

熱電変換素子を用いた熱回収型太陽電池の設計と検証実験

Design and experimental validation of heat recovery solar cell with thermoelectric devices

産総研¹, 東大物性研², OPERANDO-OIL³, ○上出健仁¹, 望月敏光¹, 秋山英文^{2,3}, 高遠秀尚¹

AIST¹, ISSP, Univ. of Tokyo², OPERANDO-OIL³, °K. Kamide¹, T. Mochizuki¹, H. Akiyama^{2,3},

and H. Takato¹, E-mail: kenji.kamide@aist.go.jp

結晶シリコン太陽電池の変換効率は既存の理論限界(SQ 限界[1])に近い値に到達した (非集光 Si で 26.7%、カネカ報告)。今後さらなる効率改善を図るために、我々は最近「詳細釣り合い」が成立しない非平衡な状況を利用することで SQ 限界を超える高い変換効率が得られる熱回収型太陽電池(HERC solar cell)のコンセプトを提案している [2]。熱回収型太陽電池では、吸収体が高温化した場合に吸収体と電極の温度差で生じる熱起電力により開放電圧が増加し、これが吸収体温度上昇に伴う内部電圧低下を凌駕する場合に、エネルギー変換効率が向上する。ここで発生する熱起電力は、吸収体と電極との間に挿入されたエネルギー選択層 (吸収体よりバンドギャップの大きい半導体) のゼーベック係数によって与えられることが分かっている[3]。

上記原理から、熱回収型太陽電池が効果的に機能するためにエネルギー選択層に求められる性質は、大きなゼーベック係数と大きな温度差を得るために低い熱伝導率とを持つことであるが、これは一般の熱電変換材料に共通する性質である。したがって、エネルギー選択層を熱電変換材料に置き換えた、太陽電池 - 熱電変換材料 - 直列型ハイブリッド素子 (図 1: (a)は概略図で (b)は等価回路図) によっても、同様の熱回収効果が得られることが期待される。熱回収型太陽電池の本質は、太陽電池で作られた電流を自身の熱で昇圧して取り出せる構造を持つことである。

本講演ではこの熱電変換素子利用熱回収型太陽電池の理論的な設計[4]と検証実験の進展状況を紹介する。市販熱電モジュールを用いた最初の検証実験においては、太陽光照射下(1 sun)の結晶シリコン太陽電池(2 cm 角)を用い、熱電変換モジュール(1.8 cm 角, 72 対のビスマス・テルル熱電素子)を介して室温 25°C に保たれた電極から取り出される電流と電圧の関係 (I - V 特性) を測定した。十分な時間がたった定常状態において、シリコン吸収体が高温化し (> 25°C)、大きな開放電圧の増加 $\Delta V_{oc} \approx 100$ mV (V_{oc} の変化は 610 mV \rightarrow 710 mV) が確認された。この開放電圧の増分は、作製した素子に対する理論計算結果と良い一致を示した。

【文献】 [1] W. Shockley, and H. J. Queisser, J. Appl. Phys. **32**, 510 (1961). [2] K. Kamide et al., IEEE Proc. WCPEC-7 (2018). [3] 上出他, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会(2018). [4] 上出他, 「太陽電池および熱電変換素子を有する複合発電装置」、特願 2018-237064 (2018).

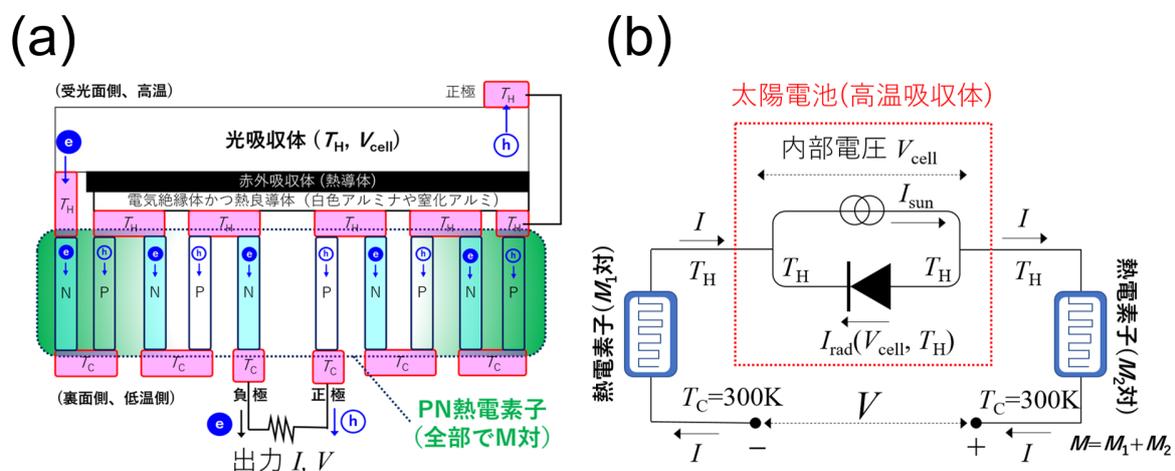


図 1. 熱電変換素子利用熱回収型太陽電池の (a)概略図と (b)等価回路図 (ただし、第一検証実験では赤外吸収層は未挿入)