

近赤外吸収 AgBiS₂ ナノ結晶・ZnO ナノワイヤ太陽電池の高効率化

High Efficiency Near-infrared AgBiS₂/ZnO Nanowire Solar Cells

東大院総合文化¹, 東大先端研², 桐蔭横浜大³ ○王海濱¹, 肖云², 栗井文康¹, 柴山直之³,
久保貴哉², 瀬川浩司^{1,2}

Grad. School of Arts & Science UTokyo¹, RCAST UTokyo², Tooin Univ.³, °Haibin Wang¹, Yun Xiao²,
Fumiyasu Awai¹, Naoyuki Shibayama³, Takaya Kubo², Hiroshi Segawa^{1,2}

E-mail: wanghb@dsc.rcast.u-tokyo.ac.jp

はじめに

コロイド量子ドットを用いた太陽電池の中で、鉛を含む量子ドット太陽電池の高性能化が進む一方で、非鉛系コロイド量子ドットを用いた太陽電池の検討は遅れている。われわれは、コロイド状 AgBiS₂ ナノ結晶と ZnO ナノワイヤ (NW) のヘテロ接合型太陽電池を作製してきた^[1]。本研究では、ZnO ナノワイヤのバンドギャップ内の欠陥準位が太陽電池特性に与える影響を、蛍光やラマン散乱分光手法を活用して調べ、高効率化を行ったので報告する。

実験

コロイド状 AgBiS₂ ナノ結晶は、ホットインジェクション法で合成した^[2]。ZnO NW は、あらかじめ ZnO ナノ粒子分散溶液を ITO 上に塗布焼結して成膜した緻密層上に、水熱合成法で形成した。その後、ITO/ZnO NW 基板を異なる雰囲気 (N₂, O₂, H₂/N₂(1:9 混合気体) と温度 (200–500°C) でアニール処理をし、更に、ディップコート法で AgBiS₂ ナノ結晶を充填した。ZnONW と AgBiS₂ ナノ結晶の混合層上に電子ブロッキング層として、P3HT を成膜後、Au 電極を蒸着し、太陽電池 (ITO/ZnONW-AgBiS₂/P3HT/Au) を作製した。ZnO NW のキャップ内欠陥準位は、可視領域の発光スペクトル (PL) を波形分離することで調べた。

結果と考察

ZnO NW を種々の条件でアニール処理したところ、すべての条件で、アニール温度を高くすると可視域の PL 強度が減少し、ギャップ内欠陥が減少していることが示唆された。一方、太陽電池特性においては、N₂ と H₂/N₂ 混合気体では、アニール温度の上昇とともに、低下することが分かった。しかしながら、O₂ 雰囲気下では、今回検討した温度範囲で、アニール温度とともに、光電変換特性が高まった。可視域の PL

スペクトルの波形分離より、異なる欠陥準位由来の相対的な PL 強度を見積もり、太陽電池特性との関係を詳しく調べた。その結果、酸素空孔 (V_O²⁺, V_O⁺) と格子間 Zn の影響が大きいことが分かった。格子間 Zn は、伝導帯下端から浅い捕捉準位を形成するが、酸素空孔は深い準位を形成するため、酸素空孔を低減させることが、高効率化に有効であることも判明した。

今回の検討では、O₂ 雰囲気下 500°C でアニール処理をして、酸素空孔を低減させた ZnO NW で作製した太陽電池で、既報の積層型セル (ITO/ZnO 緻密層/AgBiS₂ 層/P3HT/Au)^[2] よりも、良好な太陽電池特性を得た (Fig.1) (5.4% ; J_{SC} = 22.21 mA/cm², V_{OC} = 0.41 V, FF = 60%)^[3]。

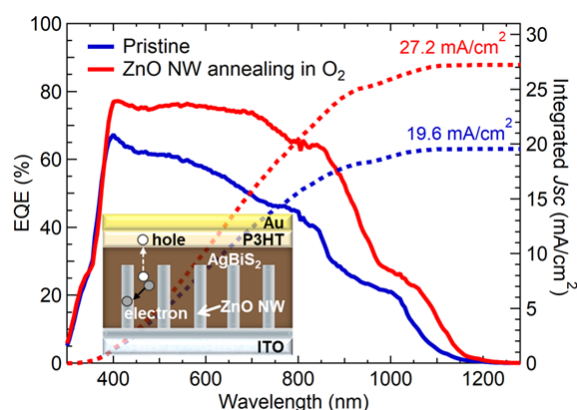


Fig. 1 EQE spectra of AgBiS₂/ZnO NW solar cells using O₂-annealed and pristine ZnO NWs.

引用文献

- 1) Y. Xiao, H. Wang, F. Awai, N. Shibayama, T. Kubo, H. Segawa, ACS Appl. Mater. Interfaces, 2021, 13, 3969.
- 2) M. Bernechea, N. C. Miller, G. Xercavins, D. So, A. Stavrinadis, and G. Konstantatos, Nat. Photonics 2016, 10, 521.
- 3) Y. Xiao, H. Wang, F. Awai, N. Shibayama, T. Kubo, H. Segawa, submitted.