

有機太陽電池の局所構造と性能

Local structure and performance of organic solar cell.

筑波大数理物質¹, タカノ(株)², 独立行政法人物質・材料研究機構³○落合貴大^{1,2)}, 安田剛³⁾, 竹内紀晶¹⁾, 吉田昭二¹⁾, 武内修¹⁾, 重川秀実¹⁾Institute of Applied Physics, University of Tsukuba¹, Takano Co., Ltd.², NIMS³°T. Ochiai^{1,2)}, T. Yasuda³⁾, N. Takeuchi¹⁾, S. Yoshida¹⁾, O. Takeuchi¹⁾, H. Shigekawa¹⁾

E-mail: bk200611465@s.bk.tsukuba.ac.jp

有機薄膜太陽電池は pn 接合界面の活性領域を大きくとることを目的として、しばしば p 型領域と n 型領域とが三次元的に複雑に入り交じるバルクヘテロジャンクション (BHJ) と呼ばれる構造を持つよう作成される。BHJ はナノスケールに及ぶ複雑な微細構造であり、材料や試料の作成条件に依存したナノオーダーの不均一性を伴う。この不均一性により、太陽電池の各部位は異なる発電効率を持つことになるが、デバイスとして動作する際にはすべての部位が対向する 2 つの電極間で並列接続された形になり、外部から観測される特性からはナノオーダーにおけるばらつきを測定できない。実際、外部に取り出される電流は必ずしも各部位の電流が足しあわされるのみではなく、条件によっては高性能の部位で生成された光電流の多くが低性能の部位でリーク電流として失われ、結果として取り出せる電流が非常に限られた値となる場合もある。

我々はそのような BHJ 構造内におけるナノスケールでの性能のばらつきを評価するために、金属電極を取り去った有機太陽電池試料に光変調走査トンネル分光法 (LM-STS) を適用した。LM-STS では断続的な光を照射しながら STS 測定を行う。生成される光キャリアのうち、ホールは通常通り ITO 基板により集められ、電子が STM 探針により集められることになる。得られる暗状態・明状態の電流電圧 (I-V) 特性からは、探針直下における pn 接合のダイオード特性、明状態における太陽電池の短絡電流 (I_{sc})・開放電圧 (V_{oc})・内部抵抗などのパラメーターを導出可能であり、それぞれのナノスケールにおける空間分布を可視化できる。本研究では PEDOT:PSS/ITO 上にトルエン溶液のスピンコートによって作製した MDMO-PPV:PCBM 混合膜と、クロロホルム溶液のスピンコートによって作製した P3HT:PCBM 混合膜を計測し比較する。下図 1 は MDMO-PPV:PCBM 混合膜の (a)STM 形状像 (b)短絡電流 (I_{sc})像 (c)開放電圧像であるがナノスケールの太陽電池特性の空間分布の可視化できていることがわかる。発表では P3HT:PCBM 混合膜のデータを提示するとともに、それぞれの試料による特性の空間分布の違いを、有機薄膜の構成と関連づけて検討する。

(a) 形状像

(b) I_{sc} 像(c) V_{oc} 像