基底的 DSSCs 相比,柔性 DSSCs 在重量、体积、运输、组装以及卷对卷生产等方面拥有更加明显的优势^[10]. 然而在 DSSCs 柔性化过程中,依然需要克服以下问题:1)光阳极材料的机械柔性有待于进一步增强. 光阳极膜层在制备和使用过程中存在开裂以及脱离的现象,在工艺上,增加半导体材料和导电衬底的结合力往往需要高温(一般大于 450 °C)烧结. 而大多数柔性透明衬底(PET, PS, PE, PVC 等高分子薄膜)存在热稳定性的问题. 2)对电极的透光率与机械柔性有待进一步增强. 在不同的柔性对电极材料中,Pt 因其

出众的催化性能而广泛地应用于 DSSCs 中. 目前,对于柔性 Pt 电极的制备常用的有磁控溅射法^[11-12]、化学还原法^[13]、电沉积法^[14-15]以及原子层沉积法^[16]. 但许多问题依然存在,如上述方法中均需要使用铟锡氧化物(ITO)薄膜作为导电层,ITO 作为陶瓷类导电材料,不仅资源稀缺且易碎易开裂的缺点,在弯折扭曲力的作用之下容易破裂变形,使其机械柔性大打折扣.

为解决上述问题,本文引入低温水热反应与常温静电纺丝的方法分别制备光阳极和对电极^[17-18]. 首先,通过低温水热反应法在柔性衬底表面制备一层高度有序的 ZnO 纳米线阵列膜作为光阳极,由于 ZnO 无需高温退火晶化以及其与柔性衬底的良好结合力,使得其成为柔性 DSSCs 的重要光阳极. 紧接着将聚乙烯醇(PVA)静电纺丝与磁控溅射 Pt 金属相结合,通过两步转移的方法,制备 Pt networks 对电极. 这种 Pt networks 对电极不仅能作为薄膜导电,还展现了良好的透光性(方阻 $\sim 100 \Omega \cdot \text{sq}^{-1}$, $\sim 80\%$ 透光率)和催化性能,此外,Pt networks 电极可

收稿日期: 2016-03-14, 修订日期: 2016-04-19 * 通讯作者, Tel: (86-592)2182775, E-mail: wxguo@xmu.edu.cn

国家自然科学基金项目(No. 51502253)、中央高校基本科研业务费(No. 20720150030)及高等学校学科创新引智计划“111 计划”(No. B16029)资助

构筑于任意弯曲的基底^[9]. 经过 1000 次的弯曲性能测试表明, Pt networks 电极具有优异的机械稳定性, 在 ZnO 纳米线阵列的柔性 DSSCs 的应用中, 得到最高 1.33% 的光电转化效率.

1 实验

1.1 对电极的制备

将 1 mm 厚度的 PET 柔性薄膜剪成 1 cm × 2 cm 大小的矩形片, 分别用乙醇、水超声清洗 PET 表面 20 min, 之后使用 70 °C 干燥箱干燥 10 min. 使用静电纺丝法制备 PVA 纳米纤维, 将铝箔纸折叠成若干个高约 1.5 cm、宽 2 cm 的连续凹槽作为 PVA 纺丝接收器. 将 PVA 溶液注入 5 mL 一次性针筒, 在正电压 18 kV、负电压 3 kV 的电场中纺丝, 纺丝时间为 3 min.

Pt 金属通过磁控溅射至 PVA 纳米纤维之上, 室温中在纯氩气 0.5 Pa 气压、120 W 功率下溅射 5 ~ 10 min. 然后将溅射之后的 Pt 金属丝转移至已清洗 PET 表面, 第一次转移横向丝, 第二次转移纵向丝(如图 1 所示), 得到十字交叉状的 Pt/PET 柔性膜. 为便于比较, 将两次同方向转移的 Pt 丝命名为 Pt 纳米丝阵列(Pt NFs), 之后在 70 °C 的干燥箱中干燥 2 min. 为完全去除 PVA 纳米纤维, 将样品放入去离子水中室温浸泡 10 min, 70 °C 干燥, 此过程可根据自身欲获得的电阻重复操作.

