

リチウムドーピングペロブスカイト太陽電池の光無線給電応用

Optical wireless power transmission application of lithium doped perovskite solar cell

東京都市大総研¹, 新潟大工², 東工大工³ ○石川 亮佑¹, 安蔵 涼太郎²,
坪井 望², 宮島 晋介³

Tokyo City Univ.¹ Niigata Univ.² Tokyo Tech.³ ○Ryousuke Ishikawa¹, Ryoutaro Anzo², Nozomu Tsuboi²,
and Shinsuke Miyajima³

E-mail: rishikaw@tcu.ac.jp

1. はじめに

様々な応用が期待されるワイヤレス給電のなかでも、高周波を用いるワイヤレス給電が苦手とする応用分野向けの技術として、光を用いた「光無線給電」が注目されつつある[1,2]。そこで我々は、電圧ロスが非常に小さく、大きな禁制帯幅を有する光吸収層の適用が可能、というペロブスカイト太陽電池の特徴を利用することにより、高効率な光無線給電用光電変換素子の開発に取り組んでいる。これまでにバンドギャップ約 2.3 eV の $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ 太陽電池に対してリチウム処理を施すことによって太陽電池特性の改善、特に開放電圧の向上が確認されたが[3]、本研究ではリチウム処理をした $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ 太陽電池の単色光発電特性を評価した。

2. 実験方法

FTO 被覆ガラス基板にオルトチタン酸テトラブチル溶液をスピコートして大気中焼成後、四塩化チタン処理をすることで compact- TiO_2 層を堆積した。また、酸化チタンナノ粒子分散溶液をスピコートし、大気中焼成することで mesoporous- TiO_2 層を堆積した。リチウム処理は TiO_2 層堆積後に Li-TFSI 溶液をスピコートして大気中で焼成した。

その後、ペロブスカイト層はアンチソルベント法により以下の手順で堆積した。DMF:DMSO=7:3 v/v の混合溶媒に 0.6M の $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ 溶液を調整し、室温で一晩攪拌する。この溶液を TiO_2 上にスピコートし、40 s 後にトルエンを滴下し、ペロブスカイト層を堆積した。正孔輸送層として spiro-OMeTAD を塗布形成した後に真空蒸着により 4 mm 角のマスクを用いて金電極を堆積することで太陽電池構造を作製した。

太陽電池の特性は AM1.5G の疑似太陽光と中心波長がそれぞれ 520 nm、455 nm の LED 光を 3 mm 角のマスクを用いて照射して評価した。リチウム処理の効果を調べるためにペロブスカイト層のフォトルミネッセンス (PL) 評価、光導電率測定、サブギャップ吸収測定を行った。

3. 結果と考察

表 1 にリチウム処理有り無しのパロブスカイト太陽電池の疑似太陽光照射下のセル特性をまとめた。リチウム処理をすることで開放電圧 (V_{oc}) は 1.31→1.41 V に増加した。そこで、 TiO_2 層上のペロブスカイト膜の低温での PL スペクトルを測定した結果、リチウム処理を施すとバンド内準位を介する長波長側の発光が弱くなりバンド間発光が支配的になった。これはペロブスカイト層の欠陥や粒界、界面での再結合が抑制されている可能性を示唆している。また、導電率測定や一定光電流法によるサブギャップ吸収測定をした結果、リチウム処理によって電子輸送層/ペロブスカイト層界面状態の改善だけで

なく、ペロブスカイト層の欠陥抑制やパッシベーション効果により膜質が向上したことが、太陽電池特性における開放電圧の向上に繋がったと考える。

図 1 に示すように、リチウム処理をした $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ 太陽電池の単色光発電特性を LED 光源を用いて評価した結果、520 nm LED 光源で $\eta=14.6\%$ 、455 nm LED 光源で $\eta=20.2\%$ をそれぞれ達成した。 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ のバンドギャップを考えると 520 nm LED の方が電圧損失が小さく、高い変換効率が期待されたが、実際に 455 nm より低い変換効率になったのは、520 nm がバンドギャップに近すぎて吸収係数が小さくなってしまったために短絡電流が小さくなったことが起因していると考えられる。

表 1. Li 処理有り無しのパロブスカイト太陽電池特性

	短絡電流 J_{sc} (mA/cm ²)	開放電圧 V_{oc} (V)	曲線因子 FF	変換効率 η (%)
w/o Li	5.4	1.31	0.73	5.2
Li 処理	5.1	1.41	0.63	4.5

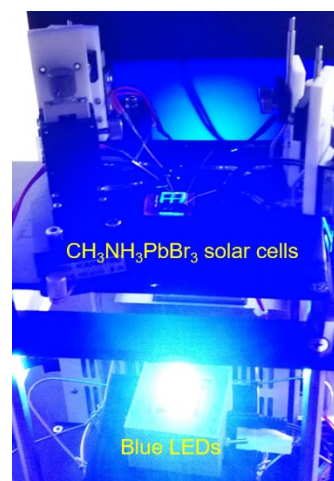


図 1. LED 光源を用いた $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ 太陽電池特性評価

参考文献

- [1] *IEEE SPECTRUM*, Jan 29, 2016
- [2] A. Murata, T. Nishimura, H. Shimizu, Y. Shiratori, T. Kato, R. Ishikawa, and S. Miyajima, *AIP Adv.* (2020).
- [3] 第 67 回応用物理学会春季学術講演会 15p-A402-11

謝辞

本研究の一部は科研費 基盤 B (17H03532)の援助を受けた。