

高感度紫外光電子分光および光電子収量分光による PTB7:PC₇₀BM 混合膜の電子構造観察

Direct Observation of Electronic Structure of PTB7:PC₇₀BM Blend Film by High Sensitivity Ultraviolet Photoemission and Photoelectron Yield Spectroscopy

○佐藤 友哉¹, 中山 泰生¹, 中村 浩昭³, 石井 久夫^{1,2}

千葉大融合¹, 千葉大先進², 出光興産³

○Tomoya Sato¹, Yasuo Nakayama², Hiroaki Nakamura³, Hisao Ishii^{1,2}

AIS ChibaUniv.¹, CFS Chiba Univ.², Idemitsu Kosan³

E-mail: t-sato@chiba-u.jp

【はじめに】有機太陽電池 (OSC) は、低コスト、軽量でフレキシブルなどの特徴を持つことから次世代太陽電池として広く注目されている。近年、バルクヘテロ接合型太陽電池はエネルギー変換効率の向上が著しいが、動作機構の詳細に関しては未解明な部分も多く、電子構造に基づいた解析が望まれている。特にバルクヘテロ接合型は平面ヘテロ接合型に比べ Donor-Acceptor 界面の構造が複雑であるため電子構造の理解が進んでいない。本研究では、7.4%と高い変換効率が報告されている PTB7 と PC₇₀BM を用いた素子[1]を取り上げ、バンドギャップ内の微弱準位も計測できる高感度紫外光電子分光 (UPS) [2]および光電子収量分光 (PYS) [3]を用いて、PTB7 単層膜および PTB7:PC₇₀BM 混合膜の電子構造の実測を試みた。

【実験】試料作製用のインクは 1,8-diiodooctane (5 wt%) を添加したクロロベンゼン溶媒に PTB7 および PTB7:PC₇₀BM 混合粉末をそれぞれ溶かし調製した。各試料は大気中でスピコート法により ITO 基板上に製膜し、高感度 UPS および PYS 測定を行った。

【結果・考察】Fig. 1 に PTB7 単層膜と PTB7:PC₇₀BM 混合膜の UPS スペクトルを示す。UPS 測定結果より、PTB7 膜および混合膜のイオン化エネルギー (I) はそれぞれ 4.9₅ eV、4.9₂ eV と求まった。さらに高感度 PYS 測定より、 I よりも低いエネルギー領域からの光電子放出が観測された (Fig. 1)。これは PTB7 および混合膜に存在するギャップ内準位からの光電子放出であると考えられ、少なくとも HOMO 上端から上方におよそ 0.7 eV の範囲にわたり存在していることを示している。このようなギャップ準位が存在すると、PTB7 の擬フェルミ準位のシフトや開放端電圧の減少などが引き起こされると考えられる。また、両試料の通常スケールの UPS スペクトルを比較した結果、スペクトルの一致が確認された。このことは、混合膜表面には PTB7 が豊富に存在している可能性が高いことを示唆していると考えられる。

さらに、本研究では混合膜に疑似太陽光を照射しながら高感度 UPS 測定を行った。その結果、照射光強度が低い時はスペクトルが高 E_k 側へシフトし、強度が高くなるにつれて徐々にシフト量が減少し、光照射後では光照射前の位置まで戻る挙動が観測された。このような高 E_k 側へのシフトは光照射により膜内に生じた光起電力によるものと考えられる。講演では、PTB7 単層膜の疑似太陽光照射下 UPS 測定の結果と合わせて、詳細な実験結果について報告する。

本研究の成果は、独立行政法人新エネルギー・産業技術開発機構 (NEDO) の委託業務の結果得られたものです。

[1] Y. Liang *et al.*, *Adv. Mater.*, 22 (2010) E135

[2] S. Machida *et al.*, *Appl. Phys. Express*, 6 (2013) 025801

[3] Y. Nakayama *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, 92 (2008) 153306

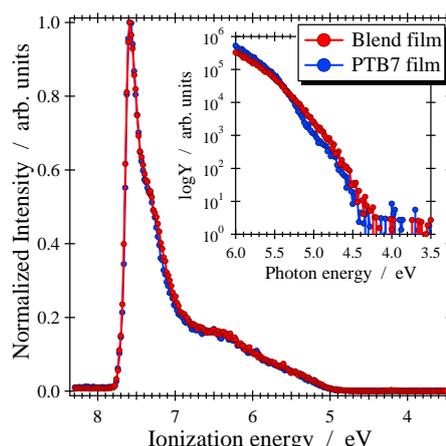


Fig. 1 UPS spectra of PTB7 film and PTB7:PC₇₀BM blend film. Inset: Semi-log plot of PYS spectra of each film.

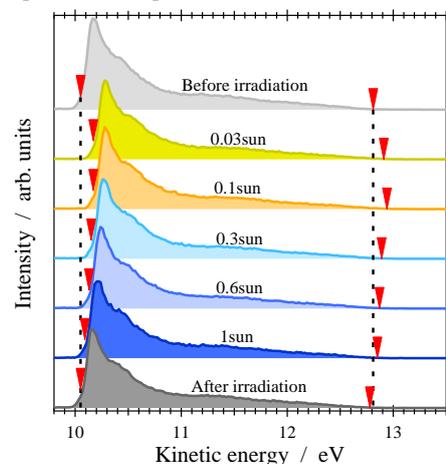


Fig. 2 UPS spectra of Blend film under simulated solar irradiation. The red arrows indicate onset and cut-off of each spectrum.