

TiO₂ 単結晶基板の上に PbS 量子ドット間距離を制御吸着した系の 光音響法と光電子収量法による評価：量子ドット増感系

Photoacoustic and Photoelectron Yield Characterization of PbS Quantum Dots on Single Crystal TiO₂: Interparticle Spacing Dependence

電通大¹, 分光計器(株)², 九工大³ ◦豊田 太郎¹, 沈 青¹, 中澤 直樹¹,
吉原 泰葉¹, 神山 慶太², 早瀬 修二³

Univ. Electro-Commun.¹, Bunkoukeiki Co., Ltd.², Kyushu Inst. Tech.³ ◦Taro Toyoda¹, Qing Shen¹,
Naoki Nakazawa¹, Yasuha Yoshihara¹, Keita Kamiyama², Shuzi Hayase³

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

半導体量子ドット(QD)増感太陽電池は高い変換効率を発現する可能性が示されている。しかし現実の変換効率は低く、ナノヘテロ界面の検討が研究課題となる[1]。ここで増感太陽電池に適用する TiO₂ ナノ粒子集合基板は ①各種欠陥分布, ②粒界分布, ③吸着サイト等が不明確であり、QD の電子状態の本質的理解を妨げる。吸着した QD 電子状態の解明には、各種物性が検討されている単結晶基板面の適用がナノヘテロ界面の研究に対して意味を持つ[2-7]。しかし、従来の単結晶基板面の適用報告は QD 間隔が基板面上にランダムに分布した系に関するものであった。

本報告は、QD 間距離を制御するため異なる配位子置換を施した PbS QDs 系に対し、PbS QDs の光吸収&基底状態のドット間距離依存性と吸着基板面依存性に関する内容である。ここで基板結晶面として、rutile 型 TiO₂ (001), (110), (111)面を使用した。光吸収評価には光音響(PA)分光を適用した。PA 法は高感度であると共に無輻射緩和を反映するため、格子緩和や非弾性散乱等の信号が出現する[8,9]。また、光電子収量(PY)分光法により QD の基底状態評価を行った。吸収ピークから見積もった量子閉じ込めエネルギーはコロイド系のそれより小さく、配位子結合により閉じ込め効果が緩慢になる。格子不整合を反映する光吸収端下における Urbach 則の評価から、(001), (111)面では格子不整合は QD 間隔増加と共に増加し(110)面では減少した。一方基底状態は、(001), (110)面では QD 間隔依存性は見られないが、(111)面では QD 間隔増加と共に正に分極した。

[1] T. Toyoda and Q. Shen, *J. Phys. Chem. Lett.* **3**, 1885 (2012).

[2] M. M. Maitani *et al.*, *J. Phys. Chem. Lett.* **2**, 2655 (2011).

[3] L. Etgar *et al.*, *Adv. Mater.* **24**, 2202 (2012).

[4] T. Toyoda *et al.*, *J. Phys. Chem. C* **118**, 16680 (2014).

[5] J. B. Sambur and B. A. Parkinson, *ACS Appl. Mater. Interfaces* **6**, 21916 (2014).

[6] T. Toyoda *et al.*, *J. Phys. Chem. C* **120**, 2047 (2016).

[7] T. Toyoda *et al.*, *J. Phys. Chem. C* **122**, 13590 (2018).

[8] T. Toyoda and H. Nakamura, *Jpn. J. Appl. Phys.* **34**, 2907 (1995).

[9] T. Toyoda, T. Masujima, H. Shiwaku, and M. Ando, *Appl. Phys. Lett.* **59**, 3657 (1991).