

次世代太陽電池としての有機金属ハライドペロブスカイト太陽電池

(東大院総合文化) ○瀬川 浩司

Organometal Halide Perovskite Solar Cell As Next Generation Photovoltaics

(Dep. of General Systems Studies, Grad. School of Arts and Sciences, The Univ. of Tokyo)

○Hiroshi Segawa

Emerging organometal halide perovskite solar cells have attracted wide attention as “perovskite solar cells (PSCs)” from very many researchers. The power conversion efficiency (PCE) over 25% was achieved within ten years from the advent of the PSCs. In this lecture, the state-of-the-art technology trend of the PSC will be reported.

Keywords : Organometal Halide Perovskite; Organic Photovoltaics; Hybrid Solar Cell, Perovskite Solar Cell; Next Generation Photovoltaics

有機金属ハライドペロブスカイト太陽電池 (PSC) は、2012 年に 10% 級の変換効率を示す全固体型 PSC が発表され研究開発競争に火が付いた¹⁾。2021 年には 25.7% の変換効率が報告され、日本の企業を中心としてモジュール開発も進み、次世代太陽電池としての確固たる地位を固めている。PSC は、安価な材料を使って塗布製造できるため低コスト太陽電池の本命とされてきたが、薄膜・軽量・フレキシブルといった特徴を活かし高付加価値太陽電池としても期待される。講演では、PSC の最新の研究開発動向について紹介する²⁾。

PSC は、①透明導電電極基板、②電子輸送層 (正孔バリア層)、③発電層、④正孔輸送層 (電子バリア層)、⑤対向電極で構成されており、その配置と構造によって、ナノ構造型、平面ヘテロ接合型、逆構造型に大別できる (図 1)。ナノ構造型 PSC のうち電子注入が容易な TiO_2 、 ZnO 、 SnO_2 を用いたものは I-V ヒステリシスが比較的少ない³⁾。

③の発電層については詳細な研究が進み、ペロブスカイトの組成が変換効率を向上に寄与することが判っている⁴⁾。ハロゲンとしてヨウ素の一部を臭素で置換するとバンドギャップが大きくなり、より高電圧が得られる。カチオンとして MA (CH_3NH_3^+) に替えて FA ($\text{NH}_2\text{CHNH}_2^+$) を用いるとバンドギャップが小さくなり、より長波長まで吸収できるようになる。両者を一定の比率で加えることにより、電圧と電流の両方を向上させている。さらに $(\text{FAPbI}_3)_{0.85}(\text{MAPbBr}_3)_{0.15}$ のペロブスカイトに Cs^+ を添加し 21.1%⁵⁾、ポリメチルメタクリレート (PMMA) を添加し 21.6%⁶⁾、 Rb^+ を添加し FA/MA/Cs/Rb の 4 種カチオン混合で 21.8%⁷⁾ と効率を向上させてきた。しかしながらこれらの研究に比べると、②の電子輸送層と④の正孔輸送層については、まだバリエーションが少なく研究開発の余地がある。これらは、PSC の大きな課題である耐久性に直結するので今後の展開が期待される。

一方、Cs, Rb などは地殻中に存在する比率や年間産出量が少ない希少金属であり価

格も高い。我々は Cs,Rb などの代わりに汎用の金属である K の陽イオンを使い 20.5% を得た⁸⁾。その後、ペロブスカイトの製膜条件の最適化で、I-V ヒステリシスが殆どない単セル (0.187 cm²) の PCE の向上 (22.3%) に成功した。また、20%を超える変換効率 (20.7%) を示すミニモジュールの作製に成功した。この他、講演では、MA フリーPSC (24.9%) や PSC/CIGS 分光タンデム (28%) など、当研究室の最新の研究成果についても報告する⁹⁾。

