

高分子/高分子ブレンド太陽電池における開放電圧と界面エネルギー差

The open-circuit voltage and interfacial energy gap in polymer/polymer blend solar cells.

京大院工¹, JST さきがけ², 京大化研³ ○小川薫¹, 山本俊介¹, 大北英生^{1,2},辨天宏明¹, 伊藤紳三郎¹, 吉田弘幸³Kyoto Univ.^{1,3}, JST PRESTO²,°Kaoru Ogawa¹, Shunsuke Yamamoto¹, Hideo Ohkita^{1,2},Hiroaki Bente¹, Shinzaburo Ito¹, Hiroyuki Yoshida³

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

【緒言】 高分子/フラーレンブレンド太陽電池の開放電圧(V_{OC})と電子ドナー(D)材料の HOMO 準位(IP_D)と電子アクセプター(A)材料の LUMO 準位(EA_A)のエネルギー差 $\Delta E_{DA}(=IP_D - EA_A)$ には、線形関係($qV_{OC} = \Delta E_{DA} - \Delta$, q : 電気素量)が成立することが実験的に示されており、 Δ は界面での輻射的および無輻射的な再結合に起因する電位ロスに帰属されている。一方、高分子/高分子ブレンド太陽電池の開放電圧 V_{OC} は 1 V 以上の高い値を示すものが多く報告されており、高分子/フラーレンブレンド太陽電池とはやや異なる特徴を示している。高分子/フラーレン系と高分子/高分子系での界面再結合特性は必ずしも同じではなく、 Δ の値が両者で一致するかについては不明である。本研究では、共役高分子とフラーレンの電子準位を異なる二種類の手法により評価し、高分子/高分子系の V_{OC} と ΔE_{DA} の関係を検討した。

【実験方法】 IP_D は光電子収量分光 (PYS)、 EA_A は矩形波ボルタンメトリー (SWV) ならびに低エネルギー逆光電子分光 (LEIPES) により求めた。洗浄した ITO 基板の上に PEDOT:PSS をスピコートした後、D:A を重量比 1:1 で混合したクロロホルム溶液をスピコートし光活性層を作製した。その後、窒素雰囲気下で加熱処理を行い、Ca/Al (20 nm/70 nm) 電極を真空蒸着により積層し、素子を完成させた。使用した材料のうち一部を図 1 に示す。

【結果と考察】 高分子/高分子ブレンド太陽電池の qV_{OC} を SWV 法 (白丸) ならびに LEIPES 法 (黒三角) により評価した ΔE_{DA} に対してプロットしたところ、図 2 に示すように、両者はほぼ同じ結果を示すことがわかった。すなわち、いずれの測定法に対しても $qV_{OC} = \Delta E_{DA} - \Delta$ の線形関係を示し、 Δ はおよそ 0.5 eV であることが明らかになった。したがって高分子/高分子系の V_{OC} における電位ロスは、 $\Delta = 0.5$ eV であると結論した。また高分子/高分子ブレンド太陽電池の V_{OC} は、高分子/フラーレン系と比較すると、0.5–1.3 V と比較的高い値を示すことがわかった。これは様々な HOMO、LUMO 準位を有する共役高分子の中から大きな ΔE_{DA} を持つ D/A 対を選択できるという高分子/高分子系の特長を示している。

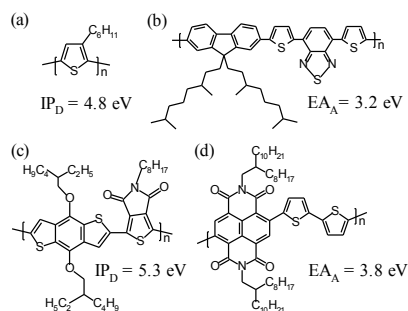


Fig. 1. Chemical structures, IP_D , and EA_A of materials. (a) Regioregular P3HT, (b) bisDMO-PFDTBT, (c) PBDTTPD, and (d) P(NDI2OD-T2).

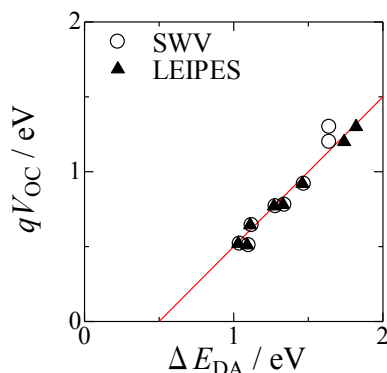


Fig. 2. The relationship between V_{OC} and ΔE_{DA} ; EA_A was evaluated by SWV (○) and LEIPES (▲).