

半透明太陽電池の光電変換特性における光照射方向依存性の原因

Origins of Light Direction-dependent Photovoltaic Properties of

Semi-transparent Solar Cells

近畿大理工¹, 近畿大理工総研² °田中 仙君^{1, 2}, 塚 昌樹¹, 義富 卓也¹

Fac. Sci. & Eng. Kindai Univ.¹, Res. Inst. Sci. & Tech. Kindai Univ.²,

°Senku Tanaka^{1, 2}, Masaki Tsuka¹, Takuya Yoshitomi¹

E-mail: senku@ele.kindai.ac.jp

半透明太陽電池は、上下両面からの光照射による発電が可能である。我々は ITO 電極とカーボンナノチューブ (CNT) 電極を用いた半透明太陽電池の光電変換特性について研究を行っているが、光照射方向と光電変換特性との間でいくつかの面白い結果を得た。例えば、ITO 側からの光照射時と CNT 側からの光照射時では発電効率が異なること[1]や、ITO 側と CNT 側の両面から光照射した場合には、それぞれの光照射時の発電効率の単純和にはならないこと[2]などである。これらの原因について明らかにするために、発電層として Poly(3-hexylthiophene) (P3HT) と Phenyl C₆₁ butyric acid methyl ester (PCBM) のバルクヘテロ構造をもつ半透明太陽電池を作製し、光照射方向による光電変換特性との違いと照射光強度および有機層の膜厚との関係から考察する。

Fig. 1 に P3HT:PCBM 半透明太陽電池の典型的な電流電圧特性を示す。素子構造は、ITO/ZnO/P3HT:PCBM/CNT であり、ITO を負極、CNT を正極としている。薄膜素子 (P3HT:PCBM 膜厚 57 nm) と厚膜素子 (343 nm) のいずれにおいても、CNT 側光照射時に短絡電流密度 (J_{sc}) が大きく低下していることがわかる。この光電変換特性の光照射方向依存性の原因として、①各電極の光透過率の違い ②有機層内の構造の偏り ③キャリアの取り出し効率の違い、を検討した。①に関しては、光電変換に寄与する波長領域での平均光透過率は、ITO 電極が 86%程度、CNT 電極が 74%程度であった。したがって、両電極の透過率の相対比は 86%程度となる。しかし、CNT 側光照射方向時の J_{sc} は、ITO 側照射時に比べて電極の透過率の相対比以上に減少している。つまり、電極の透過率の違いは光照射方向依存性の原因の一つではあるが、これだけではすべてを説明することはできない。②については、P3HT:PCBM のバルクヘテロ太陽電池では、P3HT と PCBM の表面エネルギーの違いのために、大気側に P3HT が偏析しやすいことが知られている。この P3HT の偏析によるフィルター効果の影響について検討したところ、約 50 nm の偏析層が生じているとすれば、 J_{sc} の相対比が 60%程度になると見積もられた。

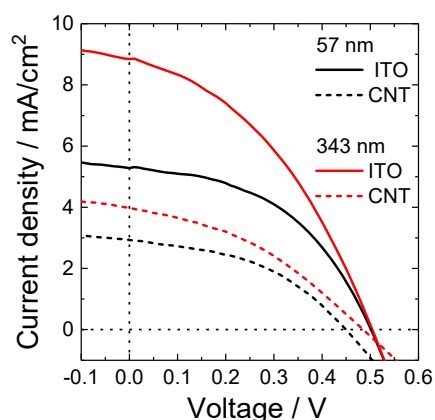


Fig. 1. Photo J - V curves of semi-transparent solar cells. Solid (dashed) curves were obtained with the ITO (CNT)-side illumination.

しかし、偏析層の厚さは 10 nm 程度と報告されており、偏析効果のみで光照射方向依存性を説明するのは難しいと考えられる。③については、照射方向によって光生成キャリアの空間分布が異なること、すなわち、電子と正孔のどちらが有機層内を長く移動することになるかが異なる点を考慮し、光照射方向と各キャリアの電極到達数との関係を見積もった。その結果、正孔の有効取り出し距離が電子の有効取り出し距離の 3 倍程度と見積もると実験結果をよく説明することができた。

講演では、上記の詳細とともに、照射方向依存性測定が半透明太陽電池の特性評価法として有効であることを示す。

[1] 義富、田中、第 79 回応物秋季学術講演会, 20p-PB4-7 (2018).

[2] 塚、田中、第 77 回応物秋季学術講演会, 13a-P9-7 (2016).