ホール輸送ポリマーを用いたplanar型perovskite太陽電池の作製及び評価

Preparation and characterization of planar type perovskite solar cells with hole transport polymer

山形大院理工¹、山形大有機エレ研セ²、 山形大INOEL³

⁰溝井聡¹、佐野健志^{1,3}、横尾英紀¹、笹部久宏^{1,2}、城戸淳二^{1,2}

Dept. of Organic Device Engineering, Yamagata Univ.¹, Research Center for Organic Electronics (ROEL), Yamagata

Univ.², Innovation Center for Organic Electronics (INOEL), Yamagata Univ.³,

°Satoshi Mizoi¹, Takeshi Sano^{1, 3}, Hidenori Yokoo¹, Hisahiro Sasabe^{1, 2} and Junji Kido^{1, 2}

E-mail: takeshi.sano@yz.yamagata-u.ac.jp, kid@yz.yamgata-u.ac.jp

[緒言] perovskite 太陽電池は塗布法で作製でき、高い変換効率が達成できることが示され近年注目されている^{1),2)}。一般的な perovskite 太陽電池は多孔質層である porousTiO₂層を用い、ホール輸送層には Li 塩等をドープした低分子材料 Spiro-OMeTAD が用いられている。しかし porousTiO₂層は 500℃程度 の高温焼結処理を行うため、高温に耐える特殊な透明導電膜(FTO)が必要な点や多孔質体への含浸プ ロセスが必要という問題がある。また Spiro-OMeTAD は単体では移動度が低く、低分子系材料は一般 に塗布法による均一な膜形成が難しい。こうした構成の perovskite 太陽電池は素子特性のバラつきが課

題となっている³⁾。本研究ではこれら課題の解決を目指すため、汎用性の高い ITO 基板を使用し 300℃で低温形成した compact TiO_x 層を n 型半導体層、塗布大面積化 への適合性を有したホール輸送ポリマー⁴⁾を p 型半導体層に用いた planar 型 perovskite 太陽電池を作製し、素子特性の評価を行った。

[実験方法] Fig.1 に素子構造を示す。洗浄した ITO 基板上に Titanium(IV) isopropoxide のエタノール溶液をスピンコート法で塗布した後 300℃で焼結し compactTiO_x 層を成膜した。冷却後 CH₃NH₃I と PbCl₂を DMF に溶かした前駆体溶 液を用い、スピンコート法で CH₃NH₃PbI_{3-x}Cl_x 層を 300 nm 成膜し 90℃で 2 時間ベ ークを行った。その後ホール輸送ポリマー材料として P3HT を成膜した。この時、 20~60 nm の範囲で膜厚の異なるホール輸送ポリマー層を検討した。最後に Ag

電極層を真空蒸着法で成膜し素子特性を評価した。

[結果・考察] P3HT の膜厚が 40 nm の時、フィルファクター(FF)は不十分なも のの、短絡電流密度(J_{sc})が最大 20.0 mA/cm²、変換効率 10.4%を得た。異なる P3HT 膜厚での J-V 特性と EQE スペクトルをそれぞれ Fig.2、Fig.3 に示す。ホ ール輸送ポリマー層の膜厚が直列抵抗、FF、 J_{sc} に影響を与えていることが明ら かになった。P3HT の膜厚が 20 nm の場合は導通し極端に素子特性が低下した。 また Table 1 に示す通り P3HT の膜厚が 40 nm の場合、変換効率の標準偏差は 0.69%であり porous TiO₂層を用いた既報告例の変換効率の標準偏差 1.0%³と比 べ、ばらつきの少ない素子の作製に成功した。これは平坦性に優れた compactTiO_x層及び P3HT 層を用いたことにより、再現性の高い planar 型の素子 作製プロセスを構築できたためであると考えられる。

Table1. Device performances (under 100mW/cm² simulated AM1.5G illumination)

Thickness (nm)	$J_{sc}(mA/cm^2)$	$V_{oc}(V)$	FF	PCE (%)
40 (Best)	20.0	0.98	0.53	10.4
40 (n=8)	18.6 (±1.1)	0.99 (±0.01)	$0.49(\pm 0.03)$	9.0 (±0.69)
60 (n=8)	12.3 (±1.8)	0.93 (±0.02)	$0.42 (\pm 0.04)$	4.8 (±0.91)



Fig.1 Device structure



Fig. 2 J-V Characteristics



()内の数字は標準偏差を示す。

[参考文献] 1) M. M. Lee, J. Teuscher, T. Miyasaka, T. Murakami, H. J. Snaith, *Science* **2012**, 338, 643. 2) M. Liu, M. B. Johnston, H. J. Snaith, *Nature* **2013**, 501, 395. 3) D. Liu, T. L. Kelly, *Nat. Photon.*, **2014**, 8, 133. 4) B. Conings, L. Baeten, C. D. Dobbelaere, J. D. Haen, J. Manca, H-. G. Boyen, *Adv. Mater.*, **2014**, 26, 2041.