

開放起電力減衰から求めた有機薄膜太陽電池の 二分子再結合定数

Bimolecular recombination constants determined from open-circuit photovoltage decay in prototypical organic photovoltaics

○植野 直¹、森 聖仁¹、小林 隆史^{1,2}、永瀬 隆^{1,2}、内藤 裕義^{1,2}

(1. 大阪府大、2. 大阪府大分子エレクトロニックデバイス研)

○N. Ueno¹, K. Mori¹, T. Kobayashi^{1,2}, T. Nagase^{1,2}, and H. Naito^{1,2}

(1. Osaka Pref. Univ., 2. RIMED)

E-mail: naoki.ueno.oe@pe.osakafu-u.ac.jp

はじめに 再結合過程は有機薄膜太陽電池(OPV)の重要な損失過程であり、OPVの再結合過程は、過渡開放光起電力法[1]、CELIV法[2]などにより調べられてきた。短絡状態近傍では、光生成された電荷はバルクヘテロ接合からの抽出過程によるため[3]、2分子再結合過程を調べるには開放起電力(V_{oc})減衰実験が適している。一方、 V_{oc} 減衰が進行すると、測定系の入力インピーダンス、OPVの並列抵抗、静電容量による時定数等により減衰が支配されることが示されている[4]。そこで、本報告では、初期の V_{oc} 減衰から2分子再結合定数が評価できることを示す。

実験 本研究では、代表的なOPVであるP3HT:PCBM, PTB7:PC₇₁BM, PTB7-th:ITICをバルクヘテロ接合(BHJ)を持つ逆構造OPVを作製した。D:A混合比はそれぞれの最適値とした。素子構造はITO/ZnO/BHJ/MoO₃/Alとし、得られた変換効率は3.2%(P3HT:PCBM), 4.6%(PTB7:PC₇₁BM), 5.4%(PTB7-th:ITIC)であった。 V_{oc} 減衰測定には、ダイオードレーザー励起固体赤色レーザー、信号検出にはデジタルオシロスコープ(Lecroy, HDO4034)を用いた。

結果及び考察 Fig.1にPTB7-th:ITIC逆構造OPVの異なる励起光強度での V_{oc} 減衰波形を示す。また、P3HT:PCBM, PTB7:PC₇₁BM逆構造OPVにおいても同様の結果が得られた。Fig.1の V_{oc} 減衰波形から $\tau = -k_B T / q (dV_{oc} / dt)_{t=0}$ により実効寿命 τ を算出した。ここで、 $k_B T$ は熱エネルギー、 q は電気素量である。算出した τ と励起光強度の依存性をFig.2に示す。二分子再結合が支配的であるとき、 $\tau = 1 / 2\sqrt{\gamma G}$ となる。Fig.2より、 τ は励起光強度の-0.5乗に比例していることから、再結合過程は二分子再結合であることが分かった。得られた二分子再結合 γ の値は、P3HT:PCBM OPVで $6.4 \times 10^{-12} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$ 、PTB7:PC₇₁BM OPVで $1.6 \times 10^{-11} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$ 、PTB7-th:ITIC OPVで $4.3 \times 10^{-11} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$ であった。なお、 G は光電荷生成速度で、光電流-電圧特性から求めた。

謝辞 本研究は、科学研究費補助金(JP18H03902、JP19H02599、JP20H02716、JP20K21007)の助成を受けた。

参考文献 [1] O. J. Sandberg *et al.*, *J. Phys. Chem. C* **123**, 14261 (2019). [2] A. Pivrikas, *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **94**, 176806 (2005). [3] H. Nojima *et al.*, *Sci. Rep.* **9**, 20346 (2019). [4] K. Sudheendra Rao *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **104**, 203303 (2014).

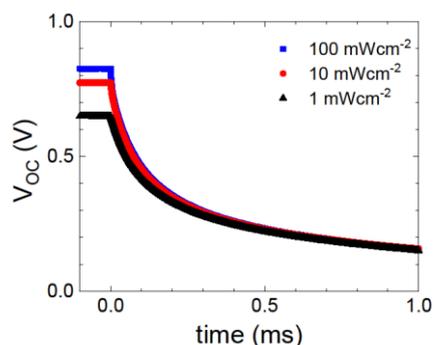


Fig. 1 Open-circuit photovoltage decays of PTB7-th:ITIC inverted OPVs at different excitation intensities from a 640 nm light source.

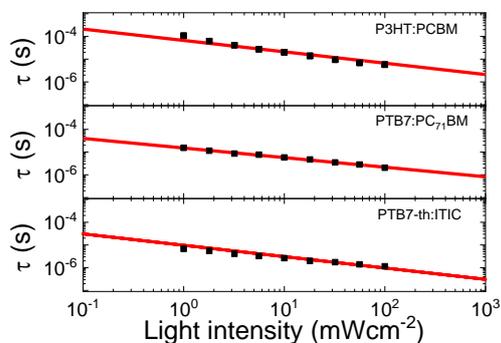


Fig. 2 Double logarithmic plots of effective lifetimes versus excitation intensities of three prototypical inverted OPVs.