

## ZnO ナノ粒子を用いた有機・無機ハイブリッド型太陽電池における ポリ(3-ヘキシルチオフェン)の分子配向

Molecular Orientation of P3HT in Organic-Inorganic Hybrid Solar Cells using ZnO nanocrystals

奈良先端大物質<sup>1</sup>, 産総研ユビキタス<sup>2</sup> °大迫 将也<sup>1</sup>, 石墨 淳<sup>1</sup>, 谷垣 宣孝<sup>2</sup>, 柳 久雄<sup>1</sup>

NAIST<sup>1</sup>, AIST<sup>2</sup>, °Masaya Ohsako<sup>1</sup>, Atsushi Ishizumi<sup>1</sup>, Nobutaka Tanigaki<sup>2</sup>, Hisao Yanagi<sup>1</sup>

E-mail: osako.masaya.og0@ms.naist.jp

### 【緒言】

バルクヘテロ (BH) 接合太陽電池に、高い電荷輸送性や耐久性を持つ無機材料を組み合わせた有機・無機ハイブリッド太陽電池が注目されている<sup>[1]</sup>。特に、II-VI族化合物半導体ナノ粒子は、溶液中での合成が可能のため、有機材料と同様に印刷・塗布などの溶液プロセスでの薄膜化が可能のため、有機材料のフレキシビリティや大面積化といった長所を損なうことなくデバイス化できる。本研究では、溶液反応により析出させた酸化亜鉛(ZnO)ナノ粒子を電子輸送層とし、ポリ(3-ヘキシルチオフェン)(P3HT)を有機活性層とする有機・無機ハイブリッド太陽電池を作製し、P3HTの配向特性に注目して評価を行った。

### 【実験】

ZnO ナノ粒子と P3HT 膜をそれぞれ積層した PN 接合型、および TOPO 修飾した ZnO ナノ粒子と P3HT を混合して薄膜化した BH 接合型の太陽電池を作製し、光照射下での電流-電圧特性を測定した。また、光電変換効率と P3HT の配向特性、結晶性との関係を探るため、 $\theta/2\theta$ 法による X 線回折、エネルギー分散型全反射 X 線回折(ED-TRXD)<sup>[2]</sup>、および吸収スペクトル測定を行った。

### 【結果・考察】

PN 接合型および BH 接合型太陽電池の光電変換効率を調べたところ、PN 接合型と比較して BH 接合型の方が高い変換効率を示した。

次に、P3HT の配向特性を調べるため、PN 接合型、BH 接合型の試料について X 線回折測定を行った。Fig.1 に示したように、PN 接合型では P3HT の(100)回折ピークが確認できたため、主鎖は基板に平行で側鎖は基板に垂直な方向に配向(*a*-軸配向)していることが分かった。しかし、BH 接合型では、P3HT の(100)回折ピークは確認できなかった。さらに、ED-TRXD で(100)回折ピークの角度( $\xi$ )依存性を評価した。PN 接合型では、 $\xi$ が  $90^\circ$  (基板に対して垂直方向の繰り返しを持つ構造)では信号強度が増加し、 $0^\circ$  (面内の周期構造)では回折が検出できなかった。一方、BH 接合型においては、 $\xi$ が  $90^\circ$ 、 $0^\circ$  でも回折が検出できなかった。これらの結果より、PN 接合型では、P3HT が *a*-軸配向しているのに対して、BH 接合型では結晶サイズが非常に小さいあるいは、結晶化していないことが明らかになった。

P3HT 結晶では、 $\pi$ - $\pi$ スタック方向に高い電子移動を持つため、*a*-軸配向は太陽電池特性において不利になる。このため、PN 接合型では、光励起によって生成した励起子が分離後、効率良く電極まで伝達されないため、光電変換効率が低いと考えられる。これに対して、BH 接合型では、ZnO ナノ粒子と P3HT との界面面積が拡大すると共に、P3HT の  $\pi$ - $\pi$ スタック方向にも ZnO ナノ粒子が接合することが可能となり、高い光電変換効率が得られるものと考えられる。

### 【参考文献】

[1] M. He, et. al., *J. Phys. Chem. Lett.*, **4**, 1788 (2013).

[2] N. Tanigaki, et. al., *J. Polym. Sci.: Part B: Polym. Phys. Ed.*, **39**, 432 (2001).

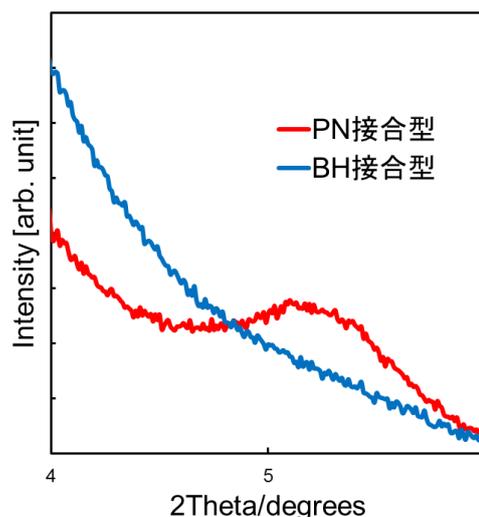


Fig. 1 X Ray diffraction patterns of P3HT/ZnO films deposited on glass.