Ag-Bi-I からなる太陽電池の組成比スクリーニングと素子特性

Compositional Screening of Ag-Bi-I Solar Cell and Device Characterization

阪大院工¹, ^O(M1)伊豫田 文也¹, 西久保 綾佑¹, 佐伯 昭紀^{1,2}

Osaka Univ.¹, JST-PRESTO² °Fumiya Iyoda¹, Ryosuke Nishikubo¹, Akinori Saeki^{1, 2}

E-mail: saeki@chem.eng.osaka-u.ac.jp

近年、低毒・安価・溶液プロセスが可能な非鉛ペロブスカイト系材料の探索が精力的に進めら れている。代表的な金属として Sn、Bi、Cu、Ag、Ga、Ge が挙げられ、中でも Ag-Bi-I から構成 される材料は 3D ペロブスカイトとは異なる結晶構造を有し、1~4%の変換効率が報告されている ^[1-3]。その組成は任意の割合で作製することができる一方で、最高変換効率を示す組成は AgBiI4、 AgBi₂I₇、Ag₂BiI₅、Ag₃BiI₆など必ずしも一定ではない。さらにその結晶構造やエネルギー準位、光 電気特性はあまり解明されていない。

そこで本研究では、時間分解マイクロ波伝導度測定法 (time-resolved microwave conductivity: TRMC)^[4]を用いて Ag-Bi-Iの組成比を細かく変化させた膜の光電気特性を評価し た。マイクロ波をプローブとしているため電極を用いる必要 がなく、不純物や界面の影響を受けにくいため材料の本質的 な特性を評価することができる点が特徴である。また、デバ イスを作成する必要が無いため、安定・高速スクリーニング に適している。500 nm 励起 TRMC で得られた量子収率(φ) と局所電荷キャリア移動度の和($\Sigma\mu$)の積の最大値($\varphi\Sigma\mu_{max}$) と、過渡伝導度の半減期($\tau_{1/2}$)の積を Bi のモル比(Bi (Bi+Ag)⁻¹) に対してプロットすると、Bi の割合が 12–50mol%の範囲で高 い値を示した(Fig. 1)。次いで、FTO/mpTiO₂/Ag-Bi-I/ PTB7/MoO_x/Ag 構造の素子を作製・評価したところ、TRMC の結果と素子性能に相関が見られた。

この相関の詳細を明らかにするため、結晶構造やモルフォ ロジーの変化をX線回折 (XRD)、原子間顕微鏡 (AFM)を 用いて観察した。また、価電子帯準位を光電子収量分光測定 装置 (photoelectron yield spectroscopy: PYS)を用いて評価し、 バンドギャップを紫外可視吸収スペクトル (UV-vis)で測定 することで伝導帯準位を定量した。AgBil₇ およびリファレン ス材料として Bil₃、AgI、TiO₂、PTB7 のエネルギー準位図を **Fig. 2**に示す。また、溶媒添加剤による素子性能の効果につい ても報告する。



Figure. 1 Plot of $\varphi \Sigma \mu_{max} \times \tau_{1/2}$ (cm²V⁻¹) vs Bi/(Ag+Bi) (%) of Ag-Bi-I films evaluated by using TRMC (excitation at 500 nm).



Figure 2. Energy diagram of Ag-Bi-I semiconductors along with the reference materials.

References.

- [1] Y. Kim, Z. Yang, A. Jain, O. Voznyy, G.-H. Kim, M. Liu, L. N. Quan, F. P. G. de Arquer, R. Comin, J. Z. Fan, E. H. Sargent, Angew. Chem. Int. Ed. 2016, 55, 9586.
- [2] H. Zhu, M. Pan, M. B. Johansson, E. M. J. Johansson, ChemSusChem 2017, 10, 2592.
- [3] I. Turkevych, S. Kazaoui, E. Ito, T. Urano, K. Yamada, H. Tomiyasu, H. Yamagishi, M. Kondo, S. Aramaki, *ChemSusChem* **2017**, 10, 3754.
- [4] A. Saeki, S. Yoshikawa, M. Tsuji, Y. Koizumi, M. Ide, C. Vijayakumar, S. Seki J. Am. Chem. Soc. 2012, 134, 19035.