

## インピーダンス分光法による有機薄膜太陽電池の 2分子再結合定数の評価

### Determination of bimolecular recombination coefficients in terms of impedance spectroscopy in bulk heterojunction solar cells

○布引 達也<sup>1</sup>, 高田 誠<sup>1</sup>, 永瀬 隆<sup>1,2</sup>, 小林 隆史<sup>1,2</sup>, 内藤 裕義<sup>1,2</sup>

(1.大阪府大院工、2.大阪府立大分子エレクトロニックデバイス研)

○T. Nunobiki<sup>1</sup>, M. Takada<sup>1</sup>, T. Nagase<sup>1,2</sup>, T. Kobayashi<sup>1,2</sup>, and H. Naito<sup>1,2</sup>

(1.Osaka Pref. Univ., 2.RIMED)

E-mail: tatsuya.nunobiki.oe@pe.osakafu-u.ac.jp

はじめに：有機薄膜太陽電池(OPV)において2分子再結合定数に関する知見は電荷輸送過程を解明する上で重要である。そこで我々は、2分子再結合定数の新たな評価手法としてインピーダンス分光(IS)法が有用であることを報告した[1]。また、開放光起電力減衰測定およびIS測定から求めた室温での2分子再結合定数が一致することを示した[2]。本研究では、IS測定からOPVの2分子再結合定数の温度依存性を評価し、OPVの再結合過程について議論する。

**実験：**poly(3-hexylthiophene-2,5-diyl) (P3HT) および[6,6]-phenyl-C<sub>61</sub>-butyric acid methyl ester (PC<sub>61</sub>BM)によるバルクヘテロ接合を有するITO/ZnO/P3HT:PC<sub>61</sub>BM/MoO<sub>3</sub>/Al 逆構造 OPV を作製した。IS 測定および電流密度-電圧(J-V)測定には Solartron Modulab を使い、暗状態下で測定を行った。

**結果：**異なる温度における複素インピーダンスの虚数成分Im[Z]の周波数特性をFig. 1に示す。Im[Z]のピーク周波数 $f_{max}$ から

$$\gamma = \frac{2\pi}{3n} f_{max} \quad (1)$$

により2分子再結合定数 $\gamma$ を見積もることができる。ここで、 $n$ は電荷密度でありOPVの電流-電圧特性から決定した。算出した再結合定数の温度依存性をFig. 2に示す。得られた2分子再結合定数はLangevin再結合定数( $\gamma_L$ )より $10^{-2} \sim 10^{-3}$ 小さい値となった。バンド端のpotentialの揺らぎにより $\gamma$ が $\gamma_L$ よりも小さくなることが示されている[3]。potentialの揺らぎと $\gamma_L$ の関係は次式で表される。

$$\gamma_{eff} = \frac{2\pi\Delta}{kT} \exp\left(-\frac{2\Delta}{kT}\right) \gamma_L \quad (2)$$

ここで、 $\Delta$ はpotentialの揺らぎの大きさであ

る。式(2)を用いてpotentialの揺らぎを考慮したときの $\gamma$ の温度依存性を破線でFig. 2に示す。 $\Delta = 0.06$  eVで測定結果を説明できることが分かる。従って、P3HT:PC<sub>61</sub>BMバルクヘテロ接合ではpotentialの揺らぎの存在により2分子再結合定数がLangevin再結合定数より小さくなると考えられる。

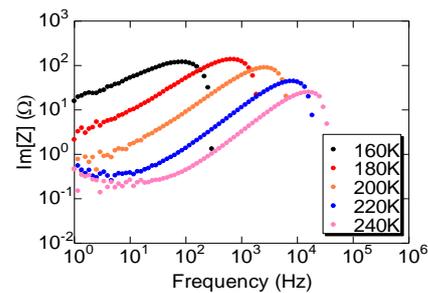


Figure 1 Im[Z]- $f$  characteristics at different temperatures.

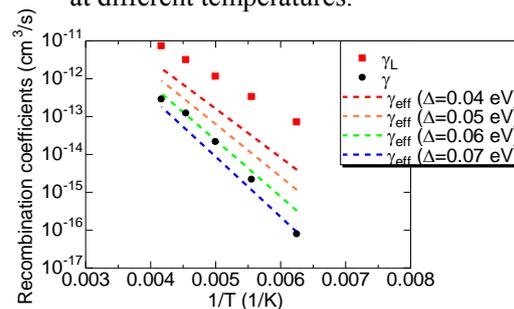


Figure 2 Temperature dependence of recombination coefficients (broken lines represent  $\gamma_{eff}$  determined by Eq. 2).

**参考文献：**[1] 高田 他:第64回春応物14p-302-5 (2017). [2] 布引 他: 第64回春応物16p-P6-8 (2017). [3] V. I. Arkhipov *et al.*, Solid State Commun., **9**, 541 (1997).

**謝辞：**本研究は、科学研究費補助金(17H01265)の助成を受けた