

未来社会創造事業（探索加速型）
「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域
終了報告書（探索研究）

令和3年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名: 白井 康裕]

[所属: 物質・材料研究機構 エネルギー・環境材料研究センター・主幹研究員]

[研究開発課題名: 低環境負荷超高効率ペロブスカイト太陽電池の開発]

実施期間: 令和3年10月1日～令和6年3月31日

§1. 研究実施体制

(1)「白井」グループ(物質・材料研究機構)

① 研究開発代表者: 白井 康裕 (物質・材料研究機構 エネルギー・環境材料研究センター、主幹研究員)

② 研究項目

- ・鉛フリーペロブスカイト太陽電池開発
- ・新規タンデム構造の試作

(2)「石川」グループ(東京都市大学)

① 主たる共同研究者: 石川 亮佑 (東京都市大学 総合研究所、准教授)

② 研究項目

- ・新規インターフェース層開発
- ・耐久性評価

§2. 研究開発成果の概要

本研究では、鉛フリーの低環境負荷材料を用いた広バンドギャップと狭バンドギャップを有するペロブスカイト太陽電池について、タンデム太陽電池の構成要素としての可能性を示すために、材料科学、デバイス物理、評価分析技術を駆使し、研究を遂行する。達成すべき事項は、(1)低環境負荷材料を用いた各バンドギャップ仕様のペロブスカイト太陽電池の性能向上、(2)オールペロブスカイト構成に適した新規タンデム構造の実現、(3)信頼性加速試験の決定に資するペロブスカイトセルの劣化要因の同定と制御である。

本年度は FASnI_3 系ペロブスカイトについて、前年度で検証した疑似ハロゲン化合物を用いた鉛フリーペロブスカイト材料に対して、ハロゲン置換も取り入れる事で広バンドギャップ化を進めた。まだ得られる効率と安定性は限定的であるが、鉛ペロブスカイト太陽電池と同様に広バンドギャップ化が可能な事を確認した。また、ハロゲン置換による効率と安定性低下の防止対策として、これまでに見出した表面パッシベーション及び Bulk パッシベーション効果を期待できる分子の探索も継続して進め、効率 10%超を維持した状態で電圧 1V 超の達成を目指した。具体例としては、 FASnI_3 ペロブスカイトの前駆体溶液において、嵩高いグアニジン系の分子である 1,3-diaminoguanidine monohydrochloride (DAGCI) の添加が Sn の酸化防止やヨウ素欠陥などの電子的欠陥の抑制に寄与する事を発見した。DAGCI 添加濃度を最適化した系では、約 9% の変換効率が安定して得られ、1100 時間後でも初期効率の 95% を維持する事ができた 1、2)。この他にも本プロジェクトでの多様な FASnI_3 系ペロブスカイト安定性向上への取組みが奏功し、直近では第三者機関(AIST)の計測にて 12.08% の変化効率を示す極めて安定性に優れた鉛フリーペロブスカイト太陽電池の実現に至った。

【代表的な原著論文情報】

1. M. Abdel-Shakour, K. Matsuishi, T. H. Chowdhury, A. Islam, Regulated oxidation and moisture permeation via sulfinic acid based additive enables highly efficient and stable tin-based perovskite solar cells. *Solar Energy Materials and Solar Cells* **254**, 112241 (2023).
2. M. A. Karim *et al.*, Additive-Assisted Electronic Defect Passivation in Lead-Free Tin Perovskite Solar Cells: Suppression of Sn^{2+} Oxidation and I- Losses. *ACS Appl. Energy Mater.* **5**, 15038-15047 (2022).
3. D. B. Khadka, Y. Shirai, M. Yanagida, T. Tadano, K. Miyano, Alleviating Defect and Oxidation in Tin Perovskite Solar Cells Using a Bidentate Ligand. *Chemistry of Materials* **35**, 4250-4258 (2023).