

ペロブスカイト太陽電池の温度係数調査

戸邊 智之（川崎技術支援部 光機能評価グループ）

1. はじめに

次世代太陽電池として注目を集めているペロブスカイト太陽電池は2012年に光電変換効率が10%を超えて以降研究開発が活発化し、近年においては26%を超える報告も出てきている¹⁻³。さらに、大面積化およびモジュール化に向けた研究開発も進展しており実用化が目前に迫っている。

太陽電池の温度係数は、セルやモジュールの温度上昇に対して出力がどの程度変化するかを示す指標である。実使用環境下では太陽電池の温度が60℃程度まで上昇することが知られており、その際に太陽電池の各パラメーター（短絡電流： I_{sc} 、開放電圧： V_{oc} 、最大電力： P_{max} など）がどのように変化するかを調査することは、太陽光発電システムの設計や出力予測において非常に重要である^{4,5}。

本研究では、 $CS_{0.15}FA_{0.85}Pb(I_{0.85}Br_{0.15})_3$ のペロブスカイト太陽電池単セルを用い温度係数を測定した⁶。

2. 実験方法

図1に本実験に使用したペロブスカイト太陽電池 $CS_{0.15}FA_{0.85}Pb(I_{0.85}Br_{0.15})_3$ の単セル外観と、測定システムを示す。

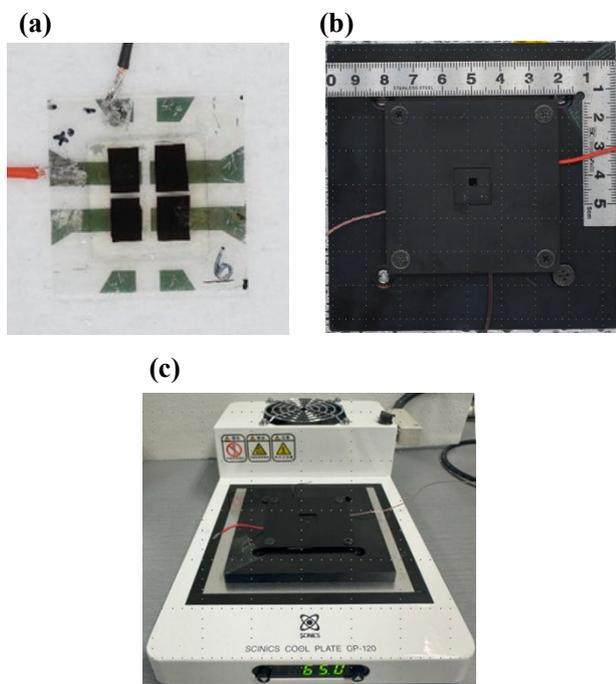


図1 ペロブスカイト太陽電池外観写真と測定システム。(a) ペロブスカイト太陽電池サンプル、(b) フォトマスクを取り付けたサンプル、(c) ペルチェ素子に設置した測定システム。

ペロブスカイト太陽電池はフォトマスクを装着した後サンプルホルダーに設置し、裏面にT型熱電対を固定し温度をモニタリングした。温度変化には、ペルチェ素子およびホットプレートを用い15℃～125℃まで温度を変化させ測定を行った。光照射にはソーラーシミュレータを用い疑似太陽光を照射し、温度ごとの性能を電流密度-電圧(J-V)測定によって評価した。

