

量子ドット太陽電池の電荷分離界面の構築と高効率化への道筋

沈 青

電気通信大学大学院情報理工学研究科

〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1

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

半導体量子ドットを用いた太陽電池は安価かつ高効率な次世代太陽電池の候補の一つとして期待されている。量子ドットを太陽電池に応用する際に、(1) ドット径の制御により光吸収領域の制御が可能、(2) 量子閉じ込め効果により光吸収係数が増大、(3) 多重励起子生成により光電流変換量子効率が增大する可能性、などの特徴が見出されている。(3)の特徴を十分に利用できれば、太陽電池のエネルギー変換効率の著しい向上(理論限界 44%)が予想されている¹⁾。その中で、安価かつ簡便に作製できるコロイド半導体量子ドットを利用した太陽電池(増感型、ヘテロ接合型)が注目されている。この系のエネルギー変換効率はごく最近数年間で著しく向上され、増感型とヘテロ接合型量子ドット太陽電池と共に、公認エネルギー変換効率が 11%以上に達成できた²⁻⁵⁾。しかし、まだ理論変換効率よりはるかに低いである。量子ドット太陽電池のエネルギー変換効率を向上させるために、①各ナノ界面状態の十分な理解と制御、②最適な電荷分離ナノ界面の形成と電荷再結合の抑制、③量子ドット中に多重励起子生成のメカニズムの十分な理解と多重励起子を効率よく生成させる手法および外部に取り出す手法の確立などが必要かつ重要である。そこで、私たちは量子ドット太陽電池のエネルギー変換効率向上のメカニズムの解明と高効率化の指針を得るために、上記の 3 つの課題を中心に系統的に研究を推進している。特に、量子ドット太陽電池の各界面構築による電荷分離と再結合機構の変化と光電変換特性との相関について検討している。今回は、PbS と PbSe およびペロブスカイト量子ドットヘテロ接合型太陽電池における各界面での電荷分離機構の解明、界面パッシベーションによる光電変換特性の向上とそのメカニズムに関して報告する⁶⁻¹⁵⁾。

謝辞：電気通信大学豊田太郎特任教授、九州工業大学早瀬修二教授と尾込裕平助教、宮崎大学吉野賢二教授、立命館大学峯元高志教授、中国華東理工大学 Zhong Xinhua 教授、中央大学片山建二教授、JST 澤田嗣郎博士等の共同研究者の方々に感謝を申し上げます。本研究で紹介した内容の一部は JST 戦略的創造研究推進事業「さきがけ」と「CREST」および科学研究費基盤(B)のご支援により行われたものである。

- 1) M. Hanna and A. Nozik, *J. Appl. Phys.* 2006, 100, 074510.
- 2) C.-H. M. Chuang, P. R. Brown, V. Bulović and M. G. Bawendi, *Nat. Mater.* 2014, 13, 796.
- 3) http://www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency_chart.jpg.
- 4) J. Yang, J. Wang, K. Zhao, T. Izuishi, Y. Li, Q. Shen and X. Zhong, *J. Phys. Chem. C* 2015, 119, 28800.
- 5) J. Du, Z. Du, J. Hu, Z. Pan, Q. Shen, J. Sun, D. Long, H. Dong, L. Sun, X. H. Zhong and L. J. Wan, *J. Am. Chem. Soc.* 2016, 138, 4201.
- 6) Q. Shen, T. Katayama, and T. Toyoda, *Quantum Dot Solar Cells*, Chapter 12, pp. 295-310, Wang, Zhiming M. (Ed.), (Springer, 2014), ISBN 978-1-4614-8148-5
- 7) J. Yang, J. Wang, K. Zhao, Takuya Izuishi, Yan Li, Qing Shen and Xinhua Zhong, *J. Phys. Chem. C* 2015, 119, 28800.
- 8) Q. Shen, K. Katayama, T. Toyoda, *J. Energy Chem.* 2015, 24, 712.
- 9) J. Chang, Y. Kuga, I. Mora-Seró, T. Toyoda, Y. Ogomi, S. Hayase, J. Bisquert and Q. Shen, *Nanoscale* 2015, 7, 5446.
- 10) T. Sogabe, Q. Shen, K. Yamaguchi, *J. Photon. Energy.* 2016, 6, 040901.
- 11) K. Sato, K. Ono, T. Izuishi, S. Kuwahara, K. Katayama, T. Toyoda, S. Hayase and Q. Shen, *Chemical Physics* 2016, 478, 159.
- 12) Y. Zhang, C. Ding, G. Wu, N. Nakazawa, J. Chang, Y. Ogomi, T. Toyoda, S. Hayase, K. Katayama and Q. Shen, *J. Phys. Chem. C* 2016, 120, 28509.
- 13) J. Chang, Y. Ogomi, C. Ding, Y. Zhang, T. Toyoda, S. Hayase, K. Katayama and Q. Shen, *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2017, 19, 6358.
- 14) Y. Zhang, G. Wu, I. Mora-Sero, C. Ding, F. Liu, Q. Huang, Y. Ogomi, S. Hayase, T. Toyoda, R. Wang, J. Otsuki and Q. Shen, *J. Phys. Chem. Lett.* 2017, 8, 2163.
- 15) W. Peng, J. Du, Z. Pan, N. Nakazawa, J. Sun, Z. Du, G. Shen, J. Yu, J. Hu, Q. Shen and X. Zhong, *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2017, 9 5328.