

電流計測 AFM で明らかにする共役高分子ブレンド薄膜の Donor/Acceptor 混合領域における電荷輸送特性

Charge Transport in Donor/Acceptor Intermixed Region of Conjugated Polymer Blend Films

奈良先端大¹、京大院工² °辨天 宏明¹、尾坂 美樹²、大北 英生²

NAIST¹, Kyoto Univ.², °Hiroaki Bnten¹, Miki Osaka², Hideo Ohkita²

E-mail: bnten@ms.naist.jp

[緒言] 電子ドナー(D)性、電子アクセプター(A)性共役高分子のブレンド薄膜を発電層に用いる全高分子ブレンド太陽電池の性能には、D/A 相分離界面の構造とそこでの電子特性が深く関る。そのため、太陽電池の高効率化、高機能化を進めるにはこれら界面情報の詳細をナノスケールで知ることが重要になる。本研究では、電流計測原子間力顕微鏡(C-AFM)を用いて、共役高分子ブレンド薄膜の D/A 相分離ドメインの境界領域における電荷輸送特性を可視化し、太陽電池性能とのつながりを議論した。

[実験] D 材料に poly(3-hexylthiophene) (P3HT)を、A 材料にフルオレン共重合体(PF12TBT)を用いた (図 1)。

P3HT/PF12TBT ブレンド薄膜 (膜厚約 65 nm) は、D:A = 1:1 の chlorobenzene 溶液を ITO/PEDOT:PSS 電極上にスピンコートすることで作製した。続いて、Ca/Al 電極を真空蒸着し太陽電池を完成した。また、素子特性を最適化する目的で、80°C で 10 分間の熱アニールを行った。C-AFM 測定は、Au コートカンチレバーを用いて暗条件下にて行い、P3HT の HOMO を流れる正孔電流を検出した。

[結果・考察] 素子の光電流-電圧特性を図 2a に、ブレンド薄膜の正孔電流分布像を図 2b,c に示す。電流が検出される領域が D-rich ドメイン、検出されない領域が A-richドメインに帰属できる。熱アニールによって、ブレンド膜を流れる正孔電流量は 2 倍に増加しており、膜全体の導電特性が向上していることがわかる。その一方で、素子の曲線因子(FF)は 0.35 から 0.40 へ僅かに増加するのみであった。図 2d には D と A-richドメインの境界領域における電流分布を示してあり、熱アニールの後も導電特性が向上していないことがわかる。このように、電荷キャリアの生成を担っている、D/A 界面の電荷輸送特性が依然低いままであることが、FF 増加につながらなかった原因であると考えられる。

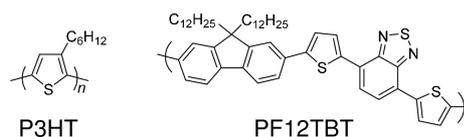


Figure 1. Chemical structures of P3HT (D) and PF12TBT (A) polymers.

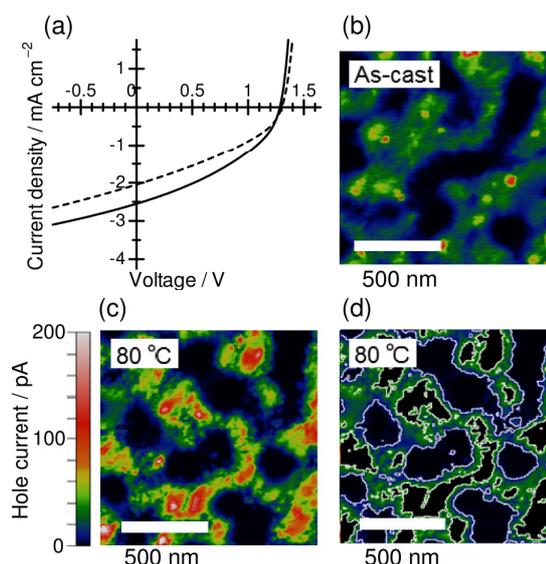


Figure 2. *J-V* characteristics of solar cells before (broken line) and after annealing (solid line). C-AFM hole-current distribution images of the blend films (b) before and (c) after annealing. (d) Hole-current distribution image of the D/A boundary region in the annealed blend film.