1.2 光阳极的制备

首先, 将 ITO/PET 薄膜分别用乙醇和水超声清洗 20 min 以去除表面杂质. 磁控溅射在室温纯氩气 0.5 Pa 气压、140 W 功率、15 min 条件下进行, 溅射 ZnO 于 ITO/PET 薄膜之上, 以制备 ZnO 种子

层. 之后配制含有 $2 \times 10^{-2} \sim 4 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硝酸锌和 $2 \times 10^{-2} \sim 4 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 六次甲基四胺的去离子水溶液, 将上述薄膜放入溶液中, 化学水浴法 85 °C 反应 9 ~ 12 h, 生长 ZnO 纳米线阵列. 进一步增加 ZnO 纳米线阵列的长度可通过不断更换新鲜反应溶液来实现. 同时, 配制 $5 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 N719 染料乙醇溶液, 将 ZnO 纳米线阵列薄膜浸入染料室温避光反应 1 h.

1.3 DSSCs 的组装

电池采用经典的“三明治”结构, 将光阳极与对电极用 25 μm 塑封膜粘合, 中间的空隙利用毛细现象注入含有 $1 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 碘化锂, $1 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 高氯酸锂, $1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 碘的乙腈溶液, 以组装基于 Pt networks 电极的柔性染料敏化太阳能电池.

1.4 表征与测试

样品形貌分析使用日本日立公司场发射扫描电子显微镜(SEM SU70)和透射电镜(TEM, F20)观察; 样品物相分析通过 Bruker-AXS X 射线衍射(XRD)测试; 样品透光吸光度通过 Lambda750 紫外可见光谱仪测试; 光电流密度-光电压(*J-V*)曲线测试通过 Newport Oriel *I-V* 测试工作站测量, 采用 AM1.5 模拟太阳光($100 \text{ mW} \cdot \text{cm}^{-2}$). 电化学性能通过 CHI660E 电化学工作站测试; Pt networks 结构通过 Leica DM6000B 偏光荧光显微镜拍摄; 弯曲测试通过线性动力马达测量; 网状薄膜方阻通过 RTS-8 型数字式四探针测试仪测试.

2 结果与讨论

2.1 氧化锌纳米线阵列的制备

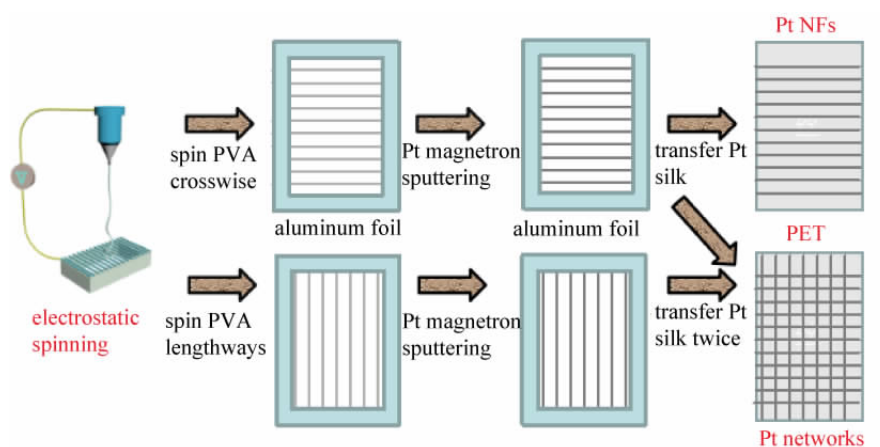


图 1 静电纺丝制备铂网络和铂纳米丝阵列对电极示意图过程

Fig.1 The schematic representations of the electrostatic spinning process for the fabrications of Pt networks and Pt NFs counter electrodes

图 2A、2B 中为水热反应所得的 ZnO 纳米线阵列的顶部与截面图. 由图 2A 中可看出纳米线的直径约为 50 nm, 顶端成六边形, 晶型完好. 由图 2B 中的截面图可以看出 ZnO 纳米线阵列密集地生长在 ITO/PET 薄膜表面, 长度约为 4~5 μm , 膜层的厚度可通过不断更换新鲜的反应溶液来进一步增加. 图 2C 中 HRTEM 照片显示其晶体的晶面间距为 0.23 nm 与 (200) 晶面相对应. 图 2D 中分别测试了基底与 ZnO 纳米线阵列的 XRD 图谱, 经比较, 得出 2θ 为 34° 对应的为 ZnO(200) 晶面特征峰. 图 2E 为 ZnO 纳米线阵列及 ZnO/N719 纳米线阵列光吸收谱图, 可见在浸泡染料之后, 光吸收在 400~900 nm 的可见光区域具有较为显著的增强.

