

ヘテロ接合型 PbS 量子ドット太陽電池の光電変換特性 -量子ドットの粒径依存性-

Photovoltaic properties of heterojunction PbS quantum dot solar cells

-Dependence of quantum dot size-

中大理工¹, 電通大², 九工大³, CREST⁴

○北畠有紀子^{1,2}, 丁超², 梶知史², 小林宗右², 張 耀紅², 出石拓也², 中澤直樹²,
豊田太郎^{2,4}, 早瀬修二^{3,4}, 片山健二¹, 沈青^{2,4}

Chuo Univ.¹, The Univ. of Electro-Commun.², Kyusyu Inst. Tech.³, JST CREST⁴

°Y. Kitabatake^{1,2}, C. Ding², S. Kaji², S. Kobayashi², Y. Zhang², T. Izuishi², N. Nakazawa²,
T. Toyoda^{2,4}, S. Hayase^{3,4}, K. Katayama¹, Q. Shen^{2,4}

E-mail: shen@pc.uec.ac.jp

【緒言】近年シリコン太陽電池に変わる次世代型太陽電池として量子ドット太陽電池が注目されている。量子ドットの利点として、①粒径の変化により光吸収領域の変化が可能になること、②多重励起子生成が発生することにより、太陽電池に応用した際の理論変換効率(44%)¹⁾が従来の理論変換効率(約 30%)より高いことなどが挙げられる。PbS 量子ドットは光吸収スペクトルを制御しやすいため、現在量子ドット太陽電池の中でもっとも適用されているものである。しかし PbS 量子ドット太陽電池の光電変換効率は未だ 10.6%²⁾であり、理論変換効率より遥かに低いのが現状である。光電変換効率を向上させるために、量子ドット粒径による光電変換特性の変化や電荷分離・再結合ダイナミクスの解明などの基礎研究は大変重要である。本研究では異なる粒径の PbS 量子ドットを固体型量子ドット太陽電池に適用することで、光電変換特性の粒径依存性の解明を目的とする。今回は粒径の異なる PbS 量子ドットを用いた太陽電池の作製を行い、粒径の変化による光電変換特性と量子ドット膜の蛍光寿命の違いについて検討した。

【実験】PbS 量子ドットの作製にはホットインジェクション法³⁾を用い、粒径が異なる 3 種類(2.2 nm、3.0 nm、3.5 nm)の PbS 量子ドット溶液を用意した。作製した量子ドット溶液を ZnO ナノロッド基板に塗布し、Au 電極を蒸着することで太陽電池を作製し、光電流量子収率(IPCE)と光電変換特性を測定した。またガラス基板上に形成した PbS 量子ドット薄膜の蛍光寿命の測定を行った。

【結果と考察】粒径が異なる 3 種類の PbS 量子ドットを太陽電池に適用した際の IPCE スペクトルを図 1 に示す。図 1 より、IPCE スペクトルは粒径に依存し、粒径が小さくなるほど IPCE 値が減少することが判明した。その原因については二つの可能性が考えられる。一つ目は粒径が小さくなるほど量子ドット表面欠陥密度が増加したことで再結合が増加し電荷収集効率が減少したことである。二つ目は量子ドット膜中での光励起キャリアの拡散長が粒径に依存することである。今回は一つ目の可能性を検討するため、各粒径の量子ドットで形成した膜の蛍光寿命を測定した(図 2)。図 2 より粒径が 3.5 nm から 2.2 nm まで小さくなるほど蛍光寿命が 4.96 ns から 2.20 ns まで短くなることが判明した。これらの結果から粒径が小さいと量子ドット表面欠陥密度が増え、光励起キャリアの欠陥準位へのトラップが多くなることが示唆された。そのため、粒径が小さくなると量子ドット太陽電池の IPCE 値が減少したと考えられる。今後異なる粒径の量子ドットで形成した膜に対して、量子ドット間でのキャリア輸送過程の解明を行い、光励起キャリアの拡散長の粒径依存性について検討する予定である。

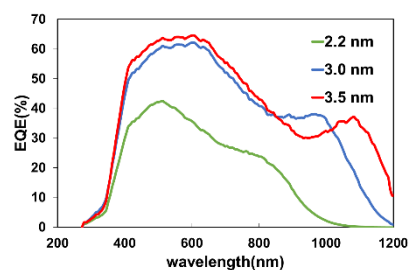


図1 各試料におけるIPCEスペクトル

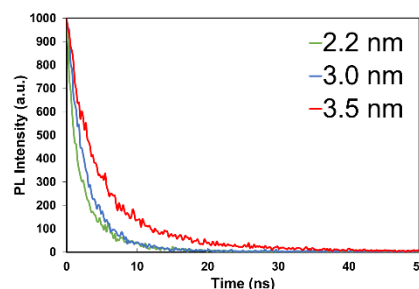


図2 各試料における蛍光寿命

1) A. J. Nozik, *Inorg. Chem.*, 2005,**44**,6893.

2) X. Lan et al., *Nano Letters*, 2016,**16**,4630.

3) D. Vanmaekelbergh et al., *NanoCrystal*, 2005,**12**, 1152.