界面パッシベーションによる PbS 量子ドット/ZnO ナノワイヤーヘテロ接合太陽電池の 電荷再結合の抑制

Suppression of charge recombination of PbS quantum dots/ZnO nanowires heterojunction solar cells by interface passivation

○中村 眞子 1, 丁 超 1, 豊田 太郎 1, 早瀬 修二 1, 沈 青 1

(電通大基盤理工1)

OM. Nakamura¹, C. Ding¹, T. Toyoda¹, S. Hayase¹, Q. Shen¹

(The Univ. of Electro-Common.¹)

E-mail: <u>nakamura@jupiter.pc.uec.ac.jp</u>

【緒言】 近年、量子ドット(QDs: Quantum Dots)太陽電池は、シリコン型太陽電池と比べて、理論変換効率が高い点(44%)[1]や作製の簡便性などの点から次世代太陽電池の1 つとして研究が進められている。QDs 太陽電池のデバイス構造として、光吸収層と正孔輸送層に PbS QDs、電子輸送層にはZnOナノワイヤー(ZnO NWs: ZnO Nanowires)が用いられているものがある。ZnO NWs は1次元的な構造により円滑な電子移動に有用であるので、PbS QDs/ZnO NWs 太陽電池は注目を集めている[2]。しかし、この構造の太陽電池の最大光電変換効率は8.5%であり[3]、その原因の1つは PbS QDs/ZnO NWs の界面面積の増大による界面再結合の増加が生じている可能性が考えられる。そこで本研究では、界面再結合の減少を図るために PbS QDs/ZnO NWs 界面に Mg をドープした ZnO(Zn1-xMgxO: X=0、0.10、0.20)をパッシベーションさせた。Mg の含有量を変化させたパッシベーションによる、PbS QDs/ZnO NWs @ZnMgO ヘテロ接合太陽電池の界面における電荷再結合の変化について検討した。

【実験】 FTO 上に ZnO 緻密膜を成膜し、水熱合成法によって長さ 0.8 µmの ZnO NWs を成長させた[4]。スピンコート法を用いて ZnO NWs 上に ZnO_{1-x}Mg_xO をパッシベーションさせ、アニールさせたのち、ZnO NWs @ZnMgO 電極を作製した。ZnO NWs @ZnMgO 電極上に PbS QDs を塗布し、金を蒸着させ、厚さ 1.5 µmの PbS QDs/ZnO NWs @ZnMgO ヘテロ接合太陽電池を作製した。

【結果と考察】 ZnONWs と Zn_{1-x}Mg_xO(X=0、0.10、0.20)をパ ッシベーションさせた ZnO NWs を用いた太陽電池の過渡開放 電圧(Voc)応答を図1に示す。図1より、Vocの緩和時間(す なわち、太陽電池における電荷再結合時間)は、ZnO NWs @ Zn_{1-X}Mg_XO(X=0.10)が最も長く、ZnO NWs @ Zn_{1-X}Mg_XO(X=0)が 最も短いことが分かる。ZnOには、酸素空孔による表面欠陥が 生じているという報告がある[5]。これより、Zn_{1-x}Mg_xO内のMg の含有量が増加するほど NWs の表面欠陥密度を減少させるこ とができ、Mgを含まないZn_{1-x}Mg_xO(X=0)をパッシベーション すると NWs の表面欠陥密度が増加した可能性があると考えら れる。また、図2に作製した太陽電池の光電変換特性を示す。 ZnO NWs (a) Zn_{1-x}Mg_xO(X=0.10) \geq ZnO NWs (a) Zn_{1-x}Mg_xO(X=0) を比較すると、開放電圧 Voc は 0.54 V から 0.60 V までに増加 し、光電変換効率 PCE は約 1.3 倍に向上したことが判明した。 これは、NWsの表面欠陥密度が減少し、PbS ODs/ZnO NWs 界 面電荷再結合の抑制に影響を及ぼしたと推測される。以上の結 果より、パッシベーションによって界面電荷再結合を抑制し、 開放電圧と光電変換効率の向上に有用であるとわかった。

Hanna, M. C., A. J. Nozik, *J. Appl. Phys.* **100**, 074510 (2006).
H. Wang *et al.*, *J. Appl. Chem.* **4**, 2455-2460 (2013).
Jayce J. Cheng *et al.*, *ACS Appl. Energy Matter.*, **1**, **5**, 1815-1822 (2018).
M. Breedon *et al.*, *ICONN*, 9-12 (2008).
A. B. Djurisic *et al.*, *Nanotechnology*, **18(9)**, 095702, (2007).

