

高速スクリーニング法による新規鉛フリー材料探索と光電気物性

Exploring Lead-Free Materials by Using Ultrafast Screening and Investigation on Their Optoelectronics

阪大院工¹, JST-さがけ², ○(D)西久保 綾佑¹, 佐伯 昭紀^{1,2}

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

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

CH₃NH₃PbI₃を組成式とする有機鉛ハライドペロブスカイトは、その高い光電変換機能と低コストから実用化に向けた研究が活発になっている。しかし生体に毒性のある鉛の含有が問題とされ、最近では鉛をスズに置き換えたスズ系ペロブスカイトも注目されているが、非常に酸化されやすいという欠点を持ち^[1]、変換効率上昇は難航している。一方、ビスマスやアンチモンを構成元素とした新たなペロブスカイト材料や非ペロブスカイト材料の報告も増えつつあり、3~7%の効率が報告されている。そこで、本研究では時間分解マイクロ波伝導度 (time-resolved microwave conductivity: TRMC) 法を用いた高速スクリーニングにより、新たな鉛フリー光電変換材料の探索を行った。特に Xe-flash lamp からの白色光パルスを用いた TRMC 法 (Xe-flash TRMC) では、素子性能と相関する光吸収特性・電荷分離効率・電荷キャリア移動度・キャリア寿命を含む信号を素子作製なしで簡便かつ迅速に評価でき、有機薄膜太陽電池材料の高速スクリーニングに用いてきた^[2]。したがって、多くの有機無機ハイブリッド材料の本質的な光電気特性をスクリーニングする上で、非常に有用な手段といえる。

探索の対象としては、ビスマス・アンチモン系材料を中心とし、有機金属ハライド材料からカルコゲナイド材料まで広く検討した (Fig. 1)。ハライド系材料は最新の報告を参考にして溶液プロセスにより成膜し、カルコゲナイド材料は新規に開発した高品質プロセス (CASC) 法で成膜した試料も検討した^[3]。これらのサンプルについて TRMC 測定を行ったところ、Ag-In-S 系や Ag-Bi-S 系、CH₃NH₃SbSI₂ 等の複数のサンプルで特に高いシグナルが得られ、潜在的に優れた光電変換機能を有していることがわかった (Fig. 2)。同様に、光電子収量分光 (PYS) を用いた価電子帯準位の評価や光電流測定による過渡電流評価を行い、長距離・短距離の電荷輸送特性を評価した。当日はこれらの結果に加え、非鉛材料の展望についての考察を述べる。

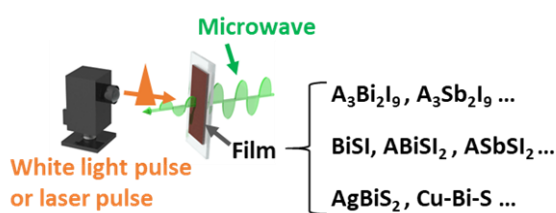


Fig. 1 Schematic of TRMC screening of lead-free materials.

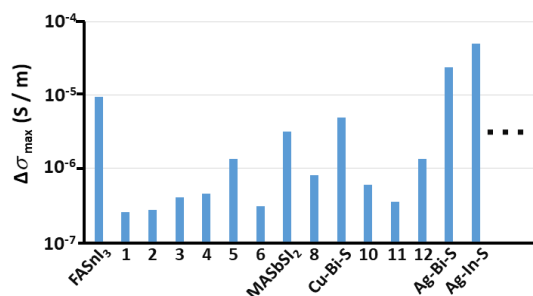


Fig. 2 Material screening results using Xe-flash TRMC. The vertical axis is the logarithmic of transient conductivity maximum ($\Delta\sigma_{\max}$).

[1] R. Nishikubo, N. Ishida, Y. Katsuki, A. Wakamiya, A. Saeki, *J. Phys. Chem. C*, **2017**, *121*, 19650.

[2] A. Saeki, S. Yoshikawa, et al., *J. Am. Chem. Soc.* **2012**, *134*, 19035.

[3] R. Nishikubo, A. Saeki, *Manuscript submitted*.