

## 長期安定な鉛フリー- $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ 薄膜および太陽電池の 基礎光学特性と光キャリア損失機構

### Fundamental Optical Properties and Photocurrent Loss Mechanisms in Long-Term Stable Lead-Free $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ Thin Films and Solar Cells

京大化研<sup>1</sup>, CEREBA<sup>2</sup> ◯半田岳人<sup>1</sup>, 山田琢允<sup>1</sup>, 久保田広文<sup>2</sup>, 伊勢翔吾<sup>2</sup>, 宮本佳洋<sup>2</sup>, 金光義彦<sup>1</sup>  
Kyoto Univ.<sup>1</sup>, CEREBA<sup>2</sup> ◯T. Handa<sup>1</sup>, T. Yamada<sup>1</sup>, H. Kubota<sup>2</sup>, S. Ise<sup>2</sup>, Y. Miyamoto<sup>2</sup>, Y. Kanemitsu<sup>1</sup>

E-mail: handa.taketo.86r@st.kyoto-u.ac.jp

近年、塗布法で作製できる上に優れた光電特性を示すハロゲン化金属ペロブスカイト半導体が、新しい太陽電池材料として注目を集めている。特に、鉛ペロブスカイト太陽電池において高い光電変換効率が実現されているが、鉛を含有する点が幅広い応用に向けた問題となっている。そこで、スズを用いた鉛フリーペロブスカイトの研究が活発に行われるようになった。スズペロブスカイト薄膜および太陽電池の製膜法・デバイス構造については多くの検討が重ねられ、現在では9%に及ぶ変換効率が報告されている[1]。一方、スズペロブスカイトの本質的な光学特性に関する研究は非常に少ない。その詳細な理解は太陽電池の更なる変換効率向上のために不可欠である[2]。そこで我々は、吸収・時間分解発光 (PL)・共鳴励起 PL を用いて、 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$  ( $\text{MASnI}_3$ ) 薄膜および太陽電池の光学応答および光キャリア損失機構を、 $\text{SnF}_2$  添加の効果を含めて評価した。

太陽電池の構造としては順型構造を採用し、薄膜・太陽電池ともに  $\text{SnF}_2$  有り・無しの試料を作製した。封止構造により長期安定性を有する試料が実現でき、詳細な光学特性評価が可能となった。 $\text{MASnI}_3$  ( $\text{SnF}_2$  有) 薄膜の吸収スペクトルは 1.25 eV から急峻な立ち上がりを示したが、 $\text{MASnI}_3$  ( $\text{SnF}_2$  無) 薄膜は 1.3 eV 程度からゆるやかな変化を示した。PL スペクトルを合わせて考慮することで、この結果が、 $\text{MASnI}_3$  ( $\text{SnF}_2$  無) 薄膜に多量に存在する正孔[1]により、価電子帯頂点付近の状態が占有されることによる Burstein-Moss 効果で説明できることを初めて示した[3]。また、 $\text{SnF}_2$  の添加により薄膜内のキャリア寿命が 1 桁以上増加し、光キャリアの電荷輸送層への移動効率が約 80% まで向上することで、 $\text{SnF}_2$  を用いたデバイスの特性改善につながることを解明した[3]。さらに共鳴励起 PL および PL の温度依存性から、 $\text{MASnI}_3$  の室温付近における支配的なキャリア散乱機構は電子-光学フォノン散乱であることがわかった。

以上の研究で明らかになったスズペロブスカイトの基礎物性を鉛ペロブスカイトと比較し、太陽電池応用へのポテンシャルを議論する。

本研究の一部は、JST-CREST(JPMJCR16N3)、NEDO、日本学術振興会(17J09650)の援助による。

#### References

- [1] M. H. Kumar *et al.*, *Adv. Mater.* **26**, 7122 (2014); S. Shao *et al.*, *Adv. Energy Mater.* 1702019 (2017).
- [2] T. Handa *et al.*, *Opt. Express* **24**, A917 (2016); T. Handa *et al.*, *J. Phys. Chem. Lett.* **8**, 954 (2017); Y. Kanemitsu, *J. Mater. Chem. C* **5**, 3427 (2017); Y. Yamada *et al.*, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **90**, 1129 (2017).
- [3] T. Handa *et al.*, *J. Phys. Chem. C* **121**, 16158 (2017).