

フッ素を導入したナフトビスチアジアゾール系ポリマーを用いた 太陽電池における曲線因子の膜厚依存性

Thickness Dependence of Fill Factors in Solar Cells Based on Fluorinated Naphthobisthiadiazole Polymers



京大院工¹, 広大院工², JST さきがけ³ ○(DC)福原 友裕¹, 斎藤 慎彦²,
玉井 康成^{1,3}, キム ヒョンド¹, 尾坂 格², 大北 英生¹

Kyoto Univ.¹, Hiroshima Univ.², JST PRESTO³ ○(DC) Tomohiro Fukuhara¹, Masahiko Saito²,
Yasunari Tamai^{1,3}, Hyung Do Kim¹, Itaru Osaka², Hideo Ohkita¹

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

【緒言】

高分子太陽電池において、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 を保つ例も報告されている。本研究では、ナフトビスチアジアゾール (NTz) とチオフェンの共重合体である PNTz4T (図 1) を用いた太陽電池の FF

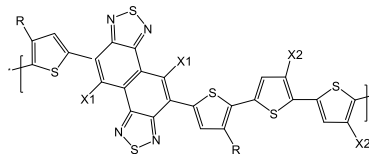


Figure 1. Chemical structures of PNTz4T (X1 = X2 = H), PNF4T (X1 = F, X2 = H), PNTz4TF2 (X1 = H, X2 = F), and PNF4TF2 (X1 = X2 = F).

について検討した。これらの系では、主鎖上へのフッ素の導入位置によって FF の膜厚依存性が変化する。フッ素を導入していない PNTz4T および NTz 上にフッ素を導入した PNF4T を用いた太陽電池は、厚膜でも高い FF を示す。一方で、チオフェン上にフッ素を導入した PNTz4TF2 および PNF4TF2 を用いた太陽電池では厚膜で FF が低下する。この FF の差の起源について検討するため、過渡光起電力・過渡光電流 (TPV・TPC) 測定を行って二分子再結合損失を評価した。

【実験】

電子ドナーとして PNTz4T, PNF4T, PNTz4TF2, および PNF4TF2、電子アクセプターとしてフラーレン誘導体 PC₇₁BM を用いて、薄膜および厚膜の太陽電池素子を作製した。これらの素子に白色光の照射条件下で励起パルスレーザー光を照射することで、TPV・TPC 測定を行った。

【結果と考察】

再結合抑制因子 ζ は、拡散律速を仮定した Langevin 速度定数 k_L に対する再結合速度定数 k_{rec} の比で定義される。ここで、 k_{rec} は TPV・TPC 測定により電荷寿命 τ_n と電荷密度 n から評価した。 k_L は空間電荷制限電流法により求めた移動度を用いて算出した。図 2a に示すように、薄膜素子の ζ はいずれも 10^{-2} オーダーであり、二分子再結合が抑制されていることが分かった。その中でも、PNTz4T および PNF4T の ζ は PNTz4TF2 および PNF4TF2 と比較して小さく、FF の傾向と一致した。図 2b に示すように、厚膜素子の ζ は PNTz4T, PNF4T, および PNTz4TF2 においては 10^{-2} オーダーを保っているが、PNF4TF2 については 10^{-1} オーダーとなり、Langevin 再結合に近づいていることが分かった。このような電荷寿命の膜厚依存性は、活性層のモルフォロジーが膜厚によって変化していることを示唆している。以上により、厚膜で高い FF を実現するためには、二分子再結合を抑制するだけでなく、電荷輸送に適したモルフォロジーを保つことが必要であることが結論付けられた。

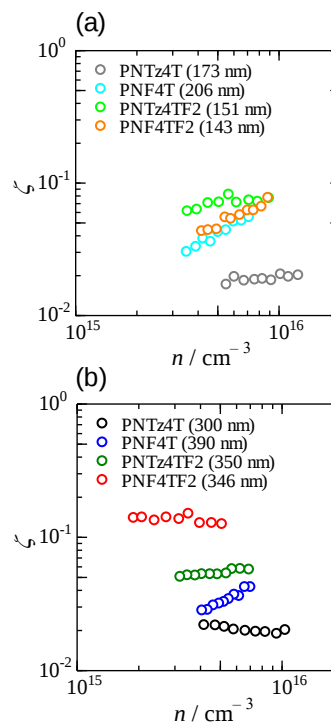


Figure 2. Bimolecular recombination reduction factor (ζ) plotted against charge density (n) for thin (a) and thick (b) solar cells.