

PEDOT:PSS 薄膜の構造とハイブリッド太陽電池の光電変換特性

Structure of PEDOT:PSS film and photoelectric conversion property of hybrid solar cell

○池田なつみ¹, 加治屋大介^{2,3}, 小金澤智之⁴, 齋藤健一^{1,2,3}

(1.広大院理, 2.広大自然セ, 3.広大理, 4.高輝度光科学研究セ)

○Natsumi Ikeda¹, Daisuke Kajiya^{1,2}, Tomoyuki Koganezawa⁴, Ken-ichi Saitow^{1,2,3}

(1.Graduate School of Science, 2.N-BARD, 3.Faculty of Science, Hiroshima Univ., 4.JASRI.)

E-mail: natsumiked@hiroshima-u.ac.jp

【緒言】 導電性高分子の Poly(3,4-ethylenedioxythiophene)-poly(styrenesulfonate) (PEDOT:PSS)の溶液をシリコン(Si)ウエハ上に塗布し、電極をつけると 10%に近い光電変換効率 (PCE) を示す PEDOT:PSS/Si ハイブリッド太陽電池が作製できる[1,2]。この太陽電池の特徴は、1) 溶液プロセスで簡便に作製、2) 電荷輸送が高い単結晶 Si と PEDOT:PSS を使用、3) PEDOT:PSS/Si 界面へ高効率な太陽光到達である。PEDOT:PSS 薄膜の構造が光電変換に重要であり、先行研究で PEDOT:PSS に dimethylsulfoxide (DMSO) を添加すると PEDOT の結晶性が増加し PCE が増加することがわかっている[3]。本研究では、PEDOT:PSS への添加効果や PEDOT:PSS 成膜後の真空プロセスについて、微小角入射 X 線回折(GIXD)、振動ラマンスペクトル、原子間力顕微鏡像(AFM)を測定し、PEDOT:PSS 薄膜と PCE の関係を調べた。その結果、PEDOT:PSS 溶液へ DMSO を添加すると、薄膜の面外方向に π - π スタッキングが形成し、 π - π 面間隔が減少、キノイド構造の PEDOT が増加し、PCE が 9 倍増加することがわかった。また、銀ナノワイヤを用いて真空フリーでカソードを形成すると、均一な PEDOT:PSS 薄膜が得られ、PCE が 1.3 倍増加した。

【実験】 PEDOT:PSS 水溶液を Si ウエハに滴下し、スピコート法で PEDOT:PSS 薄膜を成膜した。180℃ の熱処理後、銀ナノワイヤ(AgNW)を塗布し PEDOT:PSS/Si ハイブリッド太陽電池を作製した (図 1(a))。

PEDOT:PSS 水溶液に、DMSO を濃度 0, 5, or 10 wt%で添加した。

【結果と考察】 図 1(b)に PEDOT:PSS/Si ハイブリッド太陽電池の J - V 曲線を示す。DMSO を 5 wt%添加すると、短絡電流密度 J_{sc} が 3.5 倍増加し、PCE が 9 倍増加した。GIXD の測定結果より、添加後に面外方向の π - π スタッキングが増加し、結晶性増加と面間距離 $0.1\text{\AA}$ 減少が観測された。振動ラマン測定の結果、キノイド構造の PEDOT が増加し、この増加は PEDOT 分子骨格の平面性増加を意味している。AFM の結果より、PEDOT:PSS の粒子サイズが減少した。以上より、DMSO を添加すると PEDOT の結晶性増加とともに、面外方向の π - π スタッキング形成とキノイド構造の増加がおき、PCE が 9 倍増加することが明らかとなった。更に、カソード形成法を真空蒸着からスピコートに変えると、PEDOT:PSS 薄膜の表面粗さが 7 倍減少し、PCE が 1.3 倍増加した。

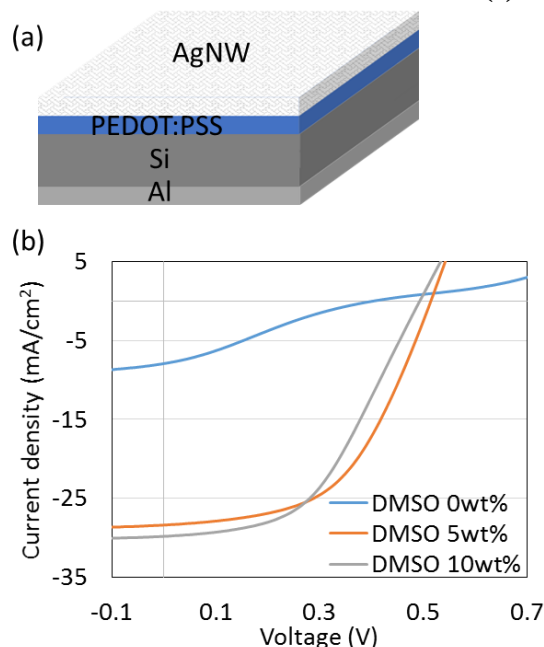


Fig 1. (a) Schematic of PEDOT:PSS/Si hybrid solar cell. (b) J - V curves of PEDOT:PSS/Si hybrid solar cells.

References: [1] X. Shen *et al.* *J. Am. Chem. Soc.* **133**, 19408 (2011). [2] J. He *et al.* *ACS Nano* **9**, 6522 (2015). [3] T. Takano *et al.* *Macromolecules* **45**, 3859 (2012); J. P. Thomas *et al.* *J. Mater. Chem. A* **2**, 2383 (2014).