

逆オパール構造 TiO₂ 光電極を用いた Sb₂S₃ 固体型増感太陽電池 Sb₂S₃ solid state solar cells with inverse opal nanostructured TiO₂

○吉原 泰葉¹, 豊田 太郎¹, 早瀬 修二², 沈 青¹
(電通大先進理工¹, 九工大生命体工²)

Yasuha Yoshihara¹, Taro Toyoda¹, Shuzi Hayase², Qing Shen¹
(Univ. of Electro-Commun.¹, Kyushu Inst. Tech.²)

E-mail : yoshihara@iupiter.pc.ucc.ac.jp

[序論]有機無機ハイブリッド型太陽電池は高い安定性や簡易的な作製が可能であるという優れた点から、次世代太陽電池の候補として挙げられる。硫化アンチモン(Sb₂S₃)は広範囲の波長領域において高い光吸収係数を有し、また環境に優しいことから光吸収層として着目されている。さらに酸化チタン(TiO₂)は増感剤の吸着基板としてだけでなく電子輸送層として重要な役割を持つ。TiO₂の電子輸送層にはナノ粒子(NP : Nanoparticle)構造, ナノワイヤ構造, ナノロッド構造などのいくつかのモルフォロジーがあるが、その中でも逆オパール(IO : Inverse opal)はハチの巣状の特徴的な三次元周期構造を有している。IO-TiO₂の特徴で注目すべき点は、それを電子輸送層として電池化したときに高い開放電圧($V_{oc} = 0.7$ V)を示すということである。この値は従来の NP-TiO₂ を用いた太陽電池と比較してもより高いことが明らかになった[1]。すなわち, FTO/CL/IO-TiO₂/Sb₂S₃/P3HT (試料 a) 構造などの IO-TiO₂ を電子輸送層として用いた Sb₂S₃ 固体型増感太陽電池は NP-TiO₂ を用いたものよりも、より優れた光電変換特性を持つ可能性がある。ここで CL と P3HT はそれぞれ短絡防止膜および有機正孔輸送層を表す。しかし IO-TiO₂ はとても脆いことから、高い V_{oc} を保つためには構造を維持する必要がある。そこで IO-TiO₂ 構造を変形する要因を追求するため、新たに構成を変えた太陽電池を作製した。それらは FTO/CL/IO-TiO₂/P3HT (試料 b) および FTO/CL/Sb₂S₃/P3HT (試料 c) である。これらの光電変換特性について比較・考察を行った。

[試料作製] 導電性ガラス FTO 基板上に TiO₂ の緻密膜を作製し、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を行うことによって PS を蒸発させ、IO-TiO₂ を作製した[3]。その上に化学溶液析出法で Sb₂S₃ を任意時間吸着し、熱処理を加えて結晶化した[4]。さらに P3HT を充填し、対極として金蒸着を行った。デバイス構造はそれぞれ a, b, c である 3 種類の太陽電池を作製した。

[結果と考察] 図 1 は IO-TiO₂ 上に 4 時間 Sb₂S₃ を吸着した試料の SEM の観察像である。表 1 にデバイス構造 a, b, c の 3 種類太陽電池の光電変換特性を示す。図 1 に赤色で塗りつぶした部分は Sb₂S₃ であり、周囲を取り巻く IO-TiO₂ の大きさと比較してはるかに大きい。これより Sb₂S₃ が IO-TiO₂ の構造変化に影響していることが示唆された。また光電変換特性により興味深い結果が得られた。表 1 より試料 a, b を比較すると、b は短絡電流密度 (J_{sc}) が小さいにもかかわらず V_{oc} が大きい。さらに並列抵抗 R_{sh} は試料 b において顕著に大きな値となったことがわかった。この結果は IO-TiO₂ が関わっているのではないかと考えられる。現在、詳細な考察については検討中である。

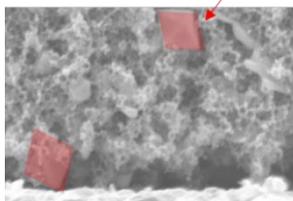


図 1 IO-TiO₂ 上の Sb₂S₃ (4 時間吸着)

表 1 太陽電池 a, b, c の光電変換特性

試料	J_{sc} (mA·cm ⁻²)	V_{oc} (V)	PCE	R_s (Ω)	R_{sh} (Ω)
a	7.47	0.37	0.91	172.4	588.2
b	1.52	0.52	0.38	555.5	11111.1
c	9.17	0.53	1.50	270.3	714.3

[1] L. J. Diguna et al., *Appl. Phys. Lett.* **91**, 023116 (2007). [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)