

天然色素 β カロテンを電子ドナー材料として用いた透明有機太陽電池

Natural β -carotene as electron donor materials in see-through organic solar cells

○(M1) 内山 貴行, 佐野 孝, Vohra Varun, 岡田 佳子 (電気通信大学基盤理工)

○Takayuki Uchiyama, Takashi Sano, Varun Vohra, and Yoshiko Okada-Shudo

(The Univ. of Electro-Commun.)

E-mail: u1833026@edu.cc.uec.ac.jp

有機太陽電池 (Organic solar cells, OSCs) の電子ドナー材料には一般的に合成ポリマーが用いられ、14%の変換効率 (Power conversion efficiency, PCE) が報告されている¹⁾。バイオマスから抽出される天然色素をドナーに適用したバイオ有機太陽電池 (Bio-OSCs) は、合成ポリマーを用いた OSCs よりも材料が安価であり、高い持続可能性が期待される。天然色素カロテノイドの一種 β カロテンは、光合成色素で高いモル吸光係数をもつためドナーに適用されている。PCEは0.15%程度と合成ポリマー poly[N-9'-heptadecan-2,7-carbazole-alt-5,5-(4',7'-di-2-thienyl)-2',1',3'-benzothiadiazole](PCDTBT) を用いたデバイスの約 1/40 だが²⁾、材料価格も約 1/40 である。

本研究ではドナーである β カロテンを電子アクセプター材料と混合した Bio-OSCs を作製し、 J - V 特性および耐久性を評価した。アクセプター、活性層溶液溶媒、活性層膜厚の変更によって PCE を向上させた。アクセプターに [6,6]-フェニル- C_{71} -酪酸メチル (PC₇₁BM)、溶媒にクロロベンゼン、カソードに透明電極 ITO を用いた。 β カロテンと PC₇₁BM を混合した活性層溶液 (混合比 1:4) を薄膜化し、活性層上にアノードとして MoO₃ と Ag を積層した通常型 Bio-OSCs を Fig.1(a) に示す。活性層膜厚が約 30 nm の超薄膜のとき作製時最大 PCE0.61%を得た。次に、デバイス透明化のため Ag 膜厚を 15 nm に低減し、その上に MoO₃ を成膜したシースルー型構造を Fig.1(b) に示す。デバイス全体の透過率は約 40% (650 nm) であった。シースルー型の PCE は 0.43%であり、反射光の減少などによって通常型 (0.61%) と比較して-35%低下した (Fig.2)。

両デバイスの安定性評価のため、擬似太陽光を照射し続けて J - V 特性の経時変化を観測した。30 分の照射による通常型、シースルー型の PCE 変化はそれぞれ+2.7%, +3.4%であった。一方で、安定性の高いとされる合成ポリマー PCDTBT を用いた同構造のデバイスの PCE は、30 分の照射後それぞれ-9.3%, -3.6%低下した。また、大気中、暗状態でデバイスを保管し経時変化を観測した。 β カロテンを用いた通常型、シースルー型の PCE 変化は 2 週間の時点で+11%, +3.6%と増加しているのに対し、PCDTBT を用いたデバイスでは-11%, -22%と低下し、 β カロテン:PC₇₁BM デバイスの持つ高い安定性が示された。 β カロテンは高い抗酸化作用をもつため、 β カロテン単一膜では光照射による酸化分解が促進され吸収が急速に減少するが、PC₇₁BM との混合およびアノード電極の被覆によって吸収低下が著しく低減された。 β カロテンの酸化による活性層材料としての欠点をカプセル化なしで簡単に改善でき、合成ポリマー以上の長寿命なデバイスが作製可能である。

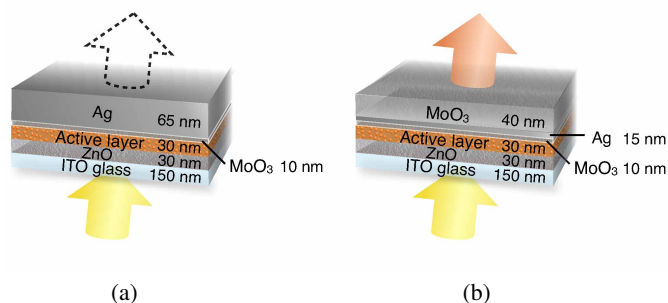


Fig. 1. Schematic diagrams of (a) the inverted architecture and (b) the inverted see-through architecture Bio-OSCs.

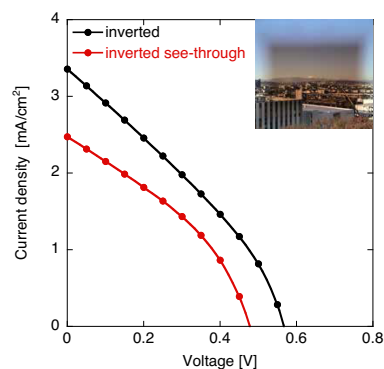


Fig. 2. J - V characteristics for different architecture Bio-OSCs. Inset is photograph of see-through Bio-OSCs.

1) S. Zhang, Y. Qin, J. Zhu, and J. Hou, Adv. Mater., **30**, 1800868 (2018).

2) X. F. Wang, L. Wang, Z. Wang, Y. Wang, N. Tamai, Z. Hong, and J. Kido, J. Phys. Chem. C, **117**, 804 (2013).