鉛およびスズ系ペロブスカイト太陽電池における開放電圧の損失機構

Loss Mechanism of Open-Circuit Voltage in Lead- and Tin-Based Perovskite Solar Cells

京大院工 [1], 京大化研 [2] °Hyung Do Kim[1], 若宮 淳志 [2], 大北 英生 [1]

Kyoto Univ.[1], ICR, Kyoto Univ.[2] °Hyung Do Kim[1], Atsushi Wakamiya[2], Hideo Ohkita[1]

E-mail: hyungdokim@photo.polym.kyoto-u.ac.jp

［緒言］鉛系ペロブスカイト太陽電池は、エネルギー変換効率 22%以上にまで急速に向上し、次世代のエネルギー源として注目を集めている。一方、鉛に代えてスズを用いたスズ系ペロブスカイト太陽電池は、環境負荷が少ないため実用化の観点からみると魅力的な素子である。しかしながら、スズ系太陽電池のエネルギー変換効率は現状 9%程度に留まっており、鉛系に比べて低い値を示している。本研究では、鉛系およびスズ系ペロブスカイト太陽電池における開放電圧（V_{OC}）の温度依存性を測定し、両素子の電荷の再結合機構を比較しながら定量的に検討した。

［実験］鉛系ペロブスカイト太陽電池は、solvent engineering 製膜法と two-step sequential 製膜法を採用し、それぞれ以下のような二種類の素子構造のペロブスカイト太陽電池を作製した。一方、スズ系ペロブスカイト太陽電池では、solvent engineering 製膜法を用いて負極としてナノポーラスな TiO_2 多孔膜上に素子を作製した。

FTO/d-TiO_2/$CH_3NH_3PbI_3$/spiro-OMeTAD/Au

FTO/d-TiO_2/mp-TiO_2:$CH_3NH_3PbI_3$/spiro-OMeTAD/Au

FTO/d-TiO_2/mp-TiO_2:$CH_3NH_3SnI_3$/PTAA/Au

［結果と考察］図 1 に、鉛系およびスズ系ペロブスカイト太陽電池の V_{OC} の温度依存性の結果を示す。活性層の実効的なバンドギャップ（E_g^{eff}）は、$qV_{OC} = E_g^{eff} - k_BT\ln(J_{00}/J_{SC})$の関係式を用いて、$T$ = 0 K での外挿値から求めた。鉛系の素子では、バンドギャップ E_g と E_g^{eff} がほぼ一致しており、温度に依存する損失項のみが存在するのに対して、スズ系素子では、E_g と E_g^{eff} との差が存在し、温度に依存しない大きな損失項と温度に依存する小さな損失項の両方が存在することを見出した。これらの違いを電荷再結合機構に基づいて議論する。

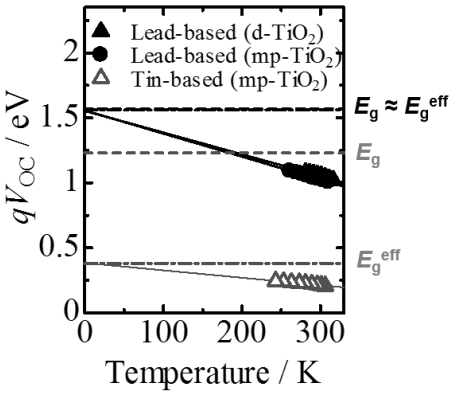

Figure 1. Temperature dependence of qV_{OC} for both lead- and tin-based perovskite solar cells. The broken and dashed–dotted lines represent a bandgap energy (E_g) and an effective bandgap energy (E_g^{eff}), respectively.

［謝辞］この成果の一部は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務の結果得られたものです。

References

[1] H. D. Kim, Y. Miyamoto, H. Kubota, T. Yamanari, and H. Ohkita, *Chem. Lett.*, **2017**, *46*, 253.

[2] H. D. Kim, N. Yanagawa, A. Shimazaki, M. Endo, A. Wakamiya, H. Ohkita, H. Benten, and S. Ito, *ACS. Appl. Mater. Interfaces*, **2017**, *9*, 19988.

© 2018年 応用物理学会