2.2 Pt networks 对电极的制备与性能测试

图 3A 为所制备的面积为 $1\text{ cm} \times 3\text{ cm}$ Pt 透明电极在试管曲面弯曲的数码照片, 从图中可以看出 Pt 对电极在试管曲面下体现了很好的透光性能和柔韧性. 图 3B 为 Pt 网状透明电极相应的高倍显微照片, 从图中可明显看到 Pt 丝成十字交叉的网络结构, 从插图中可更加清楚地看到明显地融合在一起的交叉点. 在本方法中, Pt 丝的直径可以

通过静电纺丝的电压来控制, 可达到 50 nm~5 μm 之间, 长度可达到几个厘米. 超细超长的 Pt 丝不仅可以提高 Pt 电极的透光, 而且还可以减少丝状电极之间的交叉点(相对于金属纳米线导电膜), 从而提高导电率和电极稳定性. 图 3C 为采用 Fluke 15B+ 万用表在室温下对 Pt 对电极进行实测的数码图, 其方阻在 $20 \sim 40\ \Omega \cdot \text{sq}^{-1}$ 之间, 显示出极好的导电能力. 除此之外, 电极的透光率可以通过纺丝的厚度来控制, 在图 3D 中, 分别将不同厚度 Pt networks 电极(1 次、2 次、3 次和 4 次拉丝)和直接溅射 Pt 的 PET 电极进行透光性能对比, 从照片上看, 很显然, 透光率随着拉丝次数的增多而降低. 但对于直接溅射在 PET 表面的 Pt 薄膜却变得完全不透明, 网状的非连续性膜层可以让原本不透明的金属薄膜变得透明. 相比于单方向的 Pt 纳米丝阵列(Nanofiber Arrays, NFs)电极, 这种十字交叉的网状电极具有更好的导电均匀性. 图 3E 为 Pt networks 与 Pt NFs 电极的电阻与透光率的关系图, 很明显, 两种电极的透光率随着电阻的增大而增大, 在相同方阻的条件下, Pt networks 电极的透光率要明显的好于 Pt NFs, 在方阻 $\sim 100\ \Omega \cdot \text{sq}^{-1}$ 下,

