二端子及び四端子太陽電池-熱電素子ハイブリッドデバイスの最大出力

Maximum power output of two-terminal and four-terminal solar cell-thermoelectric hybrid devices

東大物性研 [1]，産総研 [2]，OPERANDO-OIL[3]，○(D)佐久間 惇 [1]，上出 健仁 [2]，望月 敏光 [2]，高遠 秀尚 [2]，秋山 英文 [1,3]

ISSP Univ. of Tokyo [1], AIST [2], OPERANDO-OIL[3], ○(D)Jun Sakuma[1], Kenji Kamide[2], Toshimitsu Mochizuki[2], Hidetaka Takato[2], Hidefumi Akiyama[1,3]

E-mail: sakuma.jun@issp.u-tokyo.ac.jp

近年、単接合太陽電池の効率は、ショックレー-クワイサーの提唱した理論限界(SQ 限界)に近づいている。そのため、より高効率の太陽電池(PV)実現のためには、新コンセプトが必要だ。

PV で仕事に変換できなかったエネルギーの多くは熱として失われる。そのため、熱を回収し、仕事にできれば、変換効率を向上できる。PV の熱回収手法として、PV と熱電素子(TE)を組み合わせた、PV-TE ハイブリッド構造(PVTE)が提案されている。PVTE の一様態では、PV と熱浴の間に TE を配置する事で、本来失われる熱を熱電効果により仕事にする。この様な PVTE は、PV と TE の負荷を独立に制御できる四端子タイプ(図 1)や、PV、TE を直列接続した二端子タイプ(図 2)の報告がある[1, 2]。また、PV、TE を並列に接続した二端子タイプ(図 3)も考えられる。

対して我々は、Heat recovery solar cell (HERC)を提案している[3]。HERC も、PV の吸光部と電極の温度差による熱電効果で、変換効率を向上する。その理論は二端子直列 PVTE にも繋がり、文献[3]の理論からは、二端子直列 PVTE でも PV 単体以上の効率を実現できることが分かる。

本研究では、PVTE に関する理論の拡張を試みた。PV に生じる熱流に着目して、四端子、二端子直列、二端子並列、3 つの PVTE それぞれで得られる理論限界効率を比較したところ、同じ PV と同じ熱電材料を用いて構造を最適化した場合、いずれも得られる最大出力は同一であるとわかった。これにより、HERC の理論が四端子 PVTE や二端子並列 PVTE 研究の見通しにも役立つと期待できる。また、使用する熱電材料の優劣が、熱電素子の性能指数Zのみで決まり、ゼーベック係数や伝導率の組合せ、相手とする PV の性能に依らないことが分かった。当日は、モデルの詳細と、同モデルを用いた数値計算結果について発表する予定である。

[1] W.G.J.H.M. van Sark, Applied Energy 88, 2785–2790 (2011).

[2] K. T. Park et al., Sci. Rep. 3, 2123 (2013).

[3] K. Kamide, T. Mochizuki, H. Akiyama, and H. Takato, Phys. Rev. Appl. 12, 064001 (2019).

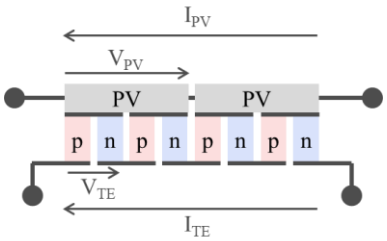

図 1. 四端子 PVTE

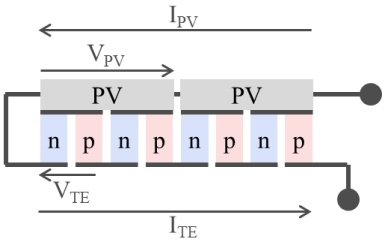

図 2. 二端子直列 PVTE

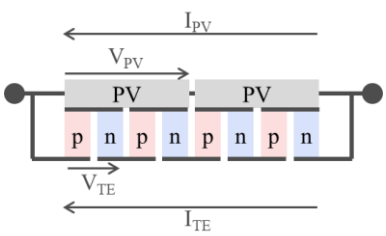

図 3. 二端子並列 PVTE

© 2021年 応用物理学会