

低温形成塗布型結晶性酸化膜のキャリア選択層で挟んだバルクヘテロ接合型有機薄膜太陽電池の作製と高効率化

Fabrication of Bulk Hetero Junction Organic Solar Cells Sandwiched by Low-Temperature Processed Solution Based Crystalline Oxide Carrier Selective Layers

信州大工¹ ○後藤 慶紀¹, 伊東 栄次¹

Shinshu Univ.¹ °Yoshinori Goto¹, Eiji Itoh¹

E-mail: eitoh@shinshu-u.ac.jp

【はじめに】塗布型の有機薄膜太陽電池は、フレキシブルな基板上に低温で作製でき、低コスト化、大面積化、エネルギーペイバックタイムの短縮にも有利と期待される。しかし、普及には安定性の向上と高効率化が求められている^[1]。バルクヘテロ接合型の有機薄膜太陽電池の安定性向上と高効率化のためには、新材料の開発と同時に電子と正孔を効率よく移動させるキャリア選択層が必要とされる。キャリア選択層を挿入することで電極と活性層のコンタクトを改善し、フィルファクター(FF)や V_{oc} などが向上する。安定性の高い酸化膜のキャリア選択層により耐久性も改善できる。現在、正孔選択層には PEDOT:PSS、NiO、 V_2O_5 、 MoO_3 、電子選択層には ZnO や TiO_2 などが用いられている。PEDOT:PSS は水の存在下で酸性となり電極を腐食するため、作製した素子の長期安定性に欠け、真空蒸着で積層する NiO、 V_2O_5 、 MoO_3 などは、大面積化に不利であるため、塗布法で作製することが望まれる^[2, 3]。ZnO や TiO_2 は、優れた電子輸送性をもつが結晶化に 500°C 近い高温焼成が必要な為、プラスチック基板に用いることが難しい。一方、最近になって MoO_3 の微結晶のゾル膜を低温形成可能となっている^[2, 3]。また、酸化チタンナノシート(TN)は、2次元結晶の極薄膜であり、交互吸着法により nm 単位で膜厚を制御できるため、低温プロセスで透明で高品位な電子選択層が製膜可能である^{[4][5]}。そこで、本研究では塗布法により作製した MoO_3 及び TN 膜をキャリア選択層としたバルクヘテロ接合型有機薄膜太陽電池の作製と高効率化に向けた検討を行った。

【実験方法】Fig. 1 に素子構造を示す。パターン化した ITO 基板上にエキシマランプを 20 秒照射した後、真空蒸着法で MoO_x (10nm)を製膜、または、 MoO_x 溶液をスピコート後に熱処理(160°C, 10 分)を行い、活性層として P3HT:PCBM=1:0.8 の混合溶液をスピコートして、熱処理(150°C, 5 分)した後、交互吸着法でカチオン性ポリマーである polydiallyldimethylammonium(PDDA)と TN を交互に 3 層製膜した^[4]。その後、熱処理(110°C)して水分を除去後、Al(150nm)を真空蒸着した。作製した素子の電流-電圧特性、光電流スペクトルの測定は、Ar で満たした真空対応のグローブボックス中で測定を行った。

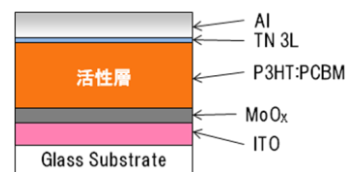


Fig.1 素子構造

【結果と考察】Fig. 2 に測定結果を示す。塗布法及び蒸着により MoO_3 を製膜した素子を比較すると、開放電圧 V_{oc} が 0.32V と 0.35V、FF が 0.43 と 0.45 で性能はほぼ同等であり、塗布法で作製した MoO_3 が蒸着膜と同様に正孔選択層として機能していると考えられる。また、TN 層を挿入すると、 V_{oc} が 0.60V、短絡光電流 J_{sc} は 7.67mA/cm²、FF は 0.59 に向上した。これは、P3HT から Al 電極への正孔のリークがほぼ完全に抑制できたことと、PCBM/TN/Al 間のエネルギー整合により電子の注入と取り出しが改善したためと考えられる。現在、塗布の MoO_x 層と TN 層を両方用いた素子について高効率化を目指した検討を進めている。詳細は当日発表する予定である。

【謝辞】本研究の一部は文科省科学研究費補助金(No.22360123)により行われた。

【参考文献】

- [1] H. Yamaoka 日本印刷学会誌 **46**, 260-267(2009).
- [2] F. Liu, S. Shao, X. Guo, Y. Zhao, Z. Xie. Solar Energy Materials & Solar Cells. **94**, 842-845. (2010).
- [3] X. Dong, J. Liu, J. Yan, J. Wang, G. Hong. Rare Met. Mater. Eng. **34**, 421-424 (2005).
- [4] T. Sasaki, Y. Ebina, T. Tanaka, M. Harada, M. Watanabe, G. Decher: Chem. Mater **13**, 4661(2001).
- [5] E. Itoh, Y. Maruyama, K. Fukuda: Jpn. J. Appl. Phys. **51**, 02BK13 (2012).

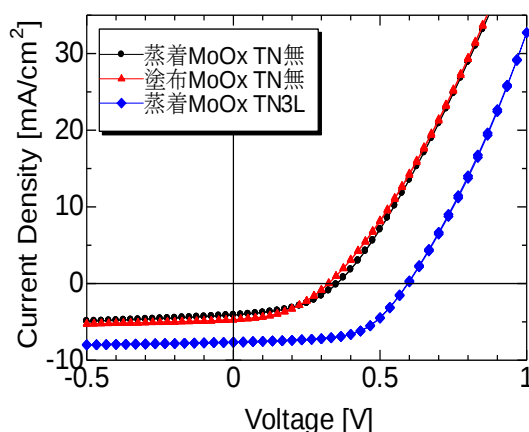


Fig.2 ITO/ MoO_x /P3HT:PCBM/TN/Al 構造素子の電流-電圧特性