変調光電流分光法による PTB7-th:ITIC 逆構造有機薄膜太陽電池 の移動度および局在準位分布評価 Carrier drift mobility and localized state distribution in PTB7-th:ITIC inverted organic photovoltaics studied with modulated photocurrent spectroscopy [○]植野 直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) [○]N. Ueno¹, T. Kobayashi^{1,2}, T. Nagase^{1,2}, and H. Naito^{1,2} (1. Osaka Pref. Univ., 2. RIMED) E-mail: naoki.ueno.oe@pe.osakafu-u.ac.jp

はじめに 我々はこれまで変調光電流(MPC)法により、動作する有機薄膜太陽電池(OPV)の電子・ 正孔の移動度評価が可能であることを報告してきた[1]。MPC 法は、アモルファス半導体の局在 準位密度分布を調べる手法として発展してきた歴史があり、移動度のみならず、MPC 法の測定 結果から比較的広範囲の局在準位密度分布を明らかにすることができる[2,3]。本研究では、本手 法を有機薄膜太陽電池に適用し、移動度とともに局在準位密度分布の評価を試みたのでその結 果について報告する。

実験 本研究では有機薄膜太陽電池として非フラーレン系材料である ITIC と PTB7-th を用いて 逆構造 OPV を作製した。作製条件は文献[4]に従い、PTB7-th:ITIC の混合比は最適値 (1wt%:1.3wt%)とした。素子構造は ITO/ZnO/PTB7-th:ITIC(100 nm)/MoO₃/Al とし、得られた 変換効率は 6.0 %であった。MPC 法には正弦波変調した青色レーザー、信号検出にはロックイ ンアンプを用いた。

<u>結果及び考察</u> Fig.1 に MPC の虚数成分のスペクトルを示す。2 つのピークが観測されたが、1 MHz 付近のピークは逆バイアス電圧を印加すると高周波側にシフトするから、電荷移動に起因 する。このピーク周波数から走行時間 t_r を算出し、そのバイアス電圧依存性を Fig. 2 に示した。 同図の傾きから移動度を求めると、 1.9×10^4 cm²V⁻¹s⁻¹ であった。一方で、1 kHz 付近のピークは バイアス電圧依存性を示さないため、局在準位に起因すると推測できる。局在準位密度分布 $N_t(E)$ は変調光の振幅 $I(\omega)$ および位相シフト $\phi(\omega)$ から次式により算出した。

$$cN_t(E_{\omega}) = \frac{2}{\pi kT} \{ \frac{f_1 e\mu E}{I(\omega)} \sin \phi(\omega) - \omega \}$$

上式の変数については文献[3]と同様である。この時、 E_{ω} は $E_{\mu} - E_{\omega} = kTln(\nu/\omega)$ より求めた[3]。 算出された $N_t(E)$ を移動度端 E_{μ} から表示したものを Fig.3 に示す。移動度端が価電子帯端、伝導 帯端のいずれに対応するか不明ではあるが、1 kHz 付近のピークは移動度端から 0.54 eV の位置 に存在することがわかった。

<u>謝辞</u>本研究は、科学研究費補助金(JP17H01265, JP18H03902, JP20H02716)の助成を受けた。 参考文献 [1] H. Nojima *et al.*, Sci. Rep. **9**, 20346 (2019). [2] H. Oheda, J. Appl. Phys. **52**, 6693 (1981). [3] R. Brüggemann *et al.*, Philos. Mag. B **62**, 29 (1990). [4] Y. Wang *et al.*, J. Phys. Chem. Lett. **8**, 5270 (2017). [5] 植野他, 第67回春応物 13p-PA3-18 (2020).

3.0



Fig. 1 -Im[J] spectra of PTB7th:ITIC OPV under different reverse biasing conditions.



Fig. 2 Plot of reciprocal transit time versus effective applied voltage in PTB7-th:ITIC OPV.



Fig.3 Density of localized state distribution calculated from the Im[J] spectrum in Fig. 1 ($\nu = 10^{12}$ Hz).