3. 結果および考察

図2に15℃～125℃まで温度変化させたときのJ-V特性および、各温度における太陽電池特性を示す。

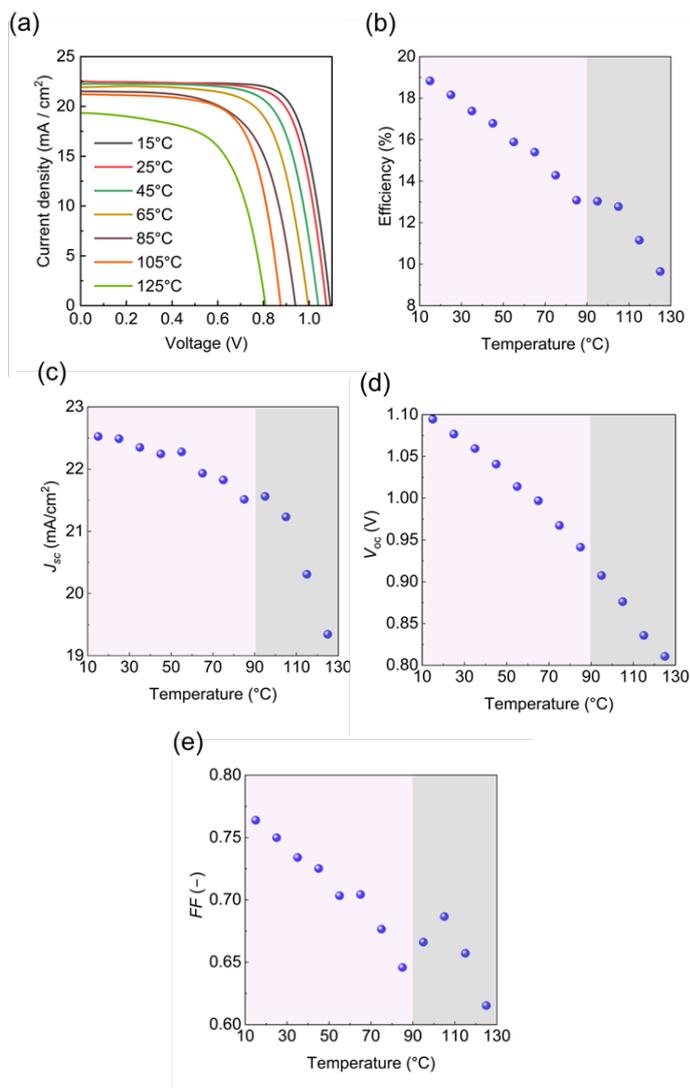


図2 15℃～125℃まで温度変化させたときのJ-V特性および各温度における太陽電池特性。(a)J-V特性のReverse、(b)変換効率、(c)短絡電流密度、(d)開放電圧、(e)フィルファクター。

各温度における太陽電池特性は 85 °Cまで連続的に変化していることが確認された。85 °Cまでの温度係数を計算した結果、電流温度係数は $-0.06\%/^{\circ}\text{C}$ 、電圧温度係数は $-0.02\%/^{\circ}\text{C}$ 、出力温度係数は $-0.44\%/^{\circ}\text{C}$ であった。

一方、95°C以上では不連続に性能が変化する現象が確認された。著者らの研究において、この領域ではキャリア（電子と正孔）の再結合割合を表す理想係数が 2 を超えていることが判明した⁴。このことから、この現象は新しい p-n 接合界面の生成を示唆しており、これが性能低下の原因であると考えられる。

広く普及している結晶シリコン太陽電池の電流温度係数は $0.15\%/^{\circ}\text{C}$ 、電圧温度係数は $-0.41\%/^{\circ}\text{C}$ 、出力温度係数は $-0.48\%/^{\circ}\text{C}$ 程度と報告されている⁷。今回測定したペロブスカイト太陽電池の出力温度係数は結晶シリコン太陽電池と同程度ある一方、電流温度係数が負の値を示していることが分かった。一般的に結晶シリコン太陽電池の電流温度係数は正であるため、ペロブスカイト太陽電池の出力低下要因は主に、温度上昇に伴う電流の低下であることが明らかとなった。

4. 今後の展開

今後は照度ごとの温度係数を算出することで、出力予想の精度向上を目指していく予定である。

弊所ではキセノン・ハロゲン2光源型ソーラーシミュレータを保有しており、通常キセノン1光源型ソーラーシミュレータより太陽光に近いスペクトルで光照射することが可能である。さらに恒温槽内に光照射できる機構を有しているため実使用環境下に近い測定が可能である。本装置を使用していくことでペロブスカイト太陽電池のみならず様々な太陽電池の製品開発支援を行ってきたい。

【参考文献】

- 1.M.M. Lee, J. Teuscher, T. Miyasaka, T.N. Murakami, H.J. Snaith, *Science*, 338, 643 (2012).
- 2.H.-S. Kim, C.-R. Lee, J.-H. Im, K.-B. Lee, T. Mochl, A. Marchioro, S.-J. Moon, R. Humphry- Baker, J.-H. Yum, J.E. Moser, M. Grätzel, N.-G. Park, *Sci. Rep.*,2 ,591 (2012).
- 3.National Renewable Energy Laboratory (NREL), “Best Research Cell Efficiency Chart”
https://www.nrel.gov/pv/cell_efficiency.html
- 4.M. Babics, M. De Bastiani, E. Ugur, L. Xu, H. Bristow, F. Toniolo, W. Raja, A. S. Subbiah, J. Liu, L. V. Torres Merino, E. Aydin, S. Sarwade, T. G. Allen, A. Razzaq, N. Wehbe, M. F. Salvador, S. De Wolf, *Cell Rep. Phys. Sci.* 4, 101280. (2023).
- 5.M. Jošt, B. Lipovšek, B. Glažar, A. Al-Ashouri, K. Brecl, G. Matič, A. Magomedov, V. Getautis, M. Topič, S. Albrecht, *Adv. Energy Mater.*, 10, 2000454 (2020).
- 6.T. Tobe, N. Shibayama, Y. Nakamura, M. Ikegami, H. Kanda, T. Miyasaka, *Chem. Asian J.* 19,5 (2024).

7.A. Virtuani, D. Pavanello, G. Friesen, *Proceedings of the 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*, 4248. (2010).

【外部発表】 論文発表 1 件