

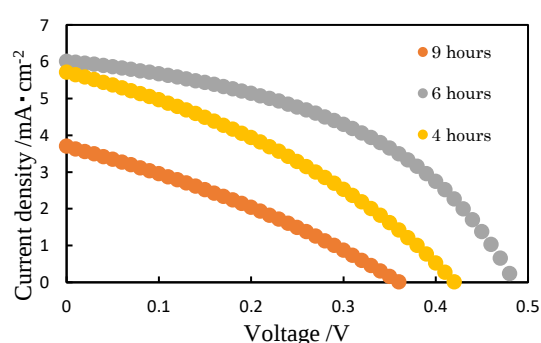
逆オパールナノ構造 TiO_2 を用いた固体型 Sb_2S_3 増感太陽電池に関する研究Study on Sb_2S_3 solid state solar cells with inverse opal nanostructured TiO_2 ○吉原 泰葉¹, 堀 奏江¹, 藤野 秀一朗¹, 豊田 太郎^{1,2}, 早瀬 修二^{2,3}, 沈 青^{1,2}(電通大先進理工¹, JST-CREST², 九工大生命体工³)Yasuha Yoshihara¹, Kanae Hori¹, Shuichiro Fujino¹, Taro Toyoda^{1,2}, Shuji Hayase^{2,3}, Qing Shen^{1,2}(Univ. of Electro-Commun.¹, JST-CREST², Kyushu Inst. Tech.³)

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

[序論] 酸化チタン(TiO_2)は半導体として光触媒や太陽電池に応用されている。その中でも逆オパール(IO: Inverse Opal)構造 TiO_2 電極は従来のナノ粒子(NP: Nano Particle)構造 TiO_2 電極と比べ、規則的な三次元構造を有している。そのため光散乱が大きく、またキャリアの輸送が円滑に行われるなどの点で魅力的であり、増感型太陽電池への応用が期待されている。我々のこれまでの研究より、IO 構造 TiO_2 電極を電子輸送層とした湿式 CdSe 量子ドット増感太陽電池に応用する際に、その開放電圧 V_{oc} (約 0.7 V)は NP 電極の V_{oc} (約 0.5 V)と比べ高い値を示すことが分かった[1]。一方、 Sb_2S_3 は光吸収係数が大きいことや化学溶液析出(CBD: Chemical Bath Deposition)法により簡便に作製できる利点が挙げられ、太陽電池の光吸収層として適用できる[2]。今回は IO 構造 TiO_2 電極を固体型硫化アンチモン(Sb_2S_3) 増感太陽電池へ応用することについて検討した。

[試料作製] 導電性ガラス FTO 基板上に酸化チタンの緻密膜を作り、その上にポリスチレンラテックス(PS)を自己組織化した[2]。そこに Ti 前駆体を充填し、450°C のオーブンで熱処理することによって PS を蒸発させ、酸化チタンの IO 構造が形成された[3]。本研究では直径は約 206 nm の IO 構造ができた。その上に CBD 法で Sb_2S_3 を 4, 6, 9 時間で吸着し、熱処理を加え結晶化した[4]。さらに正孔輸送層として P3HT を充填し、対極として金蒸着を行った。

[結果と考察] 図 1 に Sb_2S_3 の吸着時間が 4, 6, 9 時間の太陽電池の電流-電圧(J - V)特性を示す。表 1 に各種光電変換特性のパラメータを示す。表 1 より光電変換特性は吸着時間に強く依存したことが分かった。 Sb_2S_3 の吸着時間 4 時間の太陽電池よりも 6 時間のもののエネルギー変換効率が向上した理由は(1) Sb_2S_3 の吸着量が増加したことにより光吸収が増加したこと、(2)並列抵抗 R_{sh} が増加し直列 R_s が減少したことなどが挙げられる。一方、9 時間吸着した太陽電池のエネルギー変換効率が低下した主な理由は過剰な Sb_2S_3 吸着による IO 構造の変化や、それに伴う電荷分離効率の低下と電荷再結合が示唆された。現在、詳細なメカニズムについては検討中である。

図 1 Sb_2S_3 吸着時間の異なる太陽電池の J - V 特性表 1 Sb_2S_3 吸着時間の異なる太陽電池の各種光電変換特性パラメータの比較

吸着時間	4 hours	6 hours	9 hours
$J_{sc} / \text{mA} \cdot \text{cm}^{-2}$	5.72	6.01	3.70
V_{oc} / V	0.42	0.49	0.36
FF	0.34	0.45	0.31
PCE / %	0.82	1.3	0.41
R_{sh} / Ω	1000	2500	909.1
R_s / Ω	227.3	138.9	400.0

[1]L. J. Diguna, T. Toyoda et al., *J. Appl. Phys.* **45**, 5563 (2006)[2]S. Srikanth et al., *Advanced in Applied Science Research*, 2(1). 95-104 (2011)[3]X. Zhang, Z. Kang et al., *Energy Environ. Sci.*, **7**, 1409 (2014)[4]S. Nezu et al., *J. Phys. Chem. C* **114**, 6854 (2010)