Time-Delayed Collection Field 法を用いた有機薄膜太陽電池における キャリアダイナミクス解析

Analysis of carrier dynamics for organic solar cells by using time-delayed collection field method

山形大院有機[1], 阪大院工[2], ○田中 和博[1,2], 川口 貴大[2], 末延 知義[2], 中山 健一[1,2]
Yamagata Univ.[1], Osaka Univ.[2], °K. Tanaka[1,2], T. Kawaguchi[2], T. Suenobu[2], K. Nakayama[1,2]
E-mail: nakayama@mls.eng.osaka-u.ac.jp

はじめに：有機薄膜太陽電池における光生成キャリアの再結合は、geminate 再結合 (GR) と bimolecular 再結合 (BMR) の 2 つに分けられる。GR は励起子が電荷分離前に再結合、BMR は電荷分離後のフリーキャリア同士が再結合するプロセスである。これらのプロセスを切り分ける手法として、Time-Delayed Collection Field (TDCF) 法が提唱されている[1]。この手法は、パルスレーザーによる励起子生成から電荷収集間に遅延時間を設定して電荷収集を行うことにより、光生成キャリアの再結合過程を観測することができる。本研究では、いくつかのバルクヘテロ接合 (BHJ) 型有機太陽電池に TDCF 法を適用し、光キャリアダイナミクスを解析した。

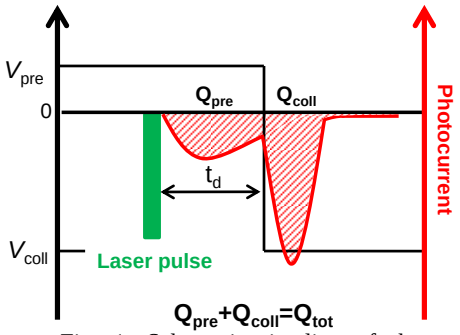

Fig. 1. Schematic timeline of the TDCF method.

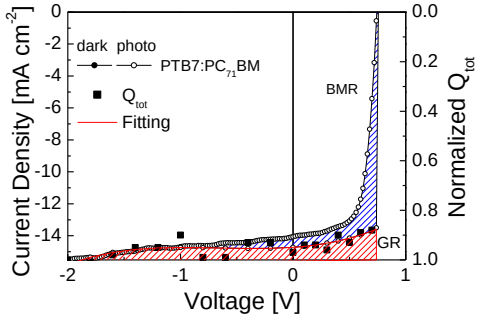

Fig. 2. *J-V* curve and voltage dependent of normalized Q_{tot} for PTB7:PC_{71}BM device.

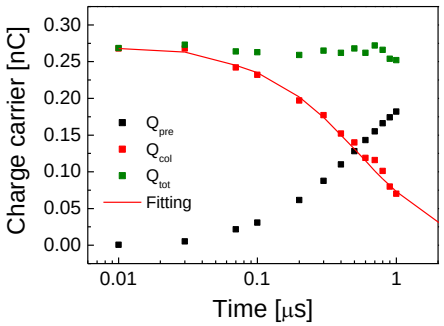

Fig. 3. Q_{pre}, Q_{coll}, Q_{tot} vs delayed time (t_d) for PTB7:PC_{71}BM device.

実験：素子構造は ITO / PEDOT:PSS / 有機層 / Ca / Al とし、有機層は P3HT:PC_{61}BM および PTB7:PC_{71}BM を塗布によって成膜した。電極は真空蒸着法によって作製した。TDCF 法は、電圧 (V_{pre}) 印加下でレーザーを照射し、任意の遅延時間 (t_d) 後に収集電圧 (V_{coll}) を印加することで電荷総量 (Q_{tot}) を測定した (Fig. 1)。

結果と考察：GR は非常に速いタイムスケール (ps ~ ns) なのに対し、BMR は比較的遅い (数 100 ns 以上)ため遅延時間を 10 ns に設定し、BMR を十分に抑えることで主に GR による再結合過程を観測した。Q_{tot} の電界依存性と J-V 曲線の比較から GR と BMR による失活を見積もったところ (Fig. 2)、PTB7:PC_{71}BM では、再結合の比 (GR:BMR)は 47 % : 53 %であることが分かった。また、Q_{tot} の遅延時間依存性 (Fig. 3) から bimolecular 再結合速度定数 γ を算出した。PTB7:PC_{71}BM では $\gamma = 1.0 \times 10^{-17}$ $m^{-3}s^{-1}$ となり、P3HT:PC_{61}BM の場合 ($\gamma = 1.0 \times 10^{-18}$ $m^{-3}s^{-1}$) よりも大きく、BMR の影響が大きいことが示唆された。

参考文献：[1] J. Kniepert et al., *J. Phys. Chem. Lett.* **2**, 700 (2011).