

# 固体型 $\text{Sb}_2\text{S}_3$ 太陽電池の各界面における再結合過程の評価

## Clarifying the recombination processes at each interface of

### $\text{Sb}_2\text{S}_3$ sensitized solid state solar cells

○山崎 康平<sup>1</sup>, 藤野 秀一郎<sup>1</sup>, 豊田 太郎<sup>1,3</sup>, 尾込 裕平<sup>2,3</sup>, 早瀬 修二<sup>2,3</sup>, 沈 青<sup>1,3</sup>

(電通大先進理工<sup>1</sup>, 九工大生命体工<sup>2</sup>, JST CREST<sup>3</sup>)

○K. Yamazaki<sup>1</sup>, S. Fujino<sup>1</sup>, T. Toyoda<sup>1,3</sup>, Y. Ogomi<sup>2,3</sup>, S. Hayase<sup>2,3</sup>, Q. Shen<sup>1,3</sup>

(Univ. of Electro-commun.<sup>1</sup>, Kyushu Inst. Tech.<sup>2</sup>, JST CREST<sup>3</sup>)

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

【背景】  $\text{Sb}_2\text{S}_3$  は光吸収特性に優れ、よく用いられる増感半導体(CdSe, PbS, CdS)と比較して毒性が無い等の特長を持つ。その為、 $\text{Sb}_2\text{S}_3$  を用いた太陽電池に関する研究が盛んである。近年その光電変換効率は7.5%<sup>1)</sup>に達しており、固体型増感太陽電池の中では高い水準にある。しかし、理論限界効率の30%と比べると、未だ低い値である。光電変換効率を向上させるためには、どこでエネルギーが多く失われているかを知る事が重要となる。しかし、 $\text{Sb}_2\text{S}_3$  固体型増感太陽電池は電子輸送層 ( $\text{TiO}_2$ ) / $\text{Sb}_2\text{S}_3$ /ホール輸送層 (P3HT) といった構造を有し、3種の物質と2種の界面が同時に存在するため、変換効率が低い原因の同定は困難である。本研究では構造を簡略化したデバイスを作製することにより、 $\text{TiO}_2/\text{Sb}_2\text{S}_3$  と  $\text{Sb}_2\text{S}_3/\text{P3HT}$  両界面を分離し、それぞれの界面における再結合過程を評価した。

【試料作製】 FTO 基板の上に n 型半導体となる  $\text{TiO}_2$  緻密膜を作製し、CBD 法で  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ (i 型半導体)を  $\text{TiO}_2$  緻密膜上に吸着させた。その後、 $\text{Sb}_2\text{S}_3$  上に P3HT を p 型半導体としてスピコートし、金を対極として蒸着させた。n-i 界面と i-p 界面を分離して評価するため、表 1 に示す 3 種類のデバイスを作製した。

【評価手法】 各界面での再結合を評価するため、 $V_{oc}$  の入射光強度依存性を計測した。励起光の強度は  $1\text{-}100\text{mW}/\text{cm}^2$  を用いた。入射光強度を  $I$ , ボルツマン定数を  $k$ , 温度を  $T$  とすると、理論的には  $V_{oc} \propto (skT/q) \times \ln(I)$  が成立する<sup>2)</sup>。また  $s$  は ideality factor と呼称されている。 $s=1$  である時は光励起電子と正孔の直接再結合のみが発生しており、1 より大きくなるにつれて欠陥を介した再結合が多く発生していると見積もることができる。本研究では表 1 に示すデバイスの  $s$  を求め、比較と考察を行った。

【結果と考察】 各試料における  $V_{oc}$  の入射光強度依存性を図 1 に示す。図 1 から求めた  $s$  を比較すると、i-p 界面において欠陥を介した再結合が支配的に起こっている事が分かった。すなわち、 $\text{Sb}_2\text{S}_3$  固体型増感太陽電池では、 $\text{Sb}_2\text{S}_3/\text{P3HT}$  (i-p) 界面においてエネルギーが多く失われていることが示唆された。今後は、欠陥を介した再結合が多い i-p 界面における欠陥特性について詳しく評価し、再結合を抑制する手法を検討する予定である。

表 1 作製した試料

試料名	試料構造
n-i	FTO/ $\text{TiO}_2$ / $\text{Sb}_2\text{S}_3$ /Au
i-p	FTO/ $\text{Sb}_2\text{S}_3$ /P3HT/Au
n-i-p	FTO/ $\text{TiO}_2$ / $\text{Sb}_2\text{S}_3$ /P3HT/Au

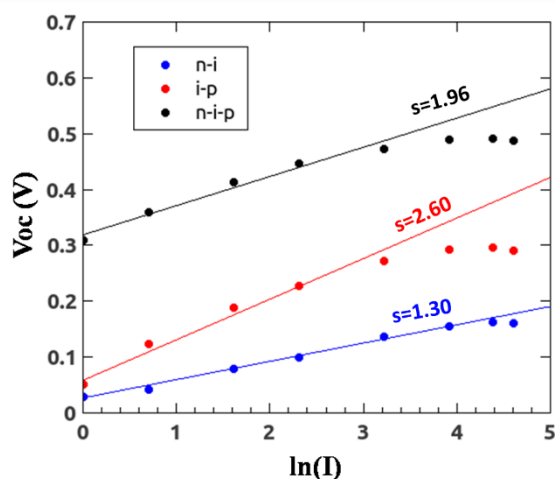


図 1 各入射光強度毎の  $V_{oc}$  と ideality factor

[1] Choi. Y. C., et al., *Adv. Funct. Mater.* **24**, 3587 (2014).

[2] Gao. F. et al., *ACS Nano.* **8**, 3213 (2014).