

SnO₂ 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 ヘテロ接合太陽電池の光電変換特性の変化

Insight into the role of interfacial SnO₂ passivation on photovoltaic properties of PbS quantum dots/ZnO nanowires heterojunction solar cells

○大図 修平¹, 北島 有紀子², 吉田 康二¹, 豊田 太郎¹, 吉野 賢二³, 平田 昌之³,
片山 建二³, 早瀬 修二⁴, 沈 青¹

(電通大基盤理工¹, 中大理工², 宮崎大工³, 九工大生命体工⁴)

○Shuhei Ozu¹, Yukiko Kitabatake², Koji Yoshida¹, Taro Toyoda¹, Kenji Yoshino³, Masayuki Hirata³,
Kenji Katayama³, Shuzi Hayase⁴, Qing Shen¹

(Univ. of Electro-Commun.¹, Chuo Univ.², Miyazaki Univ.³, Kyushu Inst. Tech.⁴)

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(量子ドット太陽電池)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)電極を用いた量子ドット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[1,2]。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、界面パッシベーションが不可欠である[3]。本研究では、PbS QDs/ZnO 界面に SnO₂ パッシベーションを施し、このパッシベーションによる NWs 電極の電気特性の変化と PbS QDs/ZnO 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、水熱合成法により長さ 1.2 μm まで ZnO NWs を結晶成長させた[3]。ZnO NWs 上に、スピンコート法により 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 電極を形成させた。ZnO@SnO₂ NWs 電極に PbS QDs を塗布して、QDs 層の膜厚が 1.5 μm となる太陽電池セルを作製した。また、ホール効果測定用素子は、同様にしてガラス基板上に NWs を作製し、NWs 電極上に金を蒸着させた。

【結果と考察】 ホール効果測定より SnO₂ 界面パッシベーションを施すことで、NWs 電極の電気抵抗率の減少とキャリア密度の増加が判明した(表 1)。これは、室温程度でも熱励起される浅い準位が形成され、ドナー密度が増加したことに起因する可能性が考えられる。さらに、キャリア密度より各 NWs 電極のフェルミ準位 E_F を算出したところ、真空準位から ZnO の E_F は -4.48 eV、ZnO@SnO₂ の E_F は -4.31 eV と求められ、パッシベーションによる E_F の上昇が示唆された。また、作製した太陽電池の照射下における電流電圧特性より、パッシベーションで短絡電流密度 J_{sc} 、開放電圧 V_{oc} 、曲線因子 FF が向上し、光電変換効率 η は 1.4 倍に増加したことが分かった(図 1)。ホール効果測定の結果も併せると、パッシベーションで浅い準位を介した電荷輸送が促進されたことで J_{sc} が向上したと共に、 E_F の上昇と電気抵抗率の抑制により V_{oc} と FF が向上したと推測される。今後は、太陽電池における光励起キャリアダイナミクスについて評価することで、各界面における電荷分離・再結合について検討していく。

表 1 各 NWs 電極のホール効果測定

試料	電気抵抗率 [Ω cm]	キャリア密度 [cm^{-3}]
ZnO	36.1	1.49×10^{16}
ZnO@SnO ₂	9.32	5.23×10^{17}

[1] J. Jean *et al.* *Adv. Mater.*, **25**, 2790 (2013).

[2] H. Wang *et al.* *J. Phys. Chem. Lett.*, **4**, 2455 (2013).

[3] J. Chang *et al.* *Nanoscale*, **7**, 5447 (2015).

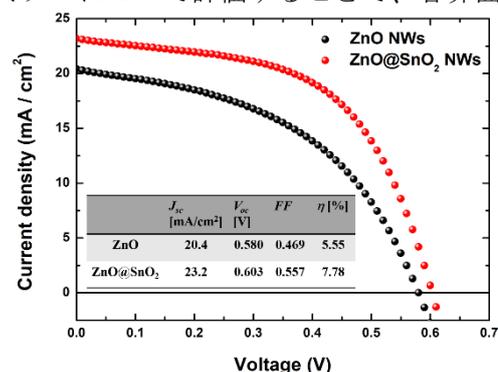


図 1 各太陽電池の光電変換特性