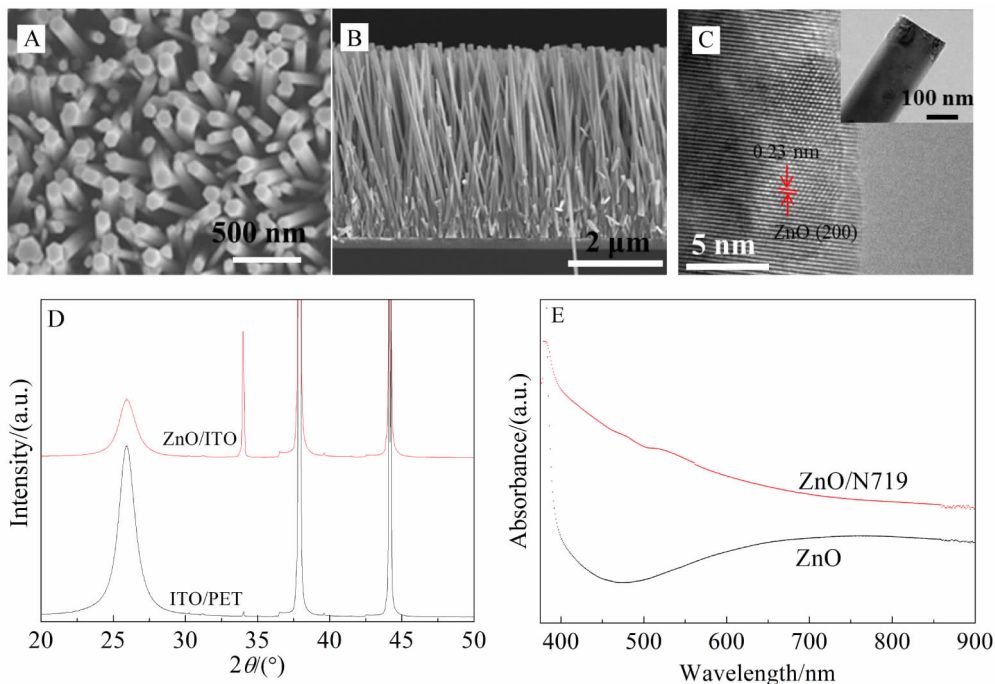


图 2 A-B. ZnO 纳米线阵列俯视及侧视 SEM 照片; C. ZnO 纳米线阵列 TEM 和 HRTEM 照片; D. ZnO 纳米线阵列 XRD 图谱; E. ZnO 纳米线阵列及 ZnO/N719 纳米线阵列光吸收谱图

Fig. 2 A-B. Top view and side view SEM images of the ZnO NWs; C. TEM and HRTEM images of the ZnO NWs; D. XRD patterns of the ZnO NWs; E. Light absorption spectra of the ZnO NWs and the ZnO/N719 NWs

透光率达到 80%以上,体现了交叉网络对于面导电的促进作用.图 3F 在反复弯折测试中,ITO/PET 薄膜在 400 次弯曲后电阻明显增大,其导电性能迅速下降.反之,Pt 对电极在 1000 次弯曲后电阻变化仍不显著,表明了其很好的弯曲性能.预示着 Pt networks 电极在柔性电子器件的应用中存在优势.

为了更好地了解 Pt 对电极的催化作用,本文对 Pt 对电极的电化学性能进行了测试.图 4A 为 Pt networks 对电极和 Pt NFs 薄膜的循环伏安曲线图.扫描范围为 $-0.8 \sim 1.6$ V,扫描速率为 $50 \text{ mV} \cdot \text{s}^{-1}$.如图所示,两片薄膜均出现了 Pt 电极典型

的两对氧化还原峰,图形左侧的双峰发生还原反应 $\text{I}_3^- + 2\text{e} = 3\text{I}^-$,同时右侧双峰发生氧化反应 $3\text{I}_2^- + 2\text{e} = 2\text{I}_3^-$.明显的还原峰体现了非连续性 Pt 电极对 I_3^- 离子的高效还原能力.从图中可以看出,Pt networks 电极的还原电流 ($\sim 1 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$) 要大于 Pt NFs ($\sim 0.5 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$),表明了网络状 Pt 薄膜具有更优异的电化学催化性能.为研究柔性 Pt networks 电极在碘电解液中的化学稳定性以及在柔性衬底的结合力,本文引入长时间的 CV 电化学扫描的方法.图 4B 为 Pt networks 对电极 200 周的循环伏安稳定性测试图,扫描范围为 $-0.8 \sim 1.6$ V,扫描速率同为 $50 \text{ mV} \cdot \text{s}^{-1}$,从图中可以看出,经过 200 周测试

