

ペロブスカイト太陽電池のデバイスシミュレーション

Device simulation on perovskite solar cells

○峯元 高志¹ (1. 立命館大)

○Takashi Minemoto¹ (1.Ritsumeikan Univ.)

E-mail: minemoto@se.ritsumei.ac.jp

CH₃NH₃PbI₃系ペロブスカイト薄膜を光吸収層に用いた太陽電池で高効率が報告されている。有機と無機のハイブリッド型薄膜太陽電池と位置づけられるこの新型太陽電池の高効率化や最適デバイス構造設計には、動作メカニズムの理解が重要である。本太陽電池では、色素増感型太陽電池に広く利用されてきたメソポーラス層を用いない平坦界面構造でも15%を超える高効率が報告されている^[1]。この構造[図1(a)]は20%を超える高い変換効率が既実証されている無機半導体薄膜太陽電池、すなわちCu(In,Ga)Se₂やCdTe太陽電池、と同様である。また、本材料は誘電率が大きいことから励起子がWannier型であり^[2]、光生成されたキャリアは無機半導体を用いた太陽電池と同様に扱う事ができる。本研究では、Cu(In,Ga)Se₂太陽電池に代表される無機半導体薄膜太陽電池に広く用いられている^[3]一次元デバイスシミュレータであるSCAPS^[4]を用いて、ペロブスカイト太陽電池の動作解析を行った。まず、文献から各層の妥当な物性値を収集してバンド図[図1(b)]を描き、実デバイスに近い太陽電池特性[図1(c)](特に短絡電流密度・開放電圧)が模擬可能であることを確認した。続いて、単純な最適化の例として、ペロブスカイト層の品質(拡散長)に対する最適膜厚の計算を行い[図2]、これも実デバイスに近い値が得られた^[5]。講演では、更なる構造最適化として、ホール輸送層(HTM)フリーの構造における裏面電極の最適化設計^[6]、ブロッキング層とHTMの最適なバンド位置^[7]について触れる。

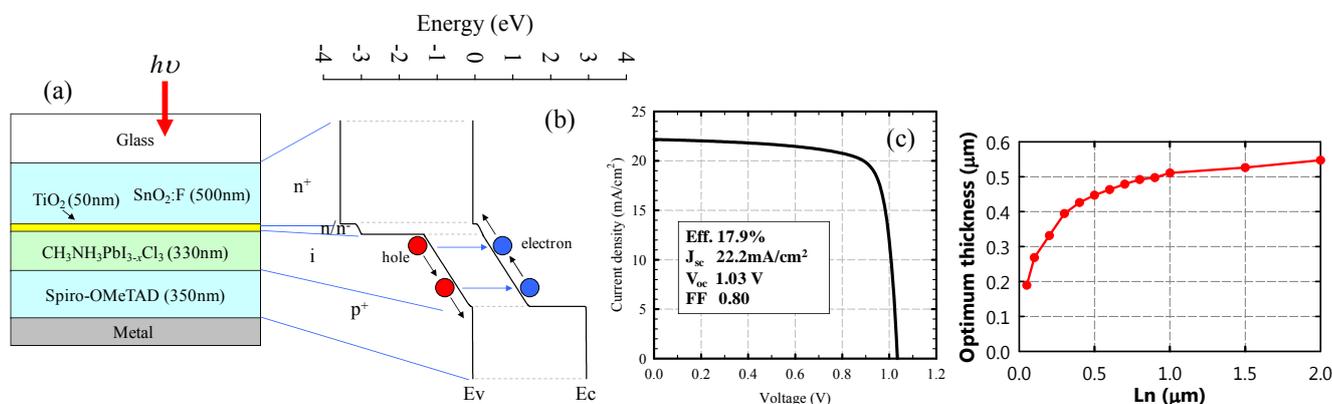


図1 ペロブスカイト太陽電池の(a)断面構造, (b)バンド図, (c)J-V特性の計算結果^[5]

図2 ペロブスカイト層の拡散長と最適膜厚計算^[5]

References: [1] M. Liu, M. Johnston, H. Snaith, Nature 501 (2013) 395. [2] M. Hirasawa, T. Ishihara, T. Goto, K. Uchida, N. Miura, Physica B 201 (1994) 427. [3] M. Murata, T. Minemoto et al., Jpn. J. Appl. Phys. 53 (2014) 04ER14. [4] M. Burgelman, P. Nollet, S. Degraeve, Thin Solid Films 361–362 (2000) 527. [5] T. Minemoto, M. Murata, J. Appl. Phys. 116 (2014) 054505. [6] T. Minemoto, M. Murata, Curr. Appl. Phys. 14 (2014) 1428. [7] T. Minemoto, M. Murata, Sol. Energy Mater. Sol. Cells 133 (2015) 8.

Acknowledgements: The author would like to thank Professor Burgelman and the Department of Electronics and Information Systems at the University of Gent, Belgium, for the development of the SCAPS software package and allowing its use. The author also would like to thank Mr. M. Murata of Ritsumeikan University for technical assistance.