

ペロブスカイト型太陽電池の低照度特性に関する検討

Characteristics of Perovskite Solar Cells under Low Illuminance Condition

○来福 至¹, 石河 泰明¹, 張 松¹, 伊藤 省吾², 浦岡 行治¹ (1. 奈良先端大、2. 兵庫県立大)

○Itaru Raifuku¹, Yasuaki Ishikawa¹, Zhang Song¹, Seigo Ito², and Yukiharu Uraoka¹

(1.Nara Inst. of Sci. and Tech., 2.University of Hyogo)

E-mail: raifuku.itaru.rc8@ms.naist.jp

【背景・目的】近年、有機無機ハイブリッド型ペロブスカイト型化合物を光吸収層として用いたペロブスカイト型太陽電池(PSCs)が広く注目を集めている。PSCsは2009年に3.8%の効率が報告されてからわずか5年で20%を超える効率が達成されている。また、光吸収層としてよく用いられている化合物($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$)は比較的安価な材料から合成可能であるため、PSCsは高効率かつ安価な太陽電池として期待されている。一方で、水分によって素子中のペロブスカイト化合物が分解してしまうといった欠点を有していることから、PSCsの用途は室内のような低照度環境下が主になると予測される。PSCsは内部電界によってキャリアを輸送する構造を有しているため、低照度条件下でも十分に発電可能であると予測されるが、現在までに室内環境程度の低照度条件下で検討された報告はされていない。そこで、本研究ではPSCsを作製し、作製した太陽電池を様々な照度条件下において評価することにより低照度特性に関する検討を行った。また、シミュレーションにより、低照度特性に影響を及ぼす要因に関する検討を行った。

【実験方法】透明導電性基板上にEB蒸着により電子輸送層である緻密 TiO_2 (CL- TiO_2)層を形成させた。CL- TiO_2 層上に TiO_2 ペーストをスピコートし、500°C、30 min 焼成を行うことによりメソポーラス TiO_2 (mp- TiO_2)層を形成させた。mp- TiO_2 層上に PbI_2 および $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$ をDMFに溶解させた前駆体溶液をスピコートし、100°C、10 min 焼成を行うことによりペロブスカイト層を形成させた。ペロブスカイト層上に正孔輸送層であるSpiro-OMeTAD層をスピコート法によって製膜し、その上に金電極を抵抗線加熱蒸着により形成した。作製した太陽電池の電流-電圧(I-V)特性をNDフィルターを用いて測定することにより、PSCsの低照度特性に関する評価を行った。シミュレーションはSCAPS(University of Gent)を用いて行った。素子構造および各層の物性値は峯元らの論文を参考に用いた[1]。素子を構成する各層および界面の欠陥密度を変化させ、照射強度を変化させてシミュレーションを行うことにより低照度特性に影響を与える要因の検討を行った。

【実験結果および考察】Fig. 1に作製した太陽電池を用いて得られた開放電圧(V_{OC})を規格化したグラフを示す。比較として結晶シリコン(c-Si)およびアモルファスシリコン(a-Si)に対して同様に測定を行った際の結果も示している。0.1%の照度条件下ではc-Siの V_{OC} が100%(AM1.5)における電圧の35%程度まで低下するのに対し、PSCsは70%程度の電圧を維持している。PSCsと同様に内部電界によりキャリアを動かす構造を持つa-Siでは85%程度の電圧を維持している。外部量子効率測定により、作製したPSCsでは再結合によるキャリアのロスが多く発生していることが示唆されており、作製工程の最適化によってより高い電圧が維持されることが期待される。Fig. 2にペロブスカイト層中の欠陥密度(N_t , cm^{-3})を変化させてシミュレーションを行った際の V_{OC} の変化を示す。縦軸はAM1.5下における V_{OC} を100%とした際の0.1%の照度条件下における V_{OC} を示している。 N_t の減少とともに低照度下における電圧が向上する結果となっており、ペロブスカイト層中の欠陥が低照度特性に大きな影響を及ぼすことが示唆された。この結果より、低照度特性の改善にはペロブスカイト層の欠陥密度の抑制が重要であると考えられる。

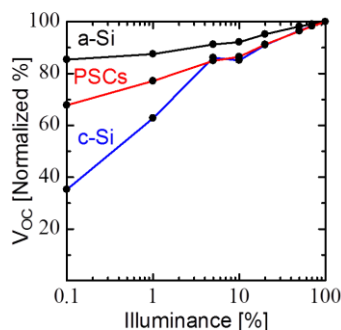


Fig.1 各照度条件下における V_{OC} の変化

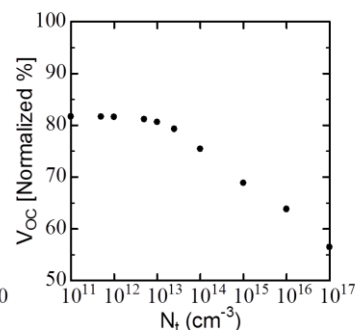


Fig.2 ペロブスカイト層中の欠陥密度による影響

【Acknowledgement】

The authors would like to thank Professor Marc Burgelman, Department of Electronics and Information Systems, University of Gent for the development of the SCAPS software package and allowing its use.

【参考文献】

- [1] T. Minemoto, M. Murata, J. Appl. Phys. 116, 054505, (2014).