ペロブスカイト太陽電池の高耐久・高効率化開発における課題と将来展望

Efficiency and durability enhancement of perovskite solar cells and future perspectives

○宮坂　力（桐蔭横浜大学 大学院工学研究科）

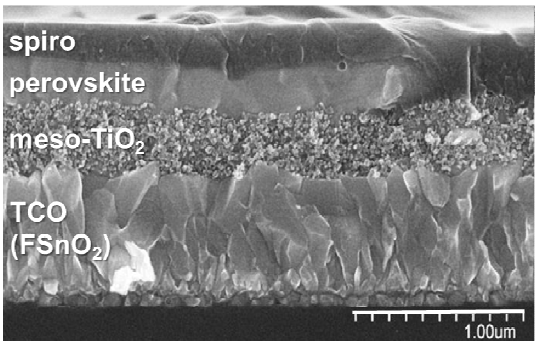
○Tsutomu Miyasaka (Toin University of Yokohama, Graduate School of Engineering)

E-mail: miyasaka@toin.ac.jp

太陽電池の光電変換材料として 20%以上のエネルギー変換効率を達成するメチルアンモニウム鉛ハライド系ペロブスカイト（$CH_3NH_3PbI_3$）は、ハロゲン化銀と同様なイオン結晶半導体である。極性溶媒に可溶で、溶液製膜法によって結晶薄膜をナノ多孔膜の内部に形成できる。ナノ多孔膜に構造を埋め込みながら、シリコンと同等の電子/正孔有効質量をもつ真性半導体としては稀有な材料であり、結晶内欠陥による再結合も抑制され光電変換では高い開放電圧を実現する。バンドギャップ 1.55eV の $CH_3NH_3PbI_3$ から取り出せる 1.1V 以上の電圧は、Shockley-Queisser 限界に近く、GaAs に匹敵するレベルにある。電圧は 1.2V まで高めることもでき [1]、波長 800nm までの光子を無駄なく変換することで効率は単一セルで 24%以上に達する可能性がある。この出力を水の光分解（水素生産）に利用する方法でも 10%以上の効率が得られている。溶液塗布による製膜は低コストで（ペロブスカイト $1m^2$ 当たり 200 円程度）、われわれは大気中の製膜によっても 17%に近い効率と未封止セルの大気下 2 か月以上の寿命を確認している [2]。

ペロブスカイト太陽電池は筆者らが 2008 年に効率 0.3%を報告してから現在の 21%の効率まで急速に進化したものの、耐久寿命（光、熱）の評価は始まったばかりである。耐久性はペロブスカイトと接合する正孔輸送材料（HTM）にも大きく影響され、HTM をカーボンに替える方法、ペロブスカイトの有機基を疎水的なものに置換した構造では最も高い耐久性が報告されている [3]。光耐久性は、下地膜の TiO_2 の紫外線吸収と光触媒効果が劣化原因となっており、これを除いた構造で大きく改善される方向にある。耐久性の改善に向けた材料変換も着実に進みつつある。

一方で、$CH_3NH_3PbI_3$ の強誘電性が光電変換にもたらす影響が調べられている。筆者らは、強誘電に起因すると考えられる電流－電圧（I-V）特性のヒステリシスに着目し、構造の異なるセルについて、セルが受ける外部電界が I-V 特性を大きく変じる効果を報告した [4]。強誘電効果はペロブスカイト結晶に特有の物性であり、これがユニークな光ダイオード物性を引き出すことにもつながっている。本講演では、光電変換から光エレクトロニクスまでを包括して将来展望を述べる。



1. A. Ishii, A. K. Jena, and T. Miyasaka, *APL Mat*. 2, 091102 (2014).
2. A. Kogo, N. Sakai, M. Ikegami, and T. Miyasaka, *Chem. Lett*., 10.1246/cl.140919 (2014).
3. A. Mei, et. al., *Science*, 345, 295-298(2014).
4. H.-W. Chen, N. Sakai, M. Ikegami, and T. Miyasaka, *J. Phys. Chem. Lett*., 6, 164–169(2015).

© 2015年 応用物理学会