

高分子太陽電池における電荷輸送効率の過渡光電特性解析

Charge Transport Efficiency in Polymer Solar Cells Studied by Transient Optoelectronic Analysis

京大院工¹, JST さきがけ² 児玉 卓也¹, 山本 俊介¹, 大北 英生^{1,2}, 辨天 宏明¹, 伊藤 紳三郎¹Kyoto Univ.¹, JST PRESTO² Takuya Kodama¹, Shunsuke Yamamoto¹, Hideo Ohkita^{1,2}, Hiroaki Bente¹,
Shinzaburo Ito¹

E-mail: kodama@photo.polym.kyoto-u.ac.jp

[緒言] 高分子太陽電池の素過程の一つである電荷輸送過程における電荷キャリアの失活は変換効率を下げる大きな要因となっている。特に、厚膜素子においては電荷輸送過程で失われる電荷が多くなるため変換効率に大きな影響を与える。Poly[2,3-bis-(3-octyloxyphenyl)quinoxaline-5,8-diyl-*alt*-thiophene-2,5-diyl](PTQ1) をドナーに用いた素子は明確な結晶性を示さないにも関わらず厚膜においても比較的高い曲線因子を示す。本研究では、PTQ1/PCBM の素子に対して過渡電圧・電流測定法を用いて電荷輸送効率を求め、厚膜では曲線因子が低下する PCPDTBT/PC₇₀BM 素子との比較を行った。

[実験方法] ITO 基板上に PEDOT:PSS、重量比 1 : 3 の PTQ1/PCBM ブレンド溶液の順にスピんキャストし活性層を得た。その後、真空蒸着により LiF および Al を積層し、素子を作製した。この素子に対して電流密度-電圧(J - V)特性を測定した後、過渡電圧・電流測定による過渡光電特性解析を行った。

[結果と考察] まず、PTQ1/PCBM に対して電流密度-電圧(J - V)特性を測定を行った。その結果、膜厚 200 nm を超える高い膜厚においても比較的高い曲線因子を示すことがわかった。次に、開放状態において過渡電圧測定、短絡状態において過渡電流測定を行った。これは、白色バイアス光の定常照射下において、微弱なレーザーパルス光を照射し、発生した微小な電圧変化の減衰を測定するものである。その時間減衰の様子を図 2 に示す。これらの測定から、ポンプ光によって生じた過渡電圧と電荷量から電荷キャリア寿命の電荷密度依存性を評価し、再結合速度定数を求めた。さらに、Langevin 再結合速度定数と再結合速度定数と比較を行うと、1 sun 照射条件において PCPDTBT/PC₇₀BM においては Langevin 再結合速度定数より再結合速度定数が 1 桁程度低い値を示した。これに対して、PTQ1/PCBM では 2 桁近く低い値を示すことがわかった。最後に、Hecht の式より電荷輸送効率を求めた(図 3)。その結果、PTQ1/PCBM の方が PCPDTBT/PC₇₀BM より高い電荷輸送効率を示し、再結合速度定数が Langevin 再結合速度定数よりも抑制された素子では、厚い膜厚においても電荷キャリアが効率よく回収され高い曲線因子を示すことがわかった。

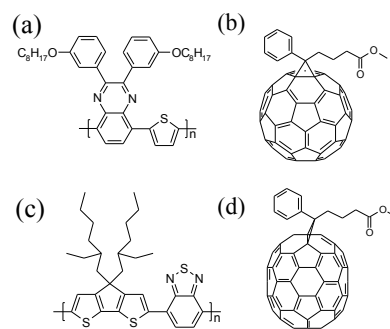


Figure 1. Chemical structures: a) PTQ1, b) PCBM, c) PCPDTBT, and d) PC₇₀BM

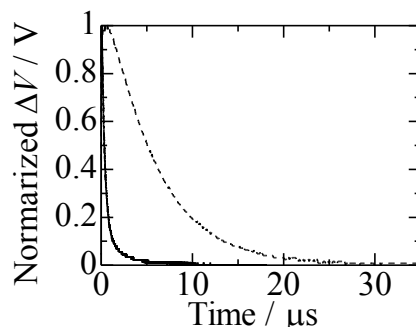


Figure 2. Decay of transient photovoltage in PTQ1/PCBM under a) open circuit (broken line), b) short circuit (solid line) conditions.

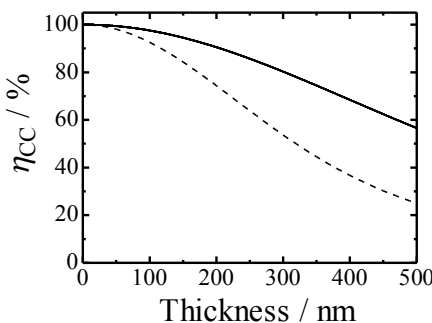


Figure 3. Charge transport efficiency in PTQ1/PCBM (solid line) and PCPDTBT/PC₇₀BM (broken line).