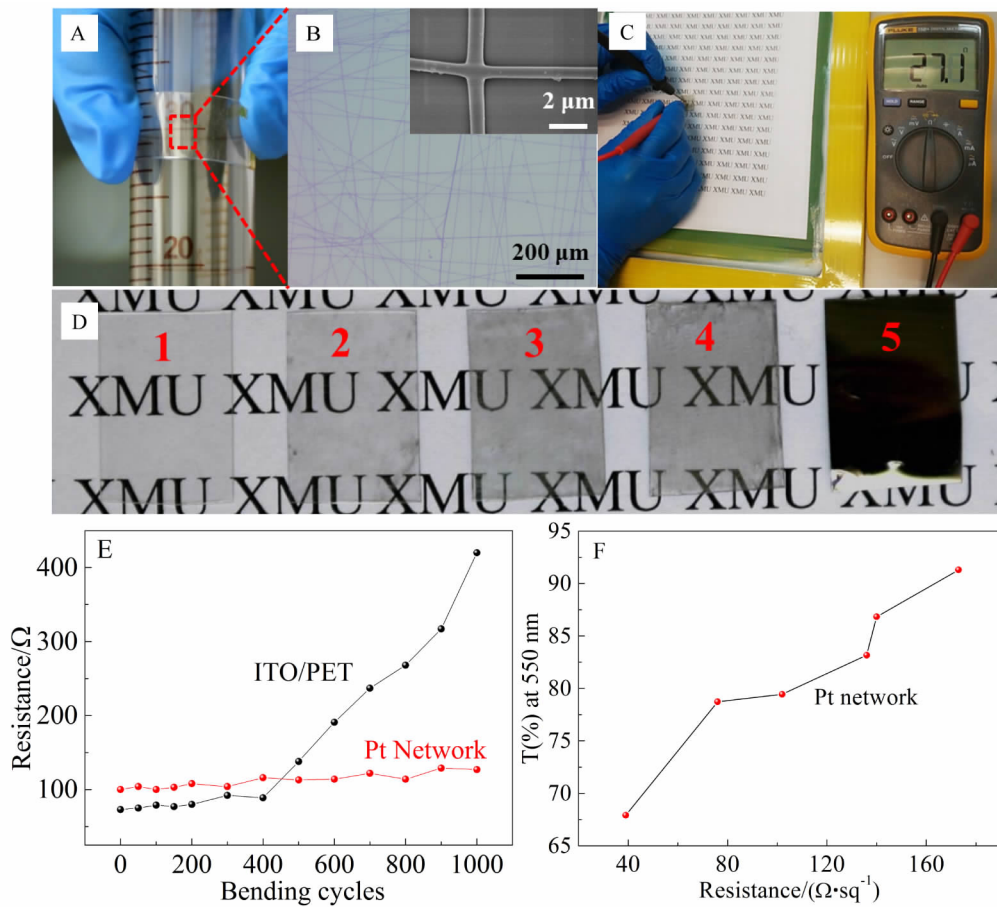


图 3 A. Pt networks 对电极实物图;B. 对于(A)中的 Pt 对电极网状结构显微形貌图;C. Pt 对电极电阻实测的数码图片;D. 样品 1、2、2、4 分别为不同厚度 Pt networks 对电极的数码图片,5 为直接在 PET 上面磁控溅射(溅射时间与 Pt networks 电极一致)Pt 的数码图片;E. Pt networks 与 Pt NFs 电极的电阻与透光率的关系图;F. 重复弯曲条件下 Pt networks 对电极与 ITO/PET 电极电阻测试.

Fig. 3 A. Photograph of Pt networks; B. The microstructure image of Pt networks; C. Resistance test of Pt networks; D. Photograph of the Pt networks with different transmittances corresponding to sample 1, 2, 3 and 4, and directly magnetron sputtering Pt on PET substrate (equal time as Pt networks) corresponding to sample 5; E. Resistance measurements of Pt networks and ITO/PET film under the repeated bending conditions; F. The relationship between resistance and transmittance of Pt networks

