

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 —量子ドット層の膜厚依存性—

Photovoltaic properties of PbS Quantum dot/ZnO Nanowire heterojunction solar cells

- Dependence of the thickness of Quantum dot layers -

○大図 修平¹, 北畠 有紀子², 張 耀紅¹, 豊田 太郎^{1,4}, 早瀬 修二^{3,4}, 沈 青^{1,4}

(電通大先進理工¹, 中大理工², 九工大生命体工³, JST CREST⁴)

Shuhei Ozu¹, Yukiko Kitabatake², Yaohong Zhang¹, Taro Toyoda^{1, 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

[はじめに] 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(QD: Quantum dot)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 QD、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 NW: ZnO Nanowire)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]。しかし、キャリア輸送や界面における電荷分離・再結合等に関する研究は未だ不十分である。本研究では、PbS QD/ZnO NW ヘテロ接合太陽電池において QD 層の膜厚を変化させた場合の電荷再結合について検討した。

[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 950 nm の ZnO NW を作製した[2]。続いて、スピコート法により各 ZnO NW 電極に PbS QD を塗布し、QDs 層の膜厚が①900, ②1250, ③1600 nm である FTO/ZnO 緻密膜/ZnO NW/PbS QD/Au 構造の太陽電池セルを作製した。

[結果と考察] 図 1 に作製したセルの外部量子収率(EQE: External Quantum Efficiency)スペクトルを示す。QD 層の吸光度は膜厚増加と共に増大したが、最も膜厚が厚いセル③の EQE 値が全セルの中で最小値を示した。これらの結果より、QD 層の膜厚増加に伴い光励起キャリア数は増えるが、ある膜厚以上では電荷再結合確率が支配的となり電荷捕集効率が低下することが推測される。電荷再結合確率について詳細な議論を行うために過渡開放電圧測定を行った。開放電圧の時間減衰より算出した実効的なキャリア寿命 τ_{eff} と開放電圧 V_{oc} の相関を図 2 に示す[3]。セル②、セル③、セル①の順で実効的なキャリア寿命は短くなり($V_{\text{oc}}=0.15\text{V}$ 時にセル②: 6.1 ms、セル③: 2.7 ms、セル①: 0.50 ms)、電荷再結合確率は増加した。これより、QD 層の膜厚増加に伴い電荷再結合確率は増加することが確認された。また、セル①は金電極と NW の接触による再結合過程も含まれると考えられる。これらの結果より、QD 層における電荷再結合の抑制が光電変換特性の向上への鍵であると判明した。今後は、拡散長等のキャリア輸送パラメータと共に、電荷分離・再結合の詳細なメカニズムについて検討する予定である。

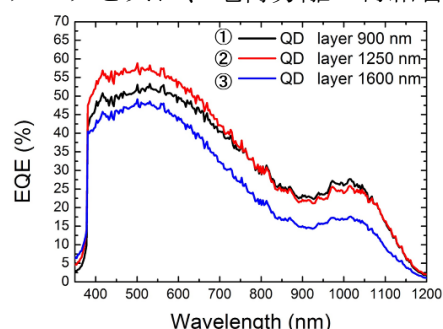


図 1 各セルの EQE スペクトル

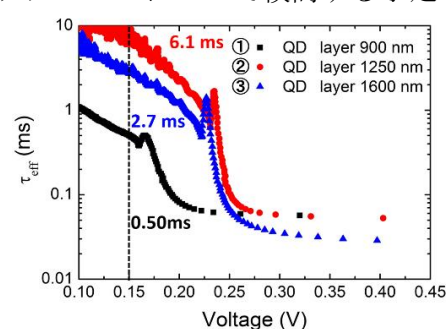


図 2 各セルの実効的なキャリア寿命

[1] J. Jean *et al.* *Adv. Mater.*, **25**, 2790 (2013). [2] J. Chang *et al.* *Nanoscale*, **7**, 5447 (2015).

[3] A. Zaban, M. Greenshtein *et al.* *Chem. Phys. Chem.*, **4**, 861 (2003).