

バンドギャップのチューニングによるNb ドープ酸化チタン/ペロブスカイト太陽電池の高効率化

Efficiency Improvement of Nb-doped TiO₂/Perovskite Solar Cells by Bandgap Tuning

桐蔭横浜大院工¹, 東京大学先端研² °實平 義隆¹, 柴山 直之², 沼田 陽平², 池上 和志¹, 宮坂 力¹

Toin Univ. of Yokohama¹, RCAST, Univ. of Tokyo², °Yoshitaka Sanehira¹, Naoyuki Shibayama², Youhei

Numata², Masashi Ikegami¹, Tsutomu Miyasaka¹

E-mail: sanehira@toin.ac.jp

【緒言】ペロブスカイト太陽電池 (PSCs) の光電変換効率は、認証機関による公証値がついに 23%以上へ到達し、熾烈な開発競争が繰り広げられている。各々の研究で開発した材料について、PSCs の部材としての優位性を示すには、より効率の高いセルを基準に太陽電池特性を改善しうることが示す必要があるが、そのハードルも益々高くなる一方である。これまでの報告において、我々のグループでは水蒸気加熱処理によって製膜した酸化チタン膜が、PSCs に適した高い結晶性とナノ構造を有し^[1]、Nb ドープにより太陽電池特性がさらに向上することを示した^[2]。しかし、ペロブスカイトの光吸収端によって光電流密度が頭打ちとなっており、酸化チタンの伝導帯準位に対してより長波長化できる余地があった。そこで今回、ハロゲン比を調整し、酸化チタン膜の伝導帯準位に合わせたバンドギャップのチューニングにより高効率化に成功したのでこれについて報告する。

【実験】酸化チタン膜は、FTO 基板上に 0-5 mol% 塩化ニオブ/四塩化チタン水溶液をスピンコートにより塗布し、少量の水とともにテフロン容器中に密閉して 125°C、4 時間の水蒸気加熱処理により製膜した。ペロブスカイト層は、(Cs_{0.05}FA_{0.80}MA_{0.15})Pb(Br_{0.45}I_{2.55})/DMF, DMSO 混合溶液を調製し、前駆体の PbBr₂, MABr をそれぞれ PbI₂, MAI に置き換えることでカチオン比を変えることなく、Br/I 比を 0-15 mol% の範囲で変化させた。この上にホール輸送層として *spiro*-OMeTAD を塗布、Au 対極を蒸着して太陽電池とした。

【結果と考察】図 1 に Nb ドープ酸化チタン膜および Br/I 比の異なるペロブスカイト膜について、光吸収スペクトルと紫外光電子分光法により求めたエネルギーダイアグラムを示す。酸化チタン膜では Nb 量に伴うバンドギャップの減少と、伝導帯準位のシフトも見られた。ペロブスカイト膜についても、Br 比が低いほどバンドギャップが小さく、伝導帯準位がシフトしていた。これらの Nb 濃度、Br/I 比の組み合わせで PSCs としたところ、5 mol%-Nb/10 mol%-Br としたときに開放起電圧を低下させることなく光電流密度が増加し、光電変換効率が最大となることが分かった。

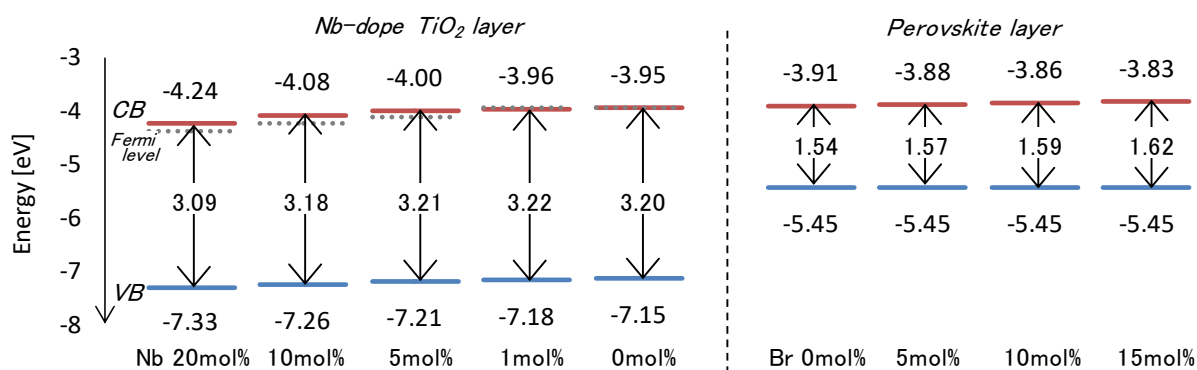


図1. Nbドープ量の異なる酸化チタン膜、およびBr/I比の異なるペロブスカイト膜のエネルギーダイアグラム

[1] Y. Sanehira, Y. Numata, M. Ikegami, and T. Miyasaka, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2018, **10**(20), 17195-17202.

[2] 實平、沼田、池上、宮坂、2018, 第79回応用物理学会秋季学術講演会 21a-432-3.