

# フルオロアルキルアミンのハロゲン化水素酸塩を添加剤として用いたペロブスカイト太陽電池

小野澤 伸子<sup>1</sup>、船木 敬<sup>1</sup>、村上 拓郎<sup>1</sup>、古郷 敦史<sup>1</sup> KAZAOUI Said<sup>1</sup>、近松 真之<sup>1</sup>、菅野 久<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター 有機系薄膜チーム、<sup>2</sup>株式会社クレハ

### Introduction

#### ペロブスカイト型太陽電池

**ペロブスカイトの一般的な組成**

ABX<sub>3</sub>  
 A = CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub><sup>+</sup>, HC(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub><sup>+</sup>, Cs<sup>+</sup>  
 B = Pb<sup>2+</sup>, Sn<sup>2+</sup>  
 X = I, Br, Cl

報告例: 2,2,2-trifluoroethyl ammonium iodide (FEAI) 安定性の向上 (D. Bi, P. Gao et al., Adv. Mater., 28, 2910 (2016))

今回の研究: 2,2,2-trifluoroethyl ammonium Bromide (FEABr) CF3CH2NH3Br

変換効率はこの数年で急激に伸びている。塗布プロセスで実用可能、低コストかつ高効率な新しい太陽電池として大きな期待。安定性については課題あり。

### Cell fabrication by 1step (anti solvent) method

PbI<sub>2</sub> + MAI + FEABr or FEAI (3 mol% or 8 mol%) solution in DMF/DMSO

Anti solvent (chlorobenzene)

MAPbI<sub>3</sub>

m-TiO<sub>2</sub>, c-TiO<sub>2</sub>, FTO

HTL, Au

spiro-OMeTAD

Annealing at 120°C for 10 min

Vacuum evaporation

### Photovoltaic performance

Table 1 Photovoltaic parameters of perovskite solar cells (PSCs) with perovskite containing 3 mol% and 8 mol% of FEABr (a) or FEAI (b) vs PbI<sub>2</sub> as an additive in the precursor solution.<sup>a</sup>

(a) FEABr		J <sub>sc</sub> <sup>b</sup> (mA/cm <sup>2</sup> )	V <sub>oc</sub> <sup>c</sup> (V)	FF <sup>d</sup>	PCE <sup>e</sup> (%)
		0%	average 21.1±0.2	1.05±0.01	0.73±0.01
	maximum	21.5	1.05	0.73	16.7
3 mol%	average	20.4±0.4	1.06±0.01	0.71±0.01	15.2±0.2
	maximum	20.8	1.06	0.71	15.7
8 mol%	average	18.4±0.7	0.99±0.02	0.68±0.02	12.4±0.5
	maximum	18.8	1.01	0.7	13.2

(b) FEAI		J <sub>sc</sub> <sup>b</sup> (mA/cm <sup>2</sup> )	V <sub>oc</sub> <sup>c</sup> (V)	FF <sup>d</sup>	PCE <sup>e</sup> (%)
		0%	average 20.1±0.5	1.07±0.01	0.77±0.02
	maximum	20.2	1.08	0.79	17.1
3 mol%	average	19.1±0.7	1.02±0.01	0.73±0.01	14.2±0.8
	maximum	20.3	1.04	0.75	15.8
8 mol%	average	17.6±1.1	0.95±0.01	0.75±0.02	12.5±0.7
	maximum	19.3	0.97	0.73	13.6

<sup>a</sup>These values are from backward scans and are the average of 9 solar cells. <sup>b</sup>Short-circuit photocurrent density. <sup>c</sup>Open-circuit voltage. <sup>d</sup>Fill factor. <sup>e</sup>Power conversion efficiency.

Fig. 1 SIMS profile of the perovskite film with FEABr 3 mol% as an additive.

### Stability

Table 2 Photovoltaic parameters of PSCs with perovskite (a) and perovskite containing 3 mol% of FEABr (b) and 3 mol% of FEAI (c) as an additive. The data were obtained after exposure of 20% relative humidity (RH) air.

(a)		J <sub>sc</sub> (mA/cm <sup>2</sup> )	V <sub>oc</sub> (V)	FF	PCE (%)
		1 day	average 19.6±0.5	1.03±0.01	0.75±0.02
	maximum	20.4	1.04	0.76	16.3
60 days	average	5.0±2.3	0.97±0.04	0.68±0.03	3.4±1.3
	maximum	7.5	1.00	0.71	5.3

(b)		J <sub>sc</sub> (mA/cm <sup>2</sup> )	V <sub>oc</sub> (V)	FF	PCE (%)
		1 day	average 19.4±0.3	1.03±0.01	0.70±0.02
	maximum	19.3	1.04	0.72	14.4
60 days	average	12.2±1.0	0.99±0.01	0.88±0.04	10.6±0.6
	maximum	13.3	0.99	0.88	11.6

(c)		J <sub>sc</sub> (mA/cm <sup>2</sup> )	V <sub>oc</sub> (V)	FF	PCE (%)
		1 day	average 17.9±1.0	0.96±0.01	0.69±0.03
	maximum	18.6	0.96	0.68	12.2
60 days	average	8.8±1.2	0.95±0.01	0.72±0.06	6.0±0.9
	maximum	10.0	0.95	0.77	7.3

<sup>a</sup>These values are from backward scans and are the average of 9 solar cells.

Fig. 2 J-V characteristics of the best-performed PSCs measured under AM 1.5G solar irradiance (100 mW/cm<sup>2</sup>).

Fig. 3 Photographs of the PSCs after storing 60 days in the 20% RH air.

### XRD spectra

Fig. 4 XRD patterns of the PSCs of blank (a), FEABr 3 mol% (b) and FEAI 3 mol% (c) as an additive, which were exposed to 20% RH air.

### Summary

- フルオロアルキルアミンのハロゲン化水素酸塩 (FEABr, FEAI) を、ペロブスカイトの前駆体溶液の添加剤として用いたペロブスカイト太陽電池を作製することができた。
- PbI<sub>2</sub> に対して 3 mol% の FEABr を添加して作製したペロブスカイト層は、XRD スペクトルの結果から 60 日後 (室温下、湿度 20%) でも劣化が少ないことがわかった。
- フルオロアルキルアミン臭化水素酸塩 (FEABr) を添加剤として用いたセルの方が、ヨウ化水素酸塩 (FEAI) を用いた場合よりも安定であることがわかった。