

半透明有機薄膜太陽電池の光電変換特性の膜厚依存性

Thickness Dependence of Photovoltaic Properties of Semi-transparent Organic Photovoltaic Cells

近畿大院総合理工 [○](M2)義富 卓也, 田中 仙君
 Kindai Univ., [○]Takuya Yoshitomi, Senku Tanaka
 E-mail: 1733340425w@kindai.ac.jp

1. 緒言

有機薄膜太陽電池 (OPV) は、軽量、フレキシブル、半透明性などの特長を生かした多様な用途が期待されている。我々は OPV の半透明性に注目し、下部透明陰極として ITO、上部透明陽極としてカーボンナノチューブシート (CNT-sheet)^[1] を用いた半透明 OPV の作製とその性能評価について研究を行ってきた^[2, 3]。半透明 OPV は上下どちらの電極からの光照射でも発電することが可能である。そこで光電変換特性の光照射方向依存性を調べたところ、光照射方向によるキャリアの取り出し効率に差が見られることがわかった^[3]。本研究では、このキャリア取り出し効率の差についてより詳細に検討するため、有機層の膜厚の異なる半透明 OPV 素子について実験を行い、ITO 側光照射時と CNT-sheet 側光照射時の光電変換特性の違いと膜厚との関係から、有機層内のキャリア輸送特性について知見を得たので報告する。

2. 実験方法

ITO 付きガラス基板上に、ZnO 薄膜をゾルゲル法により成膜した。この上に有機層として、poly(3-hexylthiophene-2,5-diyl) (P3HT) と [6,6]-Phenyl C₆₁ butyric acid methyl ester (PCBM) のバルクヘテロ接合層をスピコート法またはキャスト法により成膜した。スピコートの回転速度やキャスト法による溶液の滴下量を変え、有機層の膜厚を調整した。その後、CNT-sheet を有機層上に貼り付け、Ag nanowire および poly (3,4-ethylene dioxythiophene)-poly (styrenesulfonate) (PEDOT:PSS) による修飾を施し、半透明 OPV を完成させた。この半透明 OPV の光吸収、電流電圧特性および外部量子効率 (EQE) を測定した。

3. 実験結果および考察

以前の報告^[3]と同様に、作製した半透明 OPV は、ITO 側からの光照射時に CNT-sheet 側からの光照射時よりも高い光電変換効率を示した。Fig. 1 に ITO 側光照射時の短絡電流密度 (J_{sc}^{ITO}) に対する CNT-sheet 側光照射時の短絡電流密度 (J_{sc}^{CNT}) の比 ($J_{sc}^{CNT} / J_{sc}^{ITO}$) と有機層の膜厚との相関を示す。 $J_{sc}^{CNT} / J_{sc}^{ITO}$ は、有機層の膜厚 150nm 前後の薄膜領域では 70% 程度であるが、厚膜領域では 20% 程度に低下した。ITO 電極および CNT-sheet 電極の可視光領域の透過率は、それぞれ約 86% および 74% 程度である。したがって、単純な透過光量の差以上に CNT-sheet 側光照射時の J_{sc} が低下していること、また、有機層の膜厚が厚くなるほどその差が大きくなることがわかる。また、ITO 側光照射時と CNT-sheet 側光照射時の EQE スペクトルを比較したところ、CNT-sheet 側からの光照射時に P3HT の光吸収ピーク付近での効率が低下する傾向が見られた。これらの結果は、P3HT の光吸収により生成された電子と正孔において、電極への取り出し効率に差があることを示している。一般に P3HT:PCBM バルクヘテロ膜では電子移動度の方が正孔移動度よりも高いことが知られているが、本結果は ITO によって収集される電子の取り出し効率が低いことを示しており、移動度以外の要因が電子の収集効率を低下させていることが示唆された。

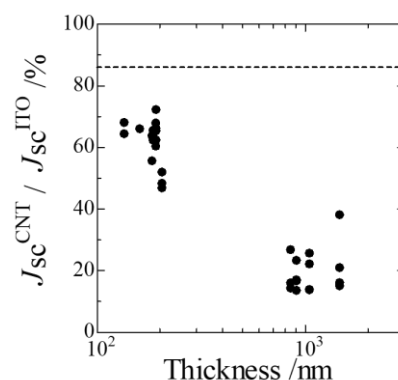


Fig. 1. Thickness dependence of the $J_{sc}^{CNT} / J_{sc}^{ITO}$. The dotted line indicates the expected value from the transmittance difference between the ITO and the CNT-sheet electrodes.

【参考文献】

[1] M. Zhang *et al.*, Science, **309**, 1215-1219 (2005). [2] 浦川直也 他, 第 76 回応用物理学会秋季学術講演会 13p-PB9-5. [3] 塚昌樹 他, 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会 13p-P9-7.

【謝辞】

本研究の一部は、JSPS 科研費 (26390048, 18K04929)、および私立大学戦略的研究基盤形成支援事業 (S1411036) の助成を受けたものです。CNT-sheet はリネテック株式会社から提供いただきました。