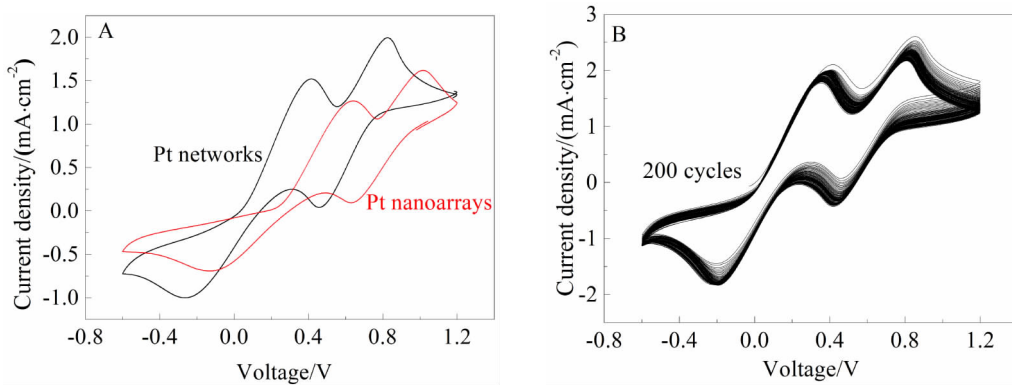


图 4 A. Pt networks 对电极与 Pt NFs 薄膜循环伏安曲线图;B. Pt networks 对电极 200 循环稳定测试图
Fig. 4 A. Cyclic voltammetric (C-V) curves of Pt NFs and Pt networks with different resistances; B. C-V stability testing curves of Pt networks after 200 scanning cycles

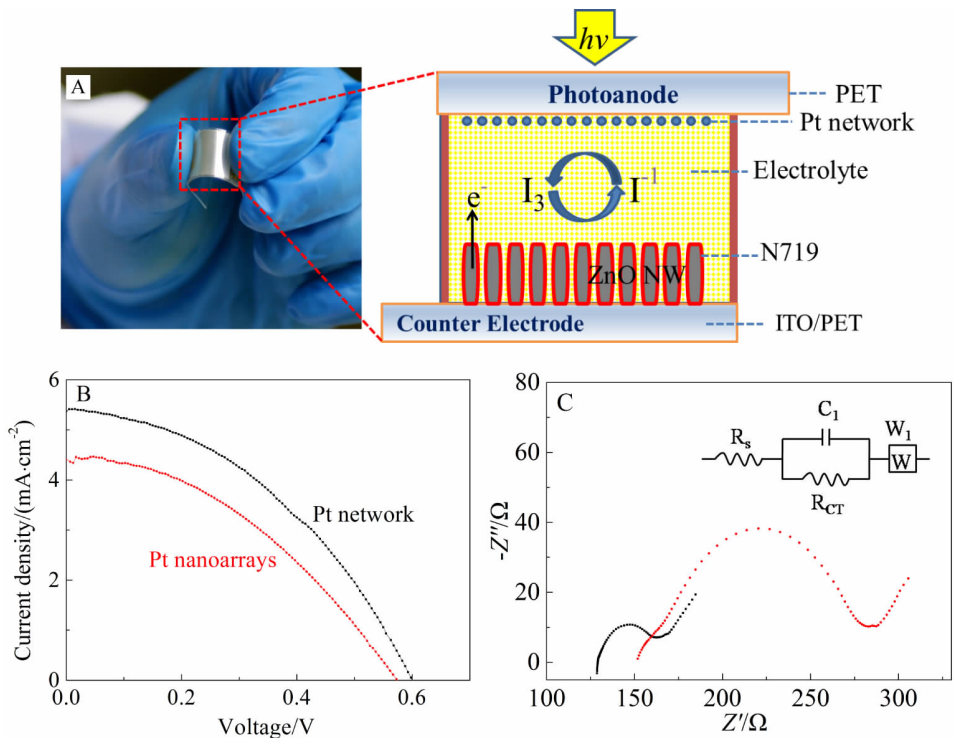


图 5 A. 柔性 ZnO 纳米线阵列与 Pt networks 电极为基础的 DSSC 实物照片以及其对应的结构示意图;B. Pt networks 与 Pt NFs 的 $J-V$ 曲线图;C. Pt networks 对电极与 Pt NFs 薄膜的电化学阻抗谱图
Fig. 5 A. The schematic diagram of the fabricated DSSC; B. $J-V$ curves of Pt networks and Pt NFs; C. Nyquist plots of the Pt networks and Pt NFs

之后,还原电流并无明显的衰减,表明 Pt networks 对电极具有极强的化学稳定性和与 PET 基底的良好结合力。

2.3 DSSCs 的组装与测试

图 5A 为封装的 ZnO 纳米线阵列光阳极与 Pt networks 纳米纤维对电极组成的 DSSC,右侧为其

相应的结构示意图。图 5B 测试了 DSSCs 的 $J-V$ 曲线,其光伏参数列于表 1 中,可以看出 Pt networks 电极为基础的 DSSC 比 Pt NFs 为基础的 DSSC 具有更高的短路电流和更大的转换效率。这点和上述的电阻透光率以及循环伏安的还原电流的大小的趋势保持一致。为更好地说明 Pt networks 电极

表 1 基于 Pt networks 和 Pt NFs 对电极材料的 DSSCs 的光伏参数结果以及图 5C 中利用等效电路拟合的 EIS 阻抗值.

