

[补充信息]

利用石墨烯基空穴传输层提升有机太阳能电池性能

林珊, 史永堂, 王盈盈, 逢贝莉[✉]

青岛科技大学材料科学与工程学院, 青岛 266042

[Supplementary Information]

Enhancing the Performance of Organic Solar Cells by Introducing Graphene-based Hole Transfer Layer

LIN Shan, SHI Yongtang, WANG Yingying, PANG Beili[✉]

College of Materials Science and Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042

氧化石墨烯的制备

本实验用到的 GO 是根据文献中广泛报道的 Hummers^[1-2]方法, 首先, 在 1000 mL 的三口圆底烧瓶中加入 184 mL 浓度为 95% 的浓硫酸, 冰浴搅拌 20 min; 在不断搅拌下加入 4.0 g 膨胀石墨, 4.0 g 硝酸钠和 24 g 的高锰酸钾 (在 1~1.5 h 内缓慢加入), 全部加完后继续在冰浴下搅拌; 将上述石墨悬浮液升温到 35 °C, 然后保持恒温搅拌 45 min; 将 368 mL 的去离子水缓慢加入上述混合溶液中, 将温度升至 95 °C 然后搅拌 30 min; 加入预先水浴加热好的 400 mL 85 °C 的去离子水, 继续搅拌均匀; 取浓度为 30% 的 H₂O₂ 溶液约 20 mL 缓慢加入悬浮液中, 至无气泡出现, 此时溶液呈金黄色; 将最终溶液转移到抽滤瓶中趁热抽滤, 并不断加入浓度 5% 的稀盐酸溶液和去离子水将溶液洗至中性, 将产物转移到广口瓶中; 对产物进行超声处理直到悬浮液无明显颗粒存在, 此时得到的就是 GO 的悬浮液; 最后用去离子水不断离心至溶液呈中性, 将溶液放入冷冻干燥机内进行冷冻干燥, 得到具有含氧官能团的 GO 粉末。

石墨烯基有机太阳能电池器件的制备

石墨烯基有机太阳能电池器件的制备过程如图 S1 所示, 具体步骤如下:

(1) 空穴传输层 (HTL)

将清洗和氧等离子体处理完的 ITO 玻璃基片置于旋涂仪上, 开始旋涂空穴传输层, 取准备好的 GO 乙醇溶液滴在 ITO 基底上, 旋涂参数为转速为 3000 rpm, 时间 10 s, 选择乙醇溶液的原因主要是为了降低 GO 溶液的表面能, 使其更好地润湿基片表面。旋涂完后将 ITO 基底进行氧等离子体处理 1 min, 氧等离子体处理完成后将基片转移到手套箱进行后续操作; 作为对比的器件是取适量 PEDOT:PSS 滴在 ITO 上, 设置转速为 4000 rpm, 时间 18 s。旋涂完成后将 ITO 基片转移到烘箱进行退火处理, 退火温度为 150 °C, 时间设定为 20 min。退火完成后将基片转移到手套箱进行后续操作。

(2) 活性层

PTB7-Th 和 PC71BM 以 1:1.5 w/w 的比例, 12.5 mg/mL 的聚合物浓度溶于氯苯溶液中, 搅拌过夜, 在使用前半小时加入体积比为 3% 的 DIO 作为添加剂。取约 20 μL 活性层溶液滴加在 ITO 上, 设置转速为 2300 rpm, 时间为 20 s; PBDT-BDD 和 PC71BM 以 1:1 w/w 的比例, 将浓度为 10 mg/mL 的聚合物溶液溶于氯苯溶液中, 搅拌过夜, 在使用前半小时加入体积比为 3% 的 DIO 作为添加剂。取约 20 μL 活性层溶液滴加在 ITO 上, 设置转速为 1500 rpm, 时间为 20 s。

(3) 电子传输层 (PFN)

将提前备好的 PFN 甲醇溶液旋涂在活性层上, PFN 溶液的制备方法是将 PFN 溶解在甲醇溶液中 (0.2 mg/mL), 再加入少量的醋酸 (2 $\mu\text{L}/\text{mL}$)。

(4) 金属电极蒸镀

铝电极的蒸镀是用真空蒸发蒸镀的方式沉积到基片表面, 通过掩模版控制器件的有效面积 (0.1 cm^2)。电极蒸镀完成, 所得有机太阳能电池的器件结构为: ITO/HTL/Active Layer/PFN/Al。

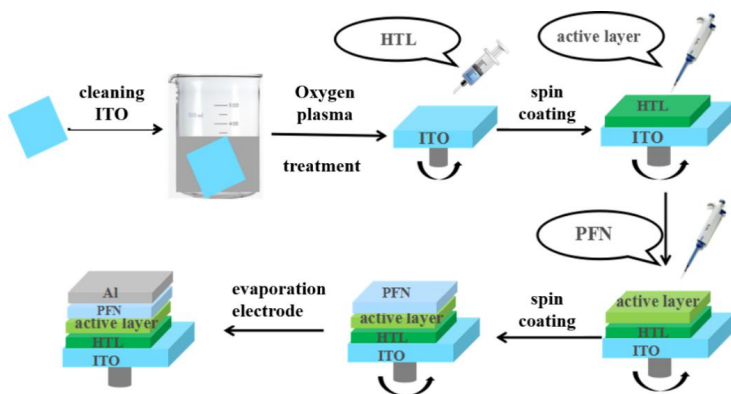


图 S1 石墨烯基有机太阳能电池器件的制备流程图

Fig.S1 The flow chart of the organic solar cell with GO

样品表征及器件性能测试

本实验利用 TEM、XRD 及 Raman 光谱对 GO 形貌和结构等进行表征分析, 采用 H-7650 透射电子显微镜 (transmission electron microscope); X 射线衍射 (Bruker D8 ADVANCE) 采用 Rigaku Mini Flex II 系统; DXR 型拉曼显微光谱仪 (Thermo Scientific), 激发源是 532 nm 的激光; 紫外-可见吸收光谱是由紫外可见分光光度计 (Varian Cary 50 UV-Vis) 进行测试的, 扫描范围在 300-900 nm 左右; 组装的有机太阳能电池器件的 $J-V$ 曲线是由 Keithley 2420 测试系统得出; 外量子效率 (EQE) 由 Newport 的 IPCE (Incident photon conversion efficiency) 测试系统 (2931-C) 测试得出; 紫外光电子能谱 (Ultraviolet photoelectron spectroscopy) 仪器 (Escalab 250Xi) 使用 HeI 线 ($h\nu=21.23 \text{ eV}$), 用于测试石墨烯材料的功函数。

参考文献

- 1 Bose S, Kuila T, Uddin M E, et al. *Polymer*, 2010, 51(25), 5921.
- 2 Pang B, Dong L, Ma S, et al. *RSC Advances*, 2016, 6(47), 41287.