

有機太陽電池の光エネルギー損失低減

Reducing the Photon Energy Loss in Organic Solar Cells

広島大学 尾坂 格

有機薄膜太陽電池のエネルギー変換効率向上に向けたボトルネックの一つは光エネルギー損失 (E_{loss}) の低減である。光吸収層 (半導体材料) のバンドギャップ (E_g) と太陽電池の開放電圧 (V_{oc}) との差 ($E_g - eV_{\text{oc}}$) で表わされる E_{loss} は、有機薄膜太陽電池では一般的に 0.7 eV 以上と[1]、シリコン太陽電池や無機太陽電池 (~0.4 eV) [2]に比べ大きい値を示す。そのため有機薄膜太陽電池は、バンドギャップに対して得られる開放電圧が低く、高効率化には不利であった。そこで今回、我々はバンドギャップの広い p 型ポリマー半導体ポリマーとフラーレン誘導体 (PCBM) との二元系にバンドギャップの狭い n 型低分子半導体を少量添加した三元系 OPV を作製したところ、 E_{loss} の低減と高効率化が可能であることを見いだした。

まず、広いバンドギャップをもつポリマーとして、以前に我々が開発した PTzBT ($E_g = 1.86$ eV) を用いた。PTzBT と PCBM の二元系に、狭いバンドギャップをもつ n 型低分子半導体として ITIC ($E_g = 1.56$ eV) を 6 wt% と極少量添加した三元系を用いた太陽電池素子を作製した。その結果、二元系素子および三元系素子では、いずれも V_{oc} は 0.9 V 程度の値を示した。その結果、三元系素子では二元系素子に比べて、 E_{loss} が 1.0 eV から 0.7 eV まで大幅に低下した。さらに、エネルギー変換効率は 7.5% から 10% まで向上した。

次に、n 型低分子半導体として、さらにバンドギャップの狭い IEICO ($E_g = 1.37$ eV) および IEICOF4 ($E_g = 1.30$ eV) を用いた三元系素子を作製した。これらの素子の V_{oc} はいずれも 0.83 V と二元系素子に比べてやや低下したものの、光吸収層のバンドギャップが IEICO と IEICOF4 のそれとなるため、 E_{loss} は IEICO を用いた三元系素子にて 0.54 eV、IEICOF4 を用いた三元系素子では 0.47 eV まで著しく低下した。これらは、無機太陽電池に匹敵する値である。さらに、IEICOF4 素子では、エネルギー変換効率は 8.7% を示した。 E_{loss} が 0.5 eV を下回り、かつエネルギー変換効率が 8% を超えるような有機薄膜太陽電池は、これまでにほとんど報告例がなく、これらの結果は本分野においては大きな進歩といえる。講演では、二元系と三元系での材料集合構造や、エネルギー準位の関係性と太陽電池特性との相関について詳細に議論する。

【参考文献】

- [1] Wang, M. et al. *J. Am. Chem. Soc.* **136**, 12576–12579 (2014).
- [2] (a) King, R. R. et al. *Prog. Photovolt.* **19**, 797–812 (2011). (b) Green, M. A., Ho-Baillie, A. & Snaith, H. J. *Nat. Photon.* **8**, 506–514 (2014).