

ペロブスカイト太陽電池の素子特性の粒径依存性

Grain Size Effects on Photovoltaic Performance of Perovskite Solar Cells

京大院工.¹, JST さきがけ², °Hyung Do Kim¹, 大北英夫^{1,2}, 辨天宏明¹, 伊藤紳三郎¹Kyoto Univ.¹, JST PRESTO², °Hyung Do Kim¹, Hideo Ohkita^{1,2}, Hiroaki Bente¹, Shinzaburo Ito¹

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

$\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ (MAPbI₃)や $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_{3-x}\text{Cl}_x$ (MAPbI_{3-x}Cl_x)などのペロブスカイト化合物を用いたペロブスカイト太陽電池は、次世代のエネルギー源として活発に研究されており、過去数年で光電変換効率が 3.8 から 20%超までに急激に向上している。ペロブスカイト化合物は、高い吸光係数や移動度を有し、~100 nm 以上の長いキャリア拡散長、室温エネルギー程度の低い励起子束縛エネルギー、速い電荷生成、遅い電荷再結合など、優れた光電子特性を示すことが明らかにされつつある。一方、ペロブスカイト活性層の製膜条件は活性層のモルフォロジーだけでなく、素子特性にも大きく影響を与え、同じ製膜条件で作製したデバイスでさえ、素子特性が異なるといった報告がなされている。これらは、ペロブスカイト微結晶の成長速度を制御できていないことが原因であると考えられる。

本研究では、Fast Deposition–Crystallization^[1]という製膜手法を用いて平滑な MAPbI₃ 層を作製した。さらに、FTO/dense-TiO₂ 基板上に MAPbI₃/spiro-OMeTAD 層を製膜し、真空蒸着により Au 電極を積層することで素子を作製した。図 1 に示すように、ペロブスカイトの粒径は溶液濃度に対して比例関係を示すことが分かった。25 wt%の溶液では~100 nm、45 wt%の溶液では~300 nm、55 wt%の溶液では~500 nm の粒径の微結晶が得られた。図 2 に示すように、粒径が増加するにつれて、素子特性の全てのパラメータが向上することが分かった。その結果、粒径が 500 nm のときに素子特性は最大となり、エネルギー変換効率 PCE = 19.4%、短絡電流 $J_{\text{SC}} = 23.9 \text{ mA cm}^{-2}$ 、開放電圧 $V_{\text{OC}} = 1.08 \text{ V}$ 、形状因子 FF = 0.750 を示した。得られたデバイス特性の粒径依存性について、キャリア再結合ダイナミクスの観点から議論を行う。

Reference

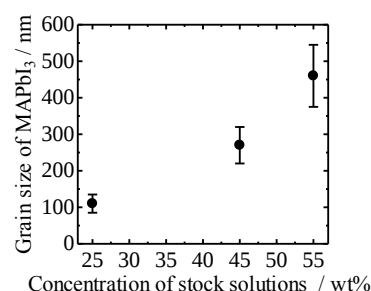
[1] M. Xiao et al., *Angew. Chem.*, **2014**, 126, 10056.

Figure 1. Grain size of MAPbI₃ perovskite films plotted against the concentration of stock solutions.

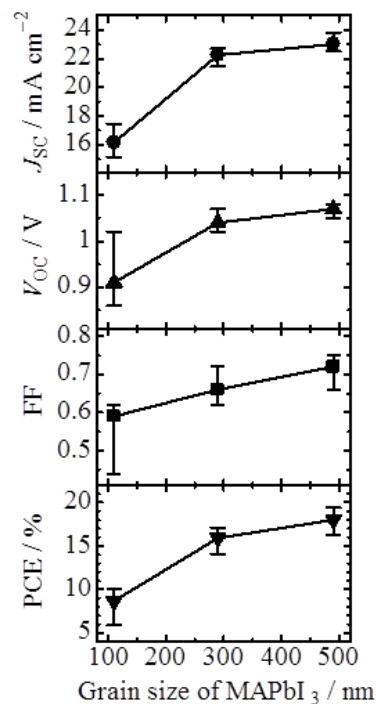


Figure 2. Device parameters of MAPbI₃ perovskite solar cells.