

電気泳動法により製膜した極薄酸化チタンナノシートを電子選択層とした逆構造バルクヘテロ接合型有機薄膜太陽電池の作製

Fabrication of inverted bulk-heterojunction organic solar cells with ultra thin titanium oxide nanosheet as electron selective layer by electrophoretic method.

信州大学工学部¹ ○酒井 翔太¹, 後藤 慶紀¹, 大澤 彰浩¹, 坂 優助¹, 伊東 栄次¹
 Shinshu University¹ Shota Sakai, Yoshinori Gotoh, Akihiro Osawa, Yusuke Saka, Eiji Itoh
 Email : eitoh@shinshu-u.ac.jp

[はじめに] 近年、キャリア注入、取り出しプロセスを逆にした逆構造型有機太陽電池の研究が注目されている。この逆構造型では上部電極に仕事関数の大きい金属を選択可能なため大気安定性に優れるといった特徴をもつ。一方で、Au や Ag を上部電極に用いる場合コスト面での問題がある。また、透明電極の仕事関数が大きいため n 型半導体との接触を改善しなければならない。そこで本研究では、低温塗布プロセスで製膜可能な二次元結晶構造を有する酸化チタンナノシート(TN)を電子選択層として用いた。酸化チタンナノシートの製膜にはこれまで交互吸着法を用いてきたが^[1]、本研究では製膜時間やポリマーフリー化を考慮し、酸化チタンナノシートを電気泳動法^[2]を用いて薄く製膜する手法を検討した。また本研究では活性層として P3HT:PCBM 系に加えて高効率化を目指して PTB7:PCBM 系バルクヘテロ接合型素子を作製し、上部電極には銀電極の他に安価な銅電極を用いて素子性能の評価や比較を行った。

[実験方法] ITO をパターン化したガラス基板上に電子選択層として酸化チタンナノシート(TN)を電気泳動法により製膜した。また酸化チタンナノシート水分散液の濃度は 2mmol/l とし、製膜時の印加電圧は 1.5V、ギャップは 100~200 μ m とした。酸化チタンナノシート製膜後は 120 $^{\circ}$ C で 10min 間アルゴン雰囲気中で加熱した。次に活性層として P3HT:PC₆₁BM または PTB7:PC₆₁BM の混合溶液(クロロベンゼン溶媒)をスピコートにより製膜した。その後 P3HT:PC₆₁BM 系では結晶化促進のため 150 $^{\circ}$ C で 5min 間アルゴン雰囲気中で熱処理を行った。次に MoO_x(20nm)と電極として Ag(40nm)、あるいは Cu(100nm)を真空蒸着法により製膜した。光電変換特性の測定はグローブボックス中で擬似太陽光(光強度 100mW/cm²)を照射して行った。

[実験結果] 作製したデバイスの電流電圧特性を Fig.1 に示す。ITO 上に酸化チタンナノシートを電気泳動法により製膜した結果、電子選択層(ESL)無しの素子と比較して直列抵抗が減少し、整流性に優れ、デバイス効率が向上した。これは酸化チタンナノシートが ITO を被覆したことで効果的に漏れ電流を抑性したためであると考えられる。P3HT:PC₆₁BM 系混合層において上部電極に Cu 電極を用いた素子は Ag 電極を用いた同素子と比較して光電流など効率面ではやや劣るが、デバイスの直列抵抗を比較すると界面の接触が良好であることが確認された。また混合活性層に PTB7:PC₆₁BM 系を適用した素子は、P3HT:PC₆₁BM 系と比較して、光電流、開放電圧が大幅に改善され効率向上に寄与した。膜厚制御に関しては酸化チタンナノシートの濃度や、製膜時の印加電圧、ギャップ、掃引速度などに依存するため製膜条件の最適化が更なる効率向上に寄与すると考えられる。製膜条件の検討の詳細については当日報告する。

[参考文献]

- [1] E. Itoh, Y. Maruyama, K. Fukuda, Japanese Journal of Applied Physics 53, 01AB07 (2014)
 [2] L. Xue, K. Kajiyoshi, Y. Yan, Thin Solid Films 518 (2009) 10-15

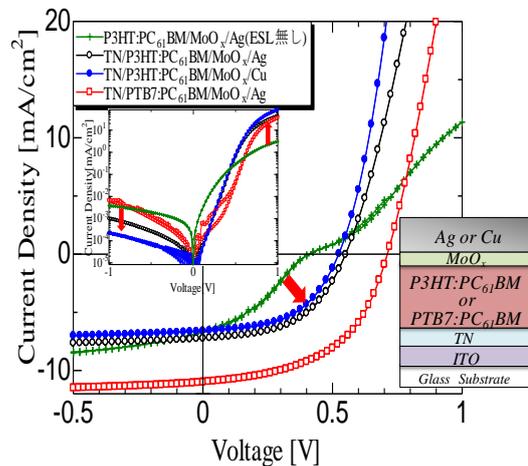


Fig.1 Photovoltaic properties under A.M1.5 illumination. Inset. Under dark