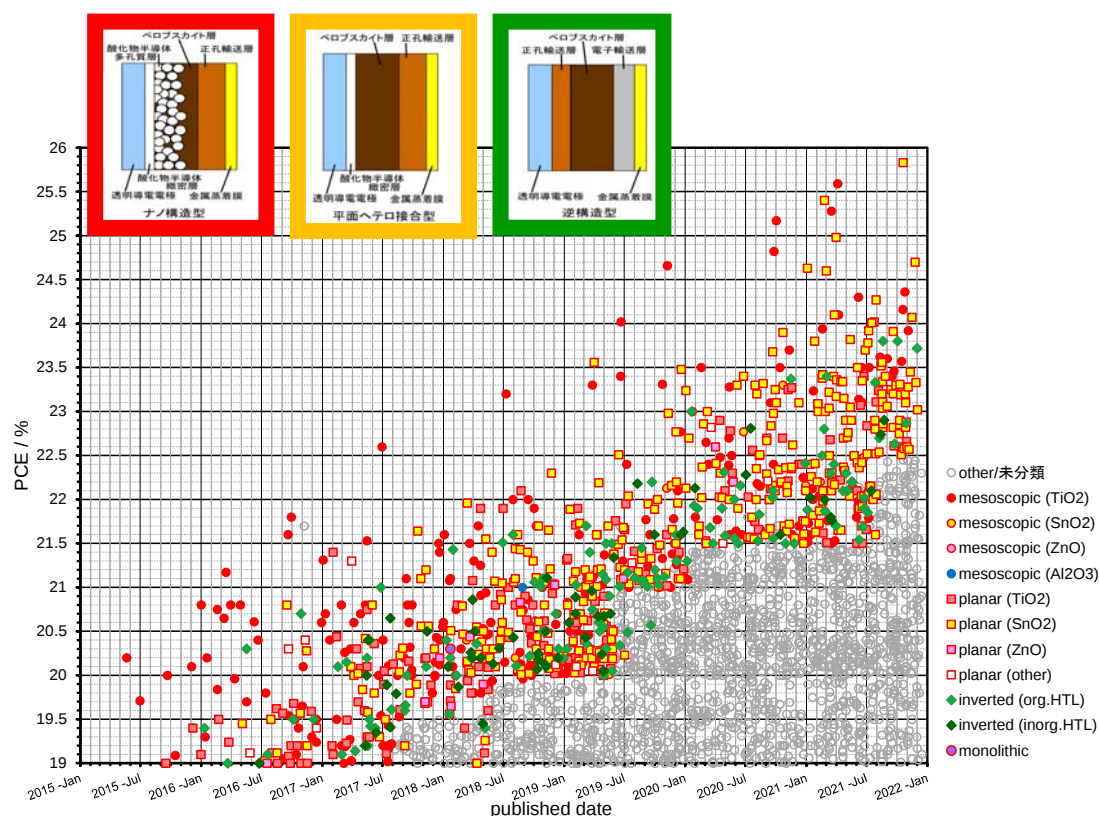


図1 19%以上の変換効率を示すPSCの構造

謝 辞

本研究の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の支援により行われたものである。

- 1) M. Lee, J. Teuscher, T. Miyasaka, T. Murakami, H.J. Snaith: *Science* **338**, 643 (2012).
- 2) J. Nakazaki, H. Segawa: *J. Photochem. Photobiol. C, Photochem. Rev.* **35**, 74 (2018).
- 3) N. J. Jeon, S. I. Seok, J. Lee, J. Seo et. al: *Nature Energy* **3**, 682 (2018).
- 4) W. S. Yang, S. I. Seok et. al: *Science* **348**, 1234 (2015).
- 5) M. Saliba, A. Hagfeldt, M. Grätzel et. al: *Energy Environ. Sci.* **9**, 1989 (2016).
- 6) D. Bi, A. Hagfeldt, M. Grätzel: *Nature Energy* **1**, 16142 (2016).
- 7) M. Saliba, T. Matsui, A. Hagfeldt, M. Grätzel et. al: *Science* **354**, 206 (2016).
- 8) Z. Tang, T. Bessho, H. Segawa et. al: *Scientific Reports* **7**, 12183 (2017).
- 9) M. Nakamura, K. Tada, T. Kinoshita, T. Bessho, C. Nishiyama, H. Segawa et. al: *iScience* **23**, 101817 (2020).