Tab.1 Performance parameters of the DSSCs based on Pt networks/Pt NFs, and the results of the EIS fitting using the electrical equivalent circuit model in Fig 5C.

Sample	$J_{sc}/\text{mA} \cdot \text{cm}^{-2}$	V_{oc}/V	FF	PCE/%	R_s/Ω	R_{ct}/Ω
Pt NFs	4.41	0.57	0.40	1.01	164.4	102.9
Pt networks	5.37	0.60	0.41	1.33	130.7	27.43

与 Pt NFs 在电池中的电化学催化性能, 本文采用对称电极的电化学阻抗法进行研究. 图 5C 为两种对电极的电化学阻抗谱图, 测试结果列于表 1 中, 从表中可以明显看出, Pt NFs 的电荷转移电阻 (R_{ct}) 值 (102.9Ω) 比 Pt networks 电极 (27.43Ω) 大得多. 再次证明 Pt networks 电极对碘离子具有更优异的催化性能.

3 结 论

本文通过低温水热反应与常温静电纺丝技术制备了新型的柔性 DSSCs. 高度有序的 ZnO 纳米线阵列成功地通过水热反应生长于 PET 柔性衬底表面. 通过静电纺丝和磁控溅射技术, 在柔性衬底表面成功构筑网状的 Pt 对电极. 经过研究表面, 柔性 Pt networks 电极不仅具有良好的导电透光性能 (方阻 $\sim 100 \Omega \cdot \text{sq}^{-1}$, $\sim 80\%$ 透光率), 而且还具有优异的机械柔性和结合力. 相对于平行的 Pt NFs 而言, 十字交叉的 Pt networks 具有更好的对碘离子的电化学催化能力, 在 ZnO 纳米线阵列为基础的 DSSCs 的应用中取得了 1.33% 的效率, 比 Pt NFs 电极增长 32%.

参考文献 (References):

- [1] Mathew S, Yella A, Gao P, et al. Dye-sensitized solar cells with 13% efficiency achieved through the molecular engineering of porphyrin sensitizers[J]. *Nature Chemistry*, 2014, 6(3): 242-247.
- [2] Chung I, Lee B, He J, et al. All-solid-state dye-sensitized solar cells with high efficiency[J]. *Nature*, 2012, 485(7399): 486-489.
- [3] Kakiage K, Aoyama Y, Yano T, et al. An achievement of over 12 percent efficiency in an organic dye-sensitized solar cell[J]. *Chemical Communications*, 2014, 50(48): 6379-6381.
- [4] Yella A, Mai C L, Zakeeruddin S M, et al. Molecular engineering of push-pull porphyrin dyes for highly efficient dye-sensitized solar cells: The role of benzene spacers[J]. *Angewandte Chemie International Edition*, 2014, 53(11): 2973-2977.
- [5] Ha id S, Marszalek M, Mishra A, et al. Significant improvement of dye-sensitized solar cell performance by small structural modification in π -conjugated donor-acceptor dyes[J]. *Advanced Functional Materials*, 2012, 22(6): 1291-1302.
- [6] Han L Y, Islam A, Chen H, et al. High-efficiency dye-sensitized solar cell with a novel co-adsorbent[J]. *Energy & Environmental Science*, 2012, 5(3): 6057-6060.
- [7] Zhou R R, Guo W X, Yu R M, et al. Highly flexible, conductive and catalytic Pt networks as transparent counter electrodes for wearable dye-sensitized solar cells[J]. *Journal of Materials Chemistry A*, 2015, 3(45): 23028-23034.
- [8] Ito S, Ha N L, Rothenberger G, et al. High-efficiency (7.2%) flexible dye-sensitized solar cells with Ti-metal substrate for nanocrystalline-TiO₂ photoanode[J]. *Chemical Communications*, 2006, (38): 4004-4006.
- [9] Kim S S, Yum J H, Sung Y E. Flexible dye-sensitized solar cells using ZnO coated TiO₂ nanoparticles[J]. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 2005, 171(3): 269-273.
- [10] Fan X, Chu Z Z, Wang F Z, et al. Wire-shaped flexible dye-sensitized solar cells[J]. *Advanced Materials*, 2008, 20(3): 592-595.
- [11] Lin L Y, Yeh M H, Tsai K W, et al. Highly ordered TiO₂ nanotube stamps on Ti foils: Synthesis and application for all flexible dye-sensitized solar cells[J]. *Electrochemistry Communications*, 2013, 37: 71-75.
- [12] Yoo B J, Lim M K, Kim K J. Application of Pt sputter-deposited counter electrodes based on micro-patterned ITO glass to quasi-solid state dye-sensitized solar cells[J]. *Current Applied Physics*, 2012, 12(5): 1302-1306.
- [13] Baxter J B, Walker A M, van Ommering K, et al. Synthesis and characterization of ZnO nanowires and their integration into dye-sensitized solar cells[J]. *Nanotechnology*, 2006, 17(11): S304-S312.
- [14] Kim S S, Nah Y C, Noh Y Y, et al. Electrodeposited Pt for cost-efficient and flexible dye-sensitized solar cells[J].

