

アンチモンとビスマスを用いたノーマル構造およびインバース構造による有機金属ハライド太陽電池の作製

Fabrication of lead-free organo-metal-halide solar cells with normal structure and inverse structure using antimony and bismuth

兵庫県大工, °益谷 英明, 神田 広之, 福本 翔太, アジェイ・クマル・バランワル, 伊藤 省吾

Univ. of Hyogo, °Hideaki Masutani, Hiroyuki Kanda, Shota Fukumoto, Ajay Kumar Baranwal,

Seigo Ito

E-mail: itou@eng.u-hyogo.ac.jp

【背景】低コストかつ高効率で知られる有機鉛ハライドペロブスカイト太陽電池であるが、材料に有害な物質である鉛を使用することが問題となっている。そこでアンチモンとビスマスを用いた有機ハライド結晶を用いて鉛フリーな太陽電池を作製したので、ここに報告する。鉛フリーの有機ハライド結晶としては、 $(\text{CH}_3\text{NH}_3)_3\text{Sb}_2\text{I}_9$ 溶液および $(\text{CH}_3\text{NH}_3)_3(\text{SbBi})_2\text{I}_9$ を作製した。太陽電池の構造としては、一般的な n-i-p の積層順である $\langle \text{glass} / \text{FTO} / \text{TiO}_2 / (\text{CH}_3\text{NH}_3)_3(\text{Sb}, \text{Bi})_2\text{I}_9 / \text{spiro-OMeTAD} / \text{Au} \rangle$ のノーマル構造と、逆に p-i-n の積層順である $\langle \text{glass} / \text{FTO} / \text{NiO} / (\text{CH}_3\text{NH}_3)_3(\text{Sb}, \text{Bi})_2\text{I}_9 / \text{PCBM} / \text{BCP} / \text{Ag} \rangle$ のインバース構造について検討を行った。

【実験方法】ノーマル構造については、まず FTO ガラスを洗浄し、その上に緻密 TiO_2 層をスプレー熱分解法により製膜後、メソポーラス TiO_2 層をスピコート法で製膜し、 500°C 、30 分で焼結させた。その上に $(\text{CH}_3\text{NH}_3)_3\text{Sb}_2\text{I}_9$ 溶液もしくは $(\text{CH}_3\text{NH}_3)_3(\text{SbBi})_2\text{I}_9$ 溶液をそれぞれの基板に滴下し、スピコート法で製膜後、 100°C 、1 時間加熱した。次に spiro-OMeTAD をスピコート法で製膜し、最後に金電極を蒸着により製膜した。これをノーマル構造のペロブスカイト太陽電池とした。

インバース構造については、まず FTO ガラスを洗浄し、その上に NiO をスプレー熱分解法により製膜後、 $(\text{CH}_3\text{NH}_3)_3\text{Sb}_2\text{I}_9$ 溶液と $(\text{CH}_3\text{NH}_3)_3(\text{SbBi})_2\text{I}_9$ 溶液をそれぞれの基板に滴下し、スピコート法で製膜後、 100°C 、1 時間加熱した。その上に BCP、PCBM を順にスピコート法で製膜し、最後に銀電極を蒸着により製膜した。これをインバース構造のペロブスカイト太陽電池とした。

上記のペロブスカイト太陽電池の測定結果を Table.1、電圧 - 電流密度の関係を Fig.1 に示す。

【結果】Table.1 および Fig.1 に、各太陽電池の光電特性と電流密度-電圧曲線を示す。 $(\text{CH}_3\text{NH}_3)_3(\text{SbBi})_2\text{I}_9$ のインバース構造セルに関しては、非常に電流が低く、局率因子 (FF) が低いものになったが、後のものは電流は 0.3 mA cm^{-2} 程度の結果が得られた。しかし、開放起電力 (V_{oc}) および FF に関しては、インバース構造の方がノーマル構造よりも低い状態になった。ノーマル構造については $(\text{CH}_3\text{NH}_3)_3(\text{SbBi})_2\text{I}_9$ の変換効率 (PCE) は 0.098% となり、 $(\text{CH}_3\text{NH}_3)_3\text{Sb}_2\text{I}_9$ については 0.083% となり、 $(\text{CH}_3\text{NH}_3)_3(\text{SbBi})_2\text{I}_9$ のほうがわずかに高効率となった。それに対し、インバース構造についてはノーマル構造に比べていずれも効率が低くなり、特に $(\text{CH}_3\text{NH}_3)_3(\text{SbBi})_2\text{I}_9$ については変換効率 0.001% と非常に低い値になった。

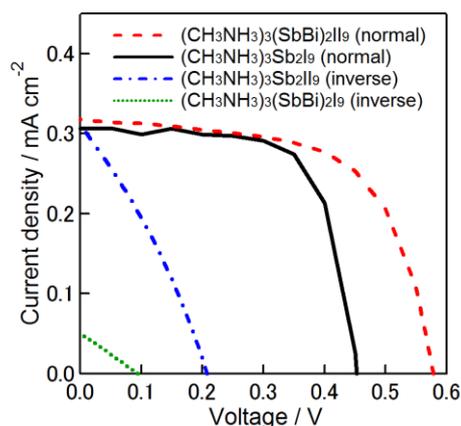


Fig.1 J-V curves of the solar devices with different material and structure.

Table.1 The parameters of the $(\text{CH}_3\text{NH}_3)_3\text{Sb}_2\text{I}_9$ and $(\text{CH}_3\text{NH}_3)_3(\text{SbBi})_2\text{I}_9$ based perovskite solar cells.

Material	Structure	$J_{sc} / \text{mA cm}^{-2}$	V_{oc} / V	FF	PCE / %
$(\text{CH}_3\text{NH}_3)_3\text{Sb}_2\text{I}_9$	Normal	0.287	0.441	0.650	0.083
	Inverse	0.309	0.220	0.314	0.021
$(\text{CH}_3\text{NH}_3)_3(\text{SbBi})_2\text{I}_9$	Normal	0.304	0.564	0.569	0.098
	Inverse	0.050	0.102	0.248	0.001