

逆オパール構造とナノ粒子構造を有する TiO<sub>2</sub> 光電極の電子構造Electronic Structures of Two Types of TiO<sub>2</sub> Electrodes:

## Inverse Opal and Nanoparticulate Cases

○豊田太郎<sup>1,4</sup>、Witoon Yindeesuk<sup>1</sup>、奥野剛史<sup>1</sup>、秋元正哉<sup>1</sup>、神山慶太<sup>2</sup>、早瀬修二<sup>3,4</sup>、沈 青<sup>1,4</sup>

(1. 電通大、2. 分光計器、3. 九工大、4. JST-CREST)

○Taro Toyoda<sup>1,4</sup>、Witoon Yindeesuk<sup>1</sup>、Tsuyoshi Okuno<sup>1</sup>、Masaya Akimoto<sup>1</sup>、Shuzi Hayase<sup>3,4</sup>、and

Qing Shen<sup>1,4</sup> (1. Univ. Electro-Commun., 2. Bunkoukeiki, 3. Kyushu Inst. Tech., 4. JST-CREST)

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

**【序論】** 半導体量子ドット (QD) は、太陽電池の増感剤として従来の色素系を凌駕する特徴を有するが、現在 QD 増感太陽電池の効率は 5% 程度で色素系に比べて低い。最大の要因はナノヘテロ界面に関する基礎研究の不足がある[1]。最近、逆オパール (IO) 構造とナノ粒子 (NP) 構造を持つ TiO<sub>2</sub> 電極基板に対し QD 吸着と光電変換特性に差異 (開放電圧) が見られ、モルフォロジーと電子状態との相関が示唆された[2]。今回、これらの 2 種類の TiO<sub>2</sub> 電極基板に対し光吸収、フォトルミネッセンス (PL)、価電子帯頂上 (VBM) の評価を行い、電子構造の違いについて検討を行った。

**【実験法】** IO 型と NP 型の 2 種類の基板は、文献に従って作製した[2]。光吸収評価には高感度かつ半透明系での測定可能な光音響 (PA) 法を、PL 法の励起光には He-Cd レーザ(波長 325 nm)を、VBM 評価には光電子収量 (PY) 分光法を適用した (いずれも室温)。

**【結果と考察】** XRD 測定から、IO と NP ではいずれもアナターゼ構造を示した。PA 測定から、間接型バンドギャップは両者共 3.2 eV を示したが、伝導帯の状態密度が異なることが判明した。光吸収端下での指数関数的吸収の傾斜 (Urbach tail) は、NP に比べ IO では緩やかであり、IO では電子・フォノン相互作用がより大きいことが示唆された。Fig. 1 に、NP と IO の PL スペクトルを示す。いずれも間接型発光 (~3.2 eV)、自己束縛励起子 (STE) 発光 (IO: ~3.1 eV; NP: ~2.9 eV)、酸素欠陥による発光 (IO: ~2.3 eV; NP: ~2.6 eV)が見られる。STE 発光ピーク位置から、IO と NP の価電子帯構造が異なっていることが判明した。Fig. 2 に PY 法から求めた VBM の位置を示す。IO の VBM の位置は NP のそれに比べ 0.14 eV 程高く、QD 増感太陽電池の開放電圧と相関性がある。

[1] T. Toyoda and Q. Shen, *J. Phys. Chem. Lett.* **3**, 1885 (2012). [2] T. Toyoda et al. *RSC. Adv.* **5**, 49623 (2015).

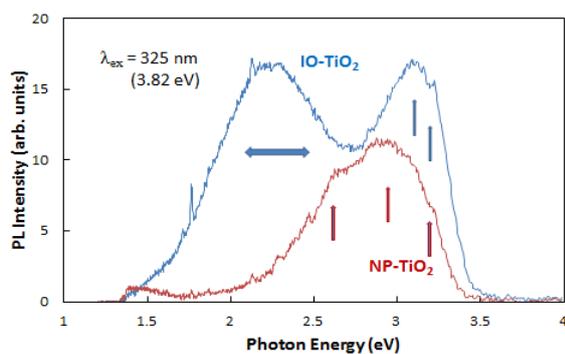


Fig. 1 PL spectra of IO and NP TiO<sub>2</sub>.

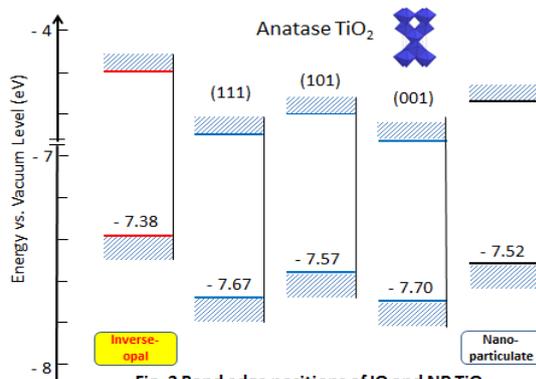


Fig. 2 Band edge positions of IO and NP TiO<sub>2</sub>.