

インピーダンス分光法で明らかにする 全高分子ブレンド太陽電池の曲線因子制限要因

Limiting Factor of Fill Factor in All-Polymer Blend Solar Cells

Studied by Impedance Spectroscopy

奈良先端大 ○鈴木 隼也、小柳津 直樹、鄭 敏喆、小島 広孝、辨天 宏明、中村 雅一
NAIST ○Junya Suzuki, Naoki Oyaizu, Min-Cherl Jung, Hiroataka Kojima, Hiroaki Benten,
Masakazu Nakamura

E-mail: suzuki.junya.sb9@ms.naist.jp

[緒言] フラーレン誘導体(PCBM)に代わる電子アクセプタ(A)として共役高分子を用いる全高分子ブレンド型の薄膜太陽電池では、電子ドナー(D)とAの両材料に対して、光吸収波長や HOMO-LUMO 準位などの電子特性を自在に制御できるため、高い光電流密度(J_{sc})や開放電圧(V_{oc})が達成されている。その一方で、曲線因子(FF)に関しては60%を超える素子の報告例は限定的であり、厚膜化に伴うFFの減少も著しい[1]。ここでは、インピーダンス分光法を用いて電荷キャリア寿命の評価を行い、全高分子ブレンド太陽電池におけるFFの制限要因を電荷再結合の観点から議論した。

[実験] D材料にP3HT, PTB7-Th, A材料にPCBM, F-N2200を用いた(図1)。ZnO電極上に、重量比D:A = 1:1のブレンド溶液からスピンコート法によりP3HT/PCBM (130 nm), PBT7-Th/F-N2200 (106 nm)ブレンド膜を作製した。続いて、MoO₃/Ag電極を蒸着し素子を完成させ、電流密度-電圧(J - V)特性を評価した。また、光照射強度を変化させながら開放回路条件下でインピーダンス分光測定を行い、各照射光強度での電荷キャリア密度 n と平均電荷キャリア寿命 τ_{avg} を算出した。

[結果・考察] 図2に J - V 特性を示す。P3HT/PCBM, PBT7-Th/F-N2200素子のFFはそれぞれ67%, 57%であった。PBT7-Th/F-N2200ブレンド膜における正孔、電子移動度はいずれも $5 \times 10^{-4} \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 程度の値が報告されており[2]、P3HT/PCBMブレンド膜での値に匹敵することから、移動度の違いがFFを支配しているとは考えにくい。図3には図中の素子等価回路モデルを用いて得られる τ_{avg} を n に対してプロットした結果を示す[3]。PBT7-Th/F-N2200素子では、P3HT/PCBM素子に比べて、 τ_{avg} が二桁以上も短いことがわかる。このように、電荷キャリアの再結合による、電荷回収効率の低下がFF向上を制限していることがわかった。

[1] H. Benten et al., *J. Mater. Chem. A* **4** (2016) 5340.

[2] J. W. Jung et al., *Adv. Mater.* **27** (2015) 3310.

[3] B. J. Leever et al., *Adv. Energy Mater.* **2** (2012) 120.

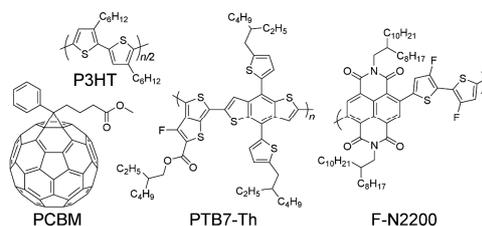


Figure 1. Chemical structures of P3HT, PTB7-Th, PCBM, and F-N2200.

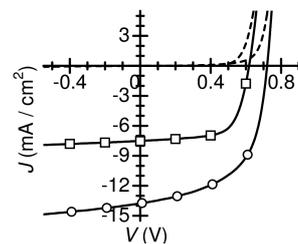


Figure 2. J - V characteristics of P3HT/PCBM (squares) and PTB7-Th/F-N2200 (circles) solar cells under AM 1.5G 100 mW cm^{-2} illumination.

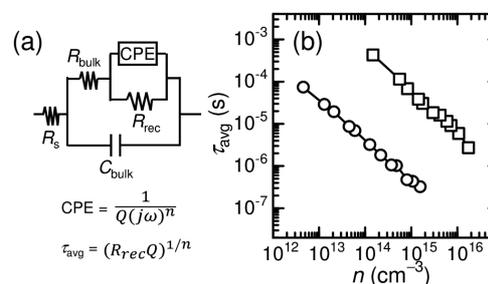


Figure 3. (a) Equivalent circuit for devices. (b) Average charge carrier lifetime τ_{avg} as a function of the photogenerated carrier density n for P3HT/PCBM (squares) and PTB7-Th/F-N2200 (circles) solar cells.