

ヘテロ界面構造と Sn 系混合金属ペロブスカイト太陽電池

Heterointerface architecture of perovskite solar cells and enhancement of efficiency for SnPb mixed metal perovskite solar cells

尾込祐平¹、沈青²、豊田太郎²、吉野賢二³、峯元高志⁴

九州工大¹、電通大² 宮崎大³、立命館大⁴

Yuhei Ogomi¹, Shen Qing², Taro Toyoda², Kenji Yoshino³, Takashi Minemoto⁴,

Kyushu Inst. Tech.¹, U. Electro-communications², U. Miyazaki³, Ritsumeikan U.⁴

E-mail: hayase@life.kyutech.ac.jp

1. はじめに

ハロゲン化 Pb ペロブスカイト太陽電池(Pb-PVK-PV)の公認効率は 19.6% (1cm² KRICT/UNIST)である¹⁾。V_{loss}を 0.4V と仮定するとバンドギャップが 1.4eV のペロブスカイト吸収層を用いると最高効率が得られる。PVK としてよく用いられる Pb-PVK のバンドギャップは 1.55eV 程度であり、バンドギャップを 1.4eV 程度に狭くするためには光吸収端を 900nm 程度まで長波長化しなければならない。そのための一つのアプローチが SnPb 混合金属ペロブスカイト(SnPb PVK)を用いる方法であるが、順構造型 SnPb ペロブスカイト太陽電池の効率は 5 %程度と低かった。Voc のロス(V_{loss})は 0.9V と大きく、その原因を突き止めることが高効率化の重要な研究課題であった。

2. ポーラスチタニアと SnPb-PVK の界面構造と V_{loss} の関係

我々はすでにポーラスチタニアと Pb-PVK 層のヘテロ界面で Ti-O-Pb 結合が形成され、チタニア表面のキャリアトラップ密度が減少していることを報告している²⁾。一方 SnPb-PVK とチタニアの界面は Ti-O-Pb および Ti-O-Sn 結合でパッシベーションされていることがわかった。しかし Ti-O-Sn でパッシベーションした場合には Ti-O-Pb の場合と逆にトラップ密度が増加していることがわかった。モデル素子としてチタニアとペロブスカイトヘテロ界面に Ti-O-Pb 結合または Ti-O-Sn 結合を挿入した Pb-PVK 太陽電池(どちらも光吸収層は Pn-PVK 層)の特性を比較すると、後者の性能が大きく低下することがわかった。つまりヘテロ界面に生成する Ti-O-Sn 結合が電荷再結合中心として働き V_{loss} を大きくし太陽電池性能の向上を妨げていると考えられた。そこでチタニア/PBK ヘテロ界面を持たない逆構造の太陽電池を作製したところ、V_{loss} が 0.45eV と小さくなり、効率は 16%まで向上した。

3. 結論

ヘテロ界面に形成される Ti-O-Sn 結合を取り除くことにより V_{loss} は 0.45V と小さくなり、効率は 5%から 16%へと大きく向上した。バンドギャップを最適化することにより SnPb-PVK-PV は高効率太陽電池としてのポテンシャルをもつことがわかった。

本研究成果の一部は NEDO および CREST プロジェクトの成果である。

参考文献

1. Green M. A.; Emery K.; Hishikawa Y.; Warta W.; Dunlop E. D., Prog. Photovolt: Res. Appl. 2016;24:905-913.
2. Nakayashiki S.; Hirotani D.; Ogomi Y.; Hayase S., Journal of Photonics for Energy 2015, 5, 057410-1-057410-7.