

化学で進化するペロブスカイト太陽電池

(桐蔭横浜大) ○宮坂 力

Pervskite solar cells that has evolved through chemistry
(Toin University of Yokohama) ○Tsutomu Miyasaka

Various methods of improving the interface between the perovskite and the charge transportation layer using organic materials to enhance the efficiency and durability of the perovskite solar cells are implemented, including surface passivation, and has achieved good results. In addition, studies have been undergoing a recent trend that modifies the interface using a self-assembled monolayer (SAM) film without using charge transport materials. These are interfacial modification using chemical reactions. In the lectures, I will focus on the structural modification method of perovskite solar cells using these chemical reactions, and describe future potential.

Keywords : perovskite solar cell, interface, self-assembled monolayer

ペロブスカイト太陽電池の高効率化を牽引する化学技術として注目すべきものが、結晶表面の不純物欠陥を不活性化・保護する passivation 技術である。この passivation 技術が進んだことで、光励起電荷の再結合を抑制して光発電の開回路電圧 (V_{oc}) が高まりエネルギー変換効率が向上した。筆者らの方法では、有機無機ハイブリッドペロブスカイト ($\text{Cs}_{0.05}(\text{FA}_{0.83}\text{MA}_{0.17})\text{Pb}(\text{I}_{0.95}\text{Br}_{0.05})_3$ (バンドギャップ 1.51 eV) の V_{oc} はペロブスカイトと正孔輸送層の界面の分子層の改質によって 1.19 V まで高まり¹⁾、無機ペロブスカイト CsPbI_2Br (バンドギャップ, $E_g=1.9\text{ eV}$) では SnO_2 電子輸送層の表面を非結晶 SnO_x のナノシート (厚さ < 5 nm) で覆う方法で V_{oc} が 1.42 V まで向上、 V_{oc} に支えられて変換効率は低照度(屋内 LED 照明)の 200 lx の光量下では 34% まで高まる。結晶内のヨウ素欠陥を 2,5-thiophenedicarboxylic acid で保護する方法では、 $\text{CsPbI}_{1.5}\text{Br}_{1.5}$ ($E_g=1.91$) のセルで V_{oc} 1.51 V、 CsPbIBr_2 ($E_g=1.97$) のセルでは V_{oc} 1.54 V が得られる²⁾。最近の研究では、電子輸送層、正孔輸送層を無くしたセル構造が高効率を達成しており、電極とペロブスカイト層の界面に双極子 (dipole) を形成して電荷輸送を制御 (整流) する単分子膜を、自己組織化法によって導入することで、効率と耐久性が改善されている (図 1)³⁾。この方法は今後、セル構造をよりシンプル化して安価にする目的で活発化する。筆者らも新たな界面設計の方法を考案しており、講演で紹介する。

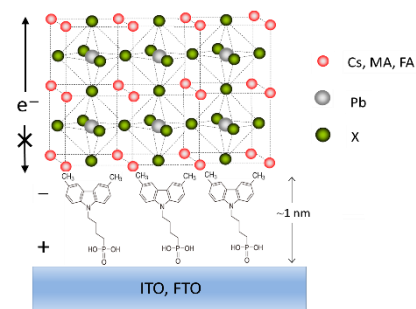


図1 リン酸化合物 (Me-4PACz) の単分子層による界面の改質

1. G. M. Kim, et al. *Adv. Energy Mater.* **2021**, 2102856
2. Z. Guo, et al. *ACS Energy Lett.* **2023**, 8, 90.
3. 宮坂、ペロブスカイト太陽電池、共立出版 2024 年