

近赤外高効率 PbS 量子ドット/ZnO ナノワイヤ太陽電池の 光電変換特性に与える量子ドット表面の影響

Photovoltaic properties of PbS-QD/ZnO-NW array-based solar cells with high efficiency
in the near infrared region

王 海濱^{1,2}, 久保 貴哉^{1,2}, 中崎 城太郎¹, 瀬川 浩司¹ (1. 東大先端研, 2. JST-CREST)

Haibin Wang^{1,2}, Takaya Kubo^{1,2}, Jotaro Nakazaki¹, and Hiroshi Segawa¹

(1. RCAST, The Univ. of Tokyo, 2. JST-CREST)

E-mail: ukubo@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

はじめに

溶液プロセスで構築する PbS 量子ドット (QD) /ZnO ナノワイヤ(NW)太陽電池(図 1 挿入図)の近赤外領域での高効率化および、光電変換特性の長期安定性について研究を行って来た[1-3]. 本講演では, PbS 量子ドットや PbS 量子ドット/ZnO ナノワイヤ界面に着目し, 光電変換特性を検討したので報告する.

実験

太陽電池 (FTO/50nmZnO 種層/1.5 μ m 活性層(ZnO-NW/PbS-QD 層)/100nmAu) は既報に従い, 湿式法で作製した[1,2]. セルの電流電圧特性は, 擬似太陽光(AM1.5G, 100mW/cm²)照射下で測定し, 短絡電流密度(J_{sc}), 開放電圧(V_{oc}), 曲線因子(FF), エネルギー変換効率(PCE)を求めた. 外部量子収率(EQE)作用スペクトルは室温で測定した. 活性層内部の組成変化を XPS 分析法で評価した.

結果と考察

作製したセルは, 1050nm 付近に励起子吸収ピークを示した. EQE 作用スペクトルは, 励起子吸収ピークと可視光領域(550nm)において, それぞれ約 50%と 80%であった. 太陽電池を擬似太陽光照射(3000h)と室内環境(615 日間)に放置した. 室内環境放置セルの場合, セル作製直後と比較して V_{oc} が増加し(図 1, 青線), PCE は 20%向上した. このセルの活性層を XPS 分析したところ, PbSO₃と PbSO₄が形成されていることから, PbS-QD 表面は酸化膜で覆われていることが分かった. この過程で PbS-QD 表面の欠陥準位等が低減したことが, V_{oc} 増加の主

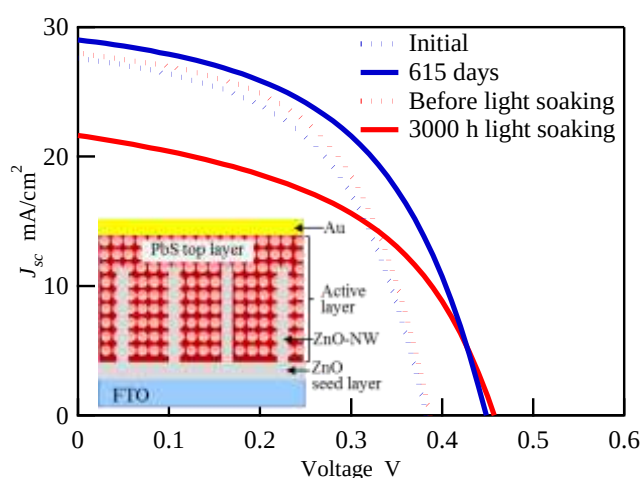


図 1. 放置環境の異なるセルの JV 曲線.

な要因と考えられる. 一方, 光照射セルでは, V_{oc} は室内環境下のセル同様に増加するものの, J_{sc} が低下した(図 1, 赤線). PbS-QD 表面の酸化被覆膜の厚膜化が, キャリア輸送に影響したものと考えられる.

室内環境下で放置したセルにおいて, PCE は, 初期値 5.4($J_{sc} = 27.6$ mA/cm², $V_{oc} = 0.383$ V, $FF = 51.4\%$)から 6.5% ($J_{sc} = 29.0$ mA/cm², $V_{oc} = 0.449$ V, $FF = 49.8\%$)に向上しており, コロイド PbS-QD で構築する太陽電池の高性能化には, PbS-QD 表面制御が, とりわけ重要であることが分かった.

- [1] H. Wang, T. Kubo, J. Nakazaki, T. Kinoshita, and H. Segawa, *J. Phys. Chem. Lett.*, **4**, 2455 (2013).
- [2] H. Wang, T. Kubo, J. Nakazaki, and H. Segawa, *Phys. Status Solidi RRL* **8**, 961 (2014).
- [3] T. Kawawaki, H. Wang, T. Kubo, K. Saito, J. Nakazaki, H. Segawa, and T. Tatsuma, *ACS Nano*, **6**, 4165 (2015).