“原位生长”阵列化薄膜助力高效柔性太阳能电池

李永舫^{1,2}

1. 中国科学院化学研究所, 中国科学院有机固体重点实验室, 北京 100190;

2. 苏州大学材料与化学化工学部, 苏州 215123

E-mail: liyf@iccas.ac.cn

“*In-situ* growth” array films boosting efficient flexible solar cells

Yongfang Li^{1,2}

¹ Key Laboratory of Organic Solids, Institute of Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

² College of Chemistry, Chemical Engineering and Materials Science, Soochow University, Suzhou 215123, China

E-mail: liyf@iccas.ac.cn

doi: 10.1360/TB-2019-0497

有机-无机杂化钙钛矿材料具有高的光吸收系数(10^5 cm^{-1})、大的电子/空穴扩散长度(高达 $1 \mu\text{m}$)、带隙易于调节($1\sim 2.5 \text{ eV}$)、较小的激子结合能(约 40 meV)、可进行低成本的溶液加工等特性,使得钙钛矿太阳能电池在过去十年得以快速发展.目前,钙钛矿太阳能电池的最高效率已经超过25%,且稳定性也得到了很大的提高,有望获得实际应用.由于其与柔性可穿戴电子器件的兼容性,基于柔性基底的钙钛矿太阳能电池正引起社会的广泛关注,器件性能也不断提高.虽然一维(1D)纳米阵列能有效减少太阳光损失、抑制电子复合、促进载流子的分离和传输,从而增强太阳能电池的光电性能,但基于1D纳米阵列的柔性基底还鲜有报道.其主要原因在于商用聚合物基底(例如聚对苯二甲酸乙二醇酯PET)难以承受传统水热法生长1D纳米阵列所需的高温环境(150°C 以上),容易产生变形和基底退化问题.因此,如何在柔性基底上制备1D纳米阵列仍面临很大的技术难题,也成为各种柔性光电器件利用纳米阵列结构来提升光电器件性能的共同挑战.

苏州大学邹贵付团队多年来一直从事化学溶液生长薄膜及光电转化的研究.在新型纳米阵列结构、光电半导体薄膜材料、太阳能电池等领域取得了一系列重要进展.

他们与合作者开发了“掠射角沉积”(glancing angle deposition, GLAD)技术,在近乎室温的条件下,在柔性聚合物基底上原位制备了大面积和高质量的氧化镍(NiO_x)纳米阵列薄膜^[1],有效解决了上述技术挑战,且无需任何后处理就可以进行柔性钙钛矿太阳能电池的后续制备.研究表明, NiO_x 纳米阵列不仅增强了光学透过率,还提高了载流子的有效分离和直线传输效率,最终基于刚性和柔性基底的器件效率分别达到20.05%和17.23%,明显高于相应的平面型器件(效率分别为16.63%和14.64%).同时, NiO_x 纳米阵列还能释放柔性器件弯曲过程带来的应力,有利于提高柔性钙钛矿太阳能电池的弯曲忍耐力,经过500次的弯曲测试后,仍保持了80%的初始效率.相关论文以“Fabrication of nickel oxide nanopillar arrays on flexible electrodes for highly efficient perovskite solar cells”为题发表在*Nano Letters*.

他们通过GLAD技术实现了在柔性聚合物基底上原位制备大面积和高质量的 NiO_x 纳米阵列薄膜,解决了传统水热方法的技术瓶颈,为生长各种1D氧化物纳米阵列带来重要的研究价值.这种低温原位制备氧化物纳米阵列的策略为今后发展高性能的柔性可穿戴光电薄膜器件提供了基础.

参考文献

- 1 Cong S, Zou G, Lou Y, et al. Fabrication of nickel oxide nanopillar arrays on flexible electrodes for highly efficient perovskite solar cells. *Nano Lett*, 2019, 19: 3676–3683

图 1 (网络版彩色)GLAD技术原位制备 NiO_x 薄膜和纳米阵列(a)及扫描电子显微镜(SEM)形貌图(b)~(d). (e) NiO_x 纳米阵列的高分辨透射电子显微镜和选取衍射(EDX)及元素分析图. (f) 基于刚性和柔性基底的钙钛矿太阳能电池(PSCs)的效率曲线及柔性器件结构示意图. (g) 弯曲次数对柔性钙钛矿太阳能电池效率(PCE)的影响

Figure 1 (Color online) Schematic of NiO_x NaPAs by GLAD (a) and SEM images (b)~(d) from top-down, cross-sectional and tilted views, respectively. (e) High-resolution TEM image of a NiO_x nanopillar with an inset of fast Fourier transform pattern of selected area diffraction, and EDX elemental maps. (f) Photoelectric conversion efficiencies of rigid and flexible PSCs. (g) Normalized PCE after mechanic bending cycles of the flexible PSCs