

結晶配向性を制御した酸化チタン膜上における二次元ペロブスカイト結晶の太陽電池特性

Photovoltaic properties of 2D perovskite crystals prepared on structure and crystalline orientation controlled TiO₂ films

○實平 義隆、沼田 陽平、宮坂 力 (桐蔭横浜大院工)

○Yoshitaka Sanehira, Youhei Numata, Tsutomu Miyasaka (Toin Univ. of Yokohama)

E-mail: sanehira@toin.ac.jp

【諸言】メチルアミンとハロゲン化鉛から合成される有機無機ハイブリッド型ペロブスカイト結晶を用いたペロブスカイト太陽電池(PSC)は、組み合わせる電子・ホール輸送材料、セル構造、作成方法の最適化により 20%を越える光電変換効率が報告されるようになった。一方、有機カチオンとして使用されるメチルアミンは、大気中の水分と反応しやすく、ペロブスカイト層中から容易に離脱するという報告がある。PSCの耐久性を向上させる方法の一つとして、メチルアミンから他のカチオン種への置換があり、中でも疎水性の高い長鎖アルキルアミンを用いることで、高湿度環境下での耐久性の向上が期待される [1]。また、長鎖アルキルアミンを用いると、PbX₆八面体との交互積層により二次元結晶となり、層状構造に従った電荷分離と電荷移動を示すことが知られている。すると、三次元の結晶構造を持つメチルアミン-ハロゲン化鉛ペロブスカイトとは異なり、二次元結晶の配向性が太陽電池特性へと影響を及ぼすものと考えられ、これを制御する必要が生じる。そこで本研究では、ペロブスカイト層の下地となる酸化チタン膜のナノ構造、結晶配向性を制御し、その上に形成される二次元ペロブスカイト層の結晶性や太陽電池特性への影響について検討した。

【実験】結晶配向性を有する酸化チタン膜は、透明導電膜(FTO)付きガラス基板上に酸化チタン粒子を直接成長させることで作成した [2]。まず、FTO 基板上に四塩化チタン水溶液をスピコートし、焼成して酸化チタン緻密膜を形成した。続いて、チタニウムテトラブトキシドを含む塩酸水溶液中で加熱し、酸化チタンナノワイヤ膜を形成した。これらの基板にブチルアミン-ヨウ化鉛溶液、P 型有機半導体(Spiro-OMeTAD)溶液をスピコートし、正極となる Au 膜を蒸着して PSC とした。

【結果】酸化チタンナノワイヤ膜、およびナノ粒子膜(18NRT, Dyesol)を用いてブチルアミン-ヨウ化鉛による PSC を作成したところ、光電変換効率はそれぞれ 0.61 %、0.35 %となった。既報[1]では、ナノ粒子膜上に厚いペロブスカイト層を形成して 0.01 %の光電変換効率を得ているのに対し、本研究では酸化チタン膜と同程度となるよう膜厚を調整している。また、XRD では二次元ペロブスカイト層は基板と並行な層状構造を示し、電荷の移動はこの層構造に従っていると考えられる。ペロブスカイト層中にナノワイヤが貫入し、電荷の移動経路が形成されることで電池特性が向上したと考えられる。

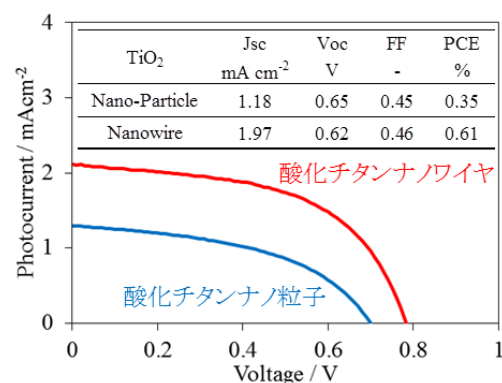


図1. 酸化チタンナノワイヤ、ナノ粒子上にブチルアミン-ヨウ化鉛を担持したセルの太陽電池特性

【参考文献】 [1] D. H. Cao, C. C. Stoumpos, O. K. Farha, J. T. Hupp, M. G. Kanatzidis, JACS. 2015, 137, 7843-7850.
[2] 實平義隆, 沼田陽平, 宮坂力, 第 76 回応用物理学会秋季学術講演会 14P-1G-9.