

SnO₂界面パッシベーションによる PbS 量子ドット太陽電池の 光電変換特性の向上

Improvement of photovoltaic properties of PbS quantum dots solar cells by SnO₂ interface passivation

○大図 修平¹, 北島 有紀子², 吉田 康二¹, 豊田 太郎^{1,4}, 尾込 裕平^{3,4}, 早瀬 修二^{3,4}, 沈 青^{1,4}

(電通大基盤理工¹, 中大理工², 九工大生命体工³, JST CREST⁴)

○Shuhei Ozu¹, Yukiko Kitabatake², Koji Yoshida¹, Taro Toyoda^{1,4}, Yuhei Ogomi^{3,4},

Shuzi Hayase^{3,4}, Qing Shen^{1,4}

(Univ. of Electro-Commun.¹, Chuo Univ.², Kyushu Inst. Tech.³, JST CREST⁴)

E-mail: ozu@jupiter.pc.uec.ac.jp

【緒言】近年、高効率で簡便かつ低コストで作製できる次世代太陽電池として、光吸収層に量子ドット(QDs: Quantum dots)を用いた太陽電池の研究が盛んに行われている。特に pn ヘテロ接合型太陽電池において p 型半導体として PbS QDs、n 型半導体として一次元的な構造を有する ZnO ナノワイヤ(ZnO NWs: ZnO Nanowires)電極を用いた太陽電池が注目を集めている。この構造では、光励起キャリアを分離することで効率的な電荷収集が可能とされている[1]。一方、PbS QDs/ZnO 界面における接合面積の増大により電荷再結合が増加するため、界面制御が不可欠である[2]。本研究では、PbS QDs/ZnO 界面に SnO₂ パッシベーションを施した PbS QDs/ZnO@SnO₂ NWs ヘテロ接合太陽電池における光電変換特性の変化について検討した。

【実験】試料は FTO 上に種層となる ZnO 緻密膜を成膜したのち、結晶成長により長さ 1 μm の ZnO NWs を作製した[2]。ZnO NWs 上に、スピコート法により SnO₂ パッシベーションを施したのちにアニールを行い、ZnO@SnO₂ NWs 電極を作製した。ZnO@SnO₂ NWs 電極に PbS QDs を塗布して、QDs 層の膜厚が 1.2 μm となる FTO/ZnO 緻密膜/ZnO@SnO₂ NWs/PbS QDs/Au 構造の太陽電池セルを作製した。

【結果と考察】図 1 に光電子収量分光法測定(PYS: Photoelectron Yield Spectroscopy)と光吸収測定より求めた ZnO NWs, ZnO@SnO₂ NWs, PbS QDs のエネルギー準位図を示す。また、図 2 に SnO₂ パッシベーション有無の NWs 電極における、約 3.3 eV のバンド端付近発光ピークで規格化した室温フォトルミネッセンス(PL: Photoluminescence)スペクトルを示す。ZnO 薄膜では、酸素空孔由来と考えられる深い準位の欠陥による発光が 2.0-2.4 eV で観測される[3]。SnO₂ パッシベーションを施すことで、深い準位の欠陥による発光が抑制されることが判明した。図 3 に作製した太陽電池の光電変換特性を示す。SnO₂ 界面パッシベーションによって短絡電流密度 J_{sc} 、開放電圧 V_{oc} 、曲線因子 FF が向上し、光電変換効率は 1.4 倍に増加したことが分かった。これは、NWs 電極における伝導帯最下端の上昇に伴う擬フェルミ準位の上昇と深い準位の欠陥が減少したことによる欠陥を介した再結合の抑制が要因の一つとして推測される。これらの結果より、PbS QDs/ZnO NWs ヘテロ接合太陽電池における SnO₂ 界面パッシベーションが、光電変換効率の向上に有用であることが分かった。今後は、太陽電池内の電荷分離・再結合について評価することで、効率向上のメカニズムを検討していく。

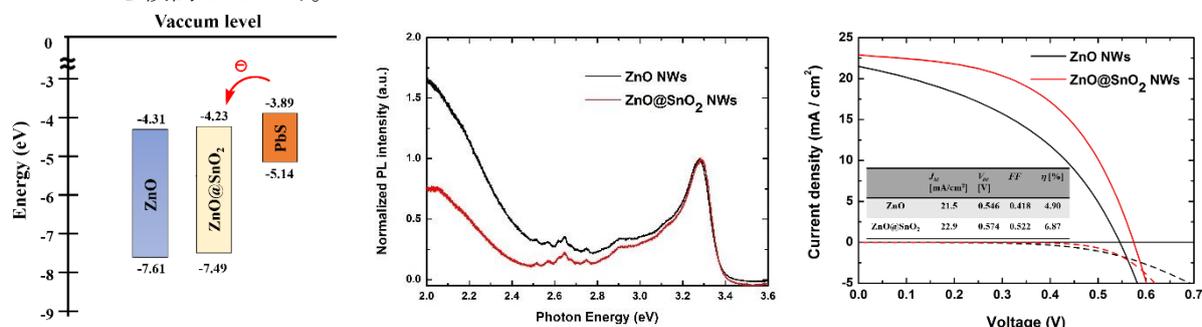


図 1 各太陽電池のエネルギー準位図 図 2 NWs 電極の PL スペクトル 図 3 各セルの光電変換特性

- [1] J. Jean *et al.* *Adv. Mater.*, **25**, 2790 (2013). [2] J. Chang *et al.* *Nanoscale*, **7**, 5447 (2015).
[3] A. B. Djurisic *et al.* *Prog. Q. Elec.* **34**, 191 (2010).