- Electrochimica Acta, 2006, 51(18): 3814-3819.
- [15] Fu N Q, Xiao X R, Zhou X W, et al. Electrodeposition of platinum on plastic substrates as counter electrodes for flexible dye-sensitized solar cells[J]. The Journal of Physical Chemistry C, 2012, 116(4): 2850-2857.
- [16] Alonso D G, Zardetto V, Mackus A J M, et al. Atomic layer deposition of highly transparent platinum counter electrodes for metal/polymer flexible dye-sensitized solar cells[J]. Advanced Energy Materials, 2014, 4(4): 1300831
- [17] Guo W X, Zhang X J, Yu R M, et al. CoS NWs/Au hybridized networks as efficient counter electrodes for flexible sensitized solar cells[J]. Advanced Energy Materials, 2015, 5(11): 1500141.
- [18] Wu H, Kong D, Ruan Z, et al. A transparent electrode based on a metal nanotrough network[J]. Nature Nanotechnology, 2013, 8(6):421-425.
- [19] Hecht D S, Hu L, Irvin G. Emerging transparent electrodes based on thin films of carbon nanotubes, graphene, and metallic nanostructures[J]. Advanced Materials, 2011, 23(13): 1482-1513.

A Novel Flexible Dye-Sensitized Solar Cell Based on Pt Networks Counter Electrode

XU Zi-jie¹, ZHANG Fa-yin¹, HONG Xiao-dan¹, GUO Wen-xi^{1*},
LIU Xiang-yang¹, LIN Chang-jian²

(Research Institute for Biomimetics and Soft Matter, Fujian Provincial Key Lab for Soft Functional Materials Research, Department of Physics, College of Physical Science and Technology, Xiamen University, Xiamen 361005; 2. State Key Laboratory of Physical Chemistry of Solid Surfaces, Department of Chemistry, College of Chemistry and Chemistry Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005)

Abstract: Flexible dye-sensitized solar cells (DSSCs) have received widespread attentions in recent years because of their ease of fabrication, low production cost, relatively high chemical stability and flexibility. We report the fabrication of ZnO DSSCs based on the highly flexible, conducting, catalytic and transparent Pt networks counter electrode, and the performance of this solar cell was characterized by SEM, XRD, polarized fluorescence microscope, motor, *I-V* test station and electrochemical workstation. Compared to Pt nanofiber arrays (NFs), Pt networks not only show a better conductivity, but also exhibit superior transparency and catalytic activity. Furthermore, Pt networks electrode could be constructed on arbitrary flexible substrates. The fabricated flexible ZnO DSSC based on Pt networks counter electrode achieved 1.33% photoelectric conversion efficiency, which is 32% higher than that based on Pt NFs.

Key words: flexible solar cells; counter electrodes; zinc oxide; flexible conducting films