変調光電流法を用いた PTB7:PC71BM 逆構造有機薄膜太陽電池 の電子物性評価

A study of electronic properties of PTB7:PC₇₁BM inverted organic photovoltaics by means of modulated photocurrent spectroscopy

[○]久茂田 耀¹、野島 大希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)

OY. Kumoda¹, H. Nojima¹, T. Kobayashi^{1,2}, T. Nagase^{1,2}, and H. Naito^{1,2} (1. Osaka Pref. Univ., 2. RIMED)

E-mail: yo.kumoda.oe@pe.osakafu-u.ac.jp

<u>はじめに</u> 比較的高い電力変換効率を示す PTB7 は有機薄膜太陽電池 (OPV) の典型的高分子で、PTB7:PC71BM の電子物性に関する研究も多く行われている。しかしながら、室温における PTB7:PC71BM の電荷移動度は、空間電荷制限電流 (SCLC) 法で、電子移動度 $1.6\times10^3\,\mathrm{cm}^2/\mathrm{Vs}$ 、正孔移動度 $5.7\times10^{-5}\,\mathrm{cm}^2/\mathrm{Vs}$ [1]、time of flight (TOF) 法で、電子移動度 $1.0\times10^3\,\mathrm{cm}^2/\mathrm{Vs}$ 、正孔移動度 $1.0\times10^3\,\mathrm{cm}^2/\mathrm{Vs}$ 、正孔移動度 $1.0\times10^3\,\mathrm{cm}^2/\mathrm{Vs}$ [2]、インピーダンス分光法で、電子移動度 $7.0\times10^6\,\mathrm{cm}^2/\mathrm{Vs}$ 、正孔移動度 $3.5\times10^{-5}\,\mathrm{cm}^2/\mathrm{Vs}$ [3]と報告されており、測定法に依存する結果となっている。我々は、OPV の光電過程に着目し、変調光で励起した OPV の電流を検出することによる電荷移動度測定 (MPC) 法を提案し、P3HT:PCBM OPV の電子、正孔移動度の同時評価が可能であることを示してきた [4]。

本研究では、MPC 法により実際に動作している PTB7:PC $_{71}$ BM OPV において、電荷移動度を評価することを目的とする。あわせて、光誘導吸収 (PIA)分光法[5]、インピーダンス分光法 (IS) [6]による電荷種の同定、および、電荷移動度測定も行う。これらの分光法の特長は、SCLC 法、TOF 法と異なり、実際に動作している PTB7:PC $_{71}$ BM OPV において、電荷移動度評価が可能なところにある。

実験 逆構造 OPV として作製した素子の構造は ITO/ZnO/PTB7:PC71BM(200 nm)/MoO3/Al である。測定に 使用した OPV の太陽電池特性は J_{SC} =15.3 mA/cm 2 、 V_{OC} =0.73 V、 FF=0.48、 PCE=5.4% である。MPC 法には 正弦波変調した赤色 LED を用い、信号の検出にはロック インアンプ (Zurich Instruments, MFLI 5M-H) を用いた。 **結果及び考察** 組成が PTB7:PC₇₁BM=4:6(重量比)である OPV の変調光電流の虚数成分 Im[J]の周波数特性を Fig. 1 に示す。室温において 1 Hz から 1 MHz まで周波数走引を 行ったところ、Im[J]スペクトルには1つのピークが観測 された。ピーク周波数 f_{max} と走行時間 τ には f_{max} =1/2 τ の 関係がある。 auの印加電圧依存性を $ext{Fig. 2}$ に示す。 auは、 $1/\tau = 2 \mu V/L^2$ であるため、 τ の逆数が印加電圧の増大と ともに大きくなることは、でが電荷ドリフトに伴う走行時 間であることを意味している。Fig. 2 の傾きから求めた μ は1.9×10⁻⁴ cm²/Vs であった。なお、Fig. 2 における内蔵電 位は光起電力法 [7]により評価した。当日はμの温度依存 性の測定、PIA 法、IS 法により評価した移動度との比較検 討を行う。

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

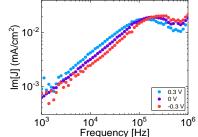


Fig. 1 Im[J] spectra at different applied bias voltages of PTB7:PC₇₁BM OPV.

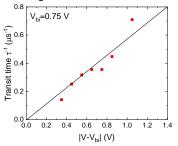


Fig. 2 A plot of transit time vs effective applied voltage in PTB7:PC₇₁BM OPV.

参考文献 [1] H. Wang *et al.* Organic Electronics **28** 11 (2016). [2] B. Ebenhoch *et al.* Organic Electronics **22** 62 (2015). [3] 大面 他:第59回春応物 29a-G18-6 (2013). [4] 野島 他:第64回春応物 18a-G202-11 (2018). [5] T. Kobayashi et al., Appl. Phys. Express **4**, 126602 (2011). [6] K. Takagi, S. Abe, T. Nagase, T. Kobayashi, and H. Naito, J. Mater. Sci. Mater. Electron. **26**, 4463 (2015). [7] G. G. Malliaras *et al.*, J. Appl. Phys. **84**, 1583 (1998).