

界面パッシベーションによる CdSe 量子ドット増感逆オパール構造 TiO₂ 太陽電池の
界面再結合の抑制

Suppression of interfacial recombination in CdSe QD sensitized
inverse opal TiO₂ solar cells by interface passivation

○堀 奏江¹, 張 耀紅¹, 豊田 太郎^{1,3}, 早瀬 修二^{2,3}, 沈 青^{1,3}
(電通大基盤理工¹, 九工大生命体工², JST-CREST³)

Kanae Hori¹, Yaohong Zhang¹, Taro Toyoda^{1,3}, Shuzi Hayase^{2,3}, Qing Shen^{1,3}
(Univ. of Electro-Commun.¹, Univ. of Kyushu-institute², JST-CREST³)

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

量子ドット(QD)増感太陽電池は次世代太陽電池の候補の一つとして注目を集め、盛んに研究が行われている。その光電変換特性の向上のために、特に QD の吸着基板であり、電子輸送層である TiO₂ 電極の構造はきわめて重要である。一般的な TiO₂ ナノ粒子を用いた電極は界面が多く、円滑な電子輸送が妨げられるという欠点がある。一方、逆オパール(Inverse Opal: IO)構造は 3 次元規則的な構造を有しているため、電解液が浸透しやすいや電子輸送が円滑にできるという利点がある。我々は TiO₂ IO 電極を用いた太陽電池が TiO₂ ナノ粒子電極を用いた太陽電池より高い開放電圧 V_{OC} を示すことを明らかにしたが[1,2]、低い短絡電流密度とフィルファクター(FF)の改善が課題である。FF の低い原因の一つは TiO₂ と CdSe QD、または TiO₂ と電解液の界面での電荷再結合によるものと思われる。前回の発表で、TiO₂ と QD の界面に ZnS パッシベーションにより、FF と V_{OC}、さらにエネルギー変換効率が向上したことを報告した。今回は、そのメカニズムを解明するため、ZnS 界面パッシベーションによる界面での再結合過程への影響について検討した。

本研究では SILAR 法で Zn 源と S 源に交互に TiO₂ IO を 0~5 回浸漬させて ZnS を表面に吸着した後、CdSe QD の吸着を行った[3,4]。図 1 に ZnS 層の有無の試料における V_{OC} の入射光強度依存性を、表 1 に式(1)を用いて求めた理想因子 s の値を示す。この手法は、光電変換特性の入射光強度依存性から求められる V_{OC} と入射光強度の関係より界面での再結合過程について評価できる[5]。s=1 の時は光励起電子と正孔の直接再結合は支配的なものであり、1 より大きくなるにつれて欠陥を介した再結合が多く発生していると思積もることができる。表 1 の結果から、ZnS パッシベーション回数を 0 から 5 まで増やすと s の値が 1.9 から 1.2 に減少した。これより、ZnS パッシベーションを施したことで界面欠陥を介した再結合を著しく抑制できたと考えられる。また、交流インピーダンスとフォトルミネッセンス測定の結果に基づいた詳細な議論は当日に行う予定である。

$$V_{oc} \propto (skT/q) \times \ln(I) \quad (1)$$

I:入射光強度 k:ボルツマン定数 T:温度 s:理想因子

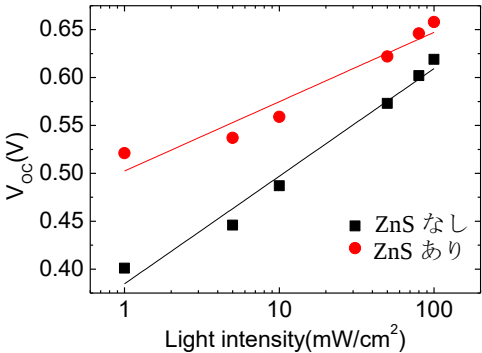


図 1 Voc の入射光強度依存性

表 1 パッシベーション回数
と理想因子 s の関係

ZnS 回数	s の値
0	1.9
1	1.6
3	1.5
5	1.2

[1] L. J. Diguna et al., *Appl. Phys. Lett.* **91**, 023116 (2007). [2] T. Toyoda and Q. Shen, *J. Phys. Chem. Lett.* **3**, 1885 (2012).
[3] S. M. Yang, et al., *J. Mater. Chem.* **12**, 1459 (2002). [4] S. Gorer and G. Hodes, *J. Phys. Chem.* **98**, 5338 (1994).
[5] Gao. F. et al., *ACS Nano*, **8**, 3213 (2014).