結晶性高分子太陽電池の二分子再結合と曲線因子

Bimolecular Recombination and Fill Factor in Crystalline Polymer Solar Cells

京大院工 [1], 広大院工 [2]　○(M2)福原 友裕 [1], 玉井 康成 [1], 尾坂 格 [2], 大北 英生 [1]

Kyoto Univ. [1], Hiroshima Univ.[2],
○Tomohiro Fukuhara[1], Yasunari Tamai[1], Itaru Osaka[2], Hideo Ohkita[1]
E-mail: t.fukuhara@photo.polym.kyoto-u.ac.jp

【緒言】

高分子太陽電池においては、電荷の二分子再結合が主要な損失過程の一つであり、素子の光電変換効率を制限していると考えられる。光電流量の増加のためには活性層の厚膜化によって光吸収量を増大させる必要があるが、厚膜においては電荷の輸送距離が長くなる。そのため、二分子再結合損失が増加し、電荷の回収効率を表す曲線因子（FF）は一般に低下する傾向にある。一方で、厚膜化しても高いFFを保つ例もいくつか報告されている。本研究では、厚膜における FF が異なる PNTz4TF*x* 系および PSBTBT 系を対象とし、過渡光起電力・過渡光電流測定を行うことで電荷密度および電荷寿命の評価を行い、これらを用いて電流–電圧特性の解析を行った。

【実験】

電子ドナーとしてPNTz4T、PNTz4TF2およびPSBTBT（図1）、電子アクセプターとしてフラーレン誘導体 PCBM を用いて、ブレンド薄膜をスピンコート法により作製し、太陽電池素子を作製した。この素子に白色光の照射条件下で励起パルスレーザ光を照射することで、過渡光起電力および過渡光電流を観測した。

【結果と考察】

白色光照射下で素子に流れる電流は生成電流 $J_{\mathrm{GEN}}(V)$と再結合電流 $J_{\mathrm{BR}}(n,V)$の和で記述できる。

$$J(V) = J_{\mathrm{GEN}}(V) + J_{\mathrm{BR}}(n,V) \qquad (1)$$

ここで、$J_{\mathrm{GEN}}(V)$は短絡電流密度 J_{SC}で一定とした。$J_{\mathrm{BR}}(n,V)$は電荷密度 n と電荷寿命 τ_n を用いて次のように表せる。

$$J_{\mathrm{BR}}(n,V) = -\frac{qLn}{\tau_n} \qquad (2)$$

ここで、q は電気素量、L は発電層の膜厚である。τ_n は実験によって求めた値を用い、n の電圧依存性については指数関数形で近似した。電流–電圧特性の解析を行った結果を図2に示す。高いFFを示すPNTz4TおよびPNTz4TF2については上述の式により実験値を再現することができた。一方で、FF の低い PSBTBT については印加電圧に比例する損失成分を考慮することで再現が可能となった。この成分は電荷生成過程あるいは電荷回収過程における損失に起因すると考えられる。以上のことから、高い FF を示す系では二分子再結合によって電流–電圧特性が支配され、さらなる効率向上のためには二分子再結合の抑制が必要であることが示唆された。

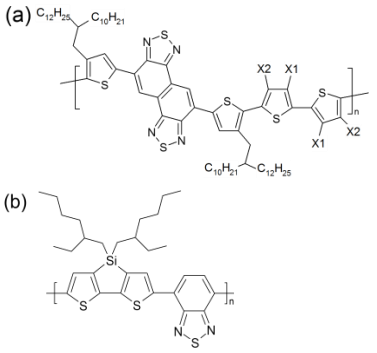

Figure 1. Chemical structures of a) PNTz4T (X1 = X2 = H) and PNTz4TF2 (X1 = F, X2 = H) and b) PSBTBT.

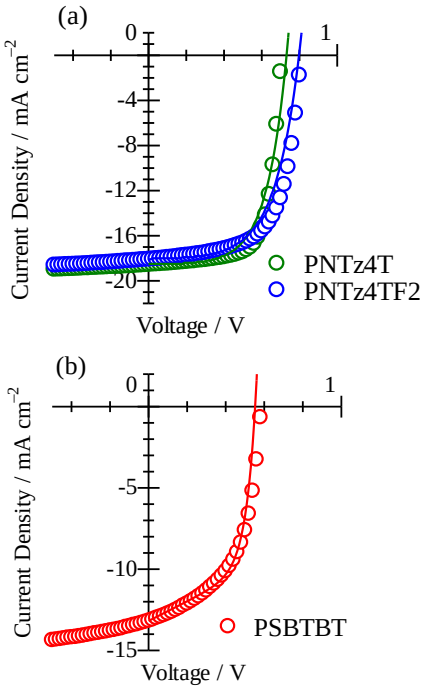

Figure 2. *J–V* characteristics measured (circles) and calculated (lines): a) PNTz4T/PCBM (green) and PNTz4TF2/PCBM (blue) and b) PSBTBT/PCBM (red).

【参考文献】

[1] K. Kawashima *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.*, **138**, 10265–10275 (2016).