

TiO₂ 基板モルフォロジーの電子構造に及ぼす効果Effect of Nanostructured TiO₂ Morphology on Electronic Structure電通大¹, 分光計器(株)², 九工大³, JST-CREST⁴○豊田太郎^{1,4}, Witoon Yindeesuk¹, 神山慶太², 奥野剛史¹, 早瀬修二^{3,4}, 沈 青^{1,4}Univ. Electro-Commun.¹, Bunkoukeiki Co., Ltd.², Kyushu Inst. Tech.³, JST-CREST⁴○Taro Toyoda^{1,4}, Witoon Yindeesuk¹, Keita Kamiyama², Tsuyoshi Okuno¹,Shuzi Hayase^{3,4}, Qing Shen^{1,4}

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劣る。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]。最近モルフォロジーの異なる TiO₂ 基板に対して、QD 吸着と光電変換特性（特に開放電圧）に差異があることが発見され、モルフォロジーと電子状態との関連が示唆されている[2]。今回、従来のナノ粒子分散型と逆オパール型の 2 種類の TiO₂ 基板に関して、光吸収、フォトルミネッセンス (PL)、価電子帯頂上 (VBM) の差異について報告する。

【実験法】 ナノ粒子(NP) 分散型と逆オパール (IO) 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が可能な光音響 (PA) 分光法を、PL 法の励起光には He-Cd レーザの 325 nm を、VBM 評価には光電子収量 (PY) 分光法を適用し、いずれも室温で行った。

【結果と考察】 XRD 測定から、NP と IO ではいずれも anatase 構造を示した。PA 測定から、バンドギャップは両者共 3.2 eV を示し、anatase 構造との対応が見られた。しかし、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 では格子不整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 3.0 eV 近傍にエネルギー幅の広い蛍光が出現するが、それらのピーク位置には差が見られた。一方 IO では 2.2 eV 近傍に幅広い蛍光が出現することから、大きな自己束縛励起子の存在が示唆される。Fig. 2 に、PY 法による VBM の位置を示す。IO の VBM の位置は、NP のそれに比べ 0.14 eV 程高く開放電圧上昇結果に対応する。ここでナノチューブ(NT)型基板の場合も示す。VBM の位置は、IO と NP の中間に位置し、モルフォロジーの違いによる影響が示唆される。[1] T. Toyoda and Q. Shen, *J. Phys. Chem. Lett.* **3**, 1885 (2012). [2] W. Yindeesuk, Q. Shen, S. Hayase, and T. Toyoda, *AIP Adv.* **3**, 102115 (2013).

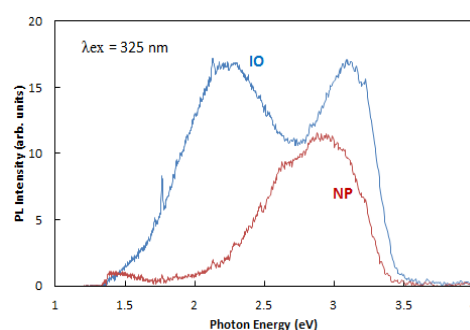
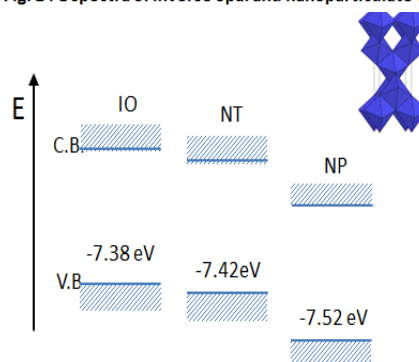
Fig. 1 PL spectra of inverse opal and nanoparticle TiO₂.

Fig. 2 Valence band edge positions