光誘導吸収法及び変調光起電力法による 有機薄膜太陽電池の二分子再結合定数評価

Determination of bimolecular recombination coefficients in organic photovoltaics by means of photoinduced absorption and modulated photovoltage spectroscopy.

○森 聖仁1、小林 隆史1,2、永瀬 隆1,2、内藤 裕義1,2

(1. 大阪府大、2. 大阪府大分子エレクトロニックデバイス研)

^oK. Mori¹, T. Kobayashi^{1,2}, T. Nagase^{1,2}, and H. Naito^{1,2}

(1. Osaka Pref. Univ., 2. RIMED) E-mail: kiyohito.mori.oe@pe.osakafu-u.ac.jp

はじめに 有機薄膜太陽電池(OPV)の電荷輸送過程において二分子再結合過程を明らかにすること は重要である。その二分子再結合過程を特徴づける物理量として二分子再結合定数γが知られてい るが、その評価には過渡吸収分光法や開放光起電力減衰法などが用いられる[1]。一方、変調分光法 の一種である光誘導吸収(PIA)法[2]、変調光起電力(MPV)法[3]を用いてもγを評価することが可能 である。変調分光法であれば比較的 S/N 良く測定できるため、実デバイスを用いて、広い励起光強 度範囲で測定することができる。本報告では、この二つの測定法を用いて P3HT(poly(3hexylthiophese2,5-diyl)):PCBM([6,6]-phenyl-C61butyric acid methyl ester)バルクヘテロ接合を有する逆 構造 OPV の二分子再結合定数を評価し比較を行った。

実験素子構造をITO/ZnO/P3HT:PC61BM(200 nm)/MoO3/Alとするバルクヘテロ接合OPVを作製し、 測定試料とした。P3HT と PC61BM の混合比を変えたデバイスも用意した。PIA 法では励起状態を 生成するためのポンプ光として 488nm の青色レーザーを用い、プローブ光として 680nm のレーザ ーを用いることで P3HT の正孔ポーラロンの誘導吸収帯を測定した。MPV 法では正弦波変調した 488nmの青色レーザーを用い、出力電圧を測定した。どちらの測定も開放条件で測定を行い、信号 検出にはロックインアンプを用いた。

結果及び考察 P3HT:PCBM=6:4 の逆構造 OPV に PIA 法を適用し得られた結果を Fig.1 に、MPV 法 の結果を Fig.2 に示す。どちらも変調光より位相が 90 度遅れた成分を示しており、ピーク周波数か らキャリアの実効的な寿命 τ を決めることができる。理想的な二分子再結合過程の場合、 τ^{-1} = $\sqrt{gl\gamma}$ という関係が成り立つ。 ここでgはキャリア生成速度、lは励起光強度である。 実際に測定され たτの逆数を励起光強度に対して表示すると Fig.3 に示すように傾き 0.5 の直線となる。PIA 法と MPV 法のどちらからもほぼ同じ τ が得られており、光起電力法からgを決定すると、 $\gamma = 7.4 \times$ $10^{-12} cm^3 s^{-1}$ という値が得られた。これは文献[1]に報告されている値とほぼ同等である。さらに PIA 法の結果を見ると、10³Hz 付近に励起光強度にあまり依存しない信号成分が見られる。これは トラップによるものであることが分かっており[4]、1.8mW/cm² ではその成分が支配的になってい る。一方、MPV 法でも 1.8mW/cm² 以下では傾き 0.5 から外れている。以上のように、これらの変 調分光法であれば、自由キャリアとトラップされたキャリアかを区別した上でγを決定できるとい う特徴がある。



dependence of PIA spectrum

dependence of MPV spectrum

Fig.3 Excitation light intensity dependence of effective lifetime

謝辞 本研究は、科学研究費補助金(JP17H01265, JP18H03902)の助成を受けた。

参考文献 [1] Mattieas P, Eng, et al, Phys. Chem, Lett, 1, 3096(2010) [2] T. Kobayashi et al, Appl. Phys. Exp., 4, 126602 (2011) [3] 野島他: 第 78 回秋応物 5p-PA3-43(2017) [4] Y.Terada et al, Thin Solid Films, 554, 209(2014)