

エミッタ温度最適化による光支援熱電子発電器の効率改善

Improvement of the Efficiency of Photon Enhanced Thermionic Energy Converter
by the Optimization of Emitter Temperature

静大院工, °説田 貴仁, 荻野 明久

Shizuoka Univ., °Takahito Setsuda, Akihisa Ogino

E-mail: f0330182@ipc.shizuoka.ac.jp

研究背景 光支援熱電子発電は、半導体エミッタの PETE 効果(光励起支援効果)を用いることで、従来よりも低い動作温度で高効率を得られると考えられる。太陽エネルギーを用いて高効率発電を実現するには、半導体エミッタのバンドギャップならびにエミッタ温度の最適化が重要となる。本研究で、エミッタに別途熱源による追加熱または熱回収できる熱輸送機構を設け、発電効率を最大にするエミッタ温度制御を行ったときの光支援熱電子発電器の効率改善を数値解析により検討した。

計算方法 数値解析では、太陽光と熱輸送機構からなる入力と熱損失の平衡条件からエミッタ温度 T_E を決定した。また、内部光電効果により励起された電子を効率的に放出し発電効率を最大化するための T_E の最適化を行い、必要となる熱入出力を決定した。

特色と独創的な点 光熱併用熱電子発電は、太陽光の光的な効果と熱的な効果を合わせて発電に利用でき、高い発電効率が見込まれる。太陽光のみに依存した発電方式では、その出力特性が太陽光スペクトルに大きく依存するが、本研究の手法により発電効率を改善できる他、各種エンジン、製鉄、製造業等の炉における廃熱の有効利用につながり、天候変動や夜間における運用においても効果が期待できる。

研究成果 図 1 に、エミッタ温度制御のための熱輸送機構の有無による発電効率 η を比較した数値解析結果を示す。エミッタ材を p-Si とした場合、太陽光入射の大部分が内部光電効果に使用され、伝導帯に励起された電子を放出されるに十分な動作温度に達しない。しかし、追加熱により T_E を上げ最適化することで、電子放出特性は指数関数的に向上し効率が改善される。計算では、集光率 100 倍の太陽光入力 8.3 W のとき、追加熱 70 W とすることで、発電効率 $\eta=22\%$ となり、太陽光のみの駆動に比べ、発電効率が 12 %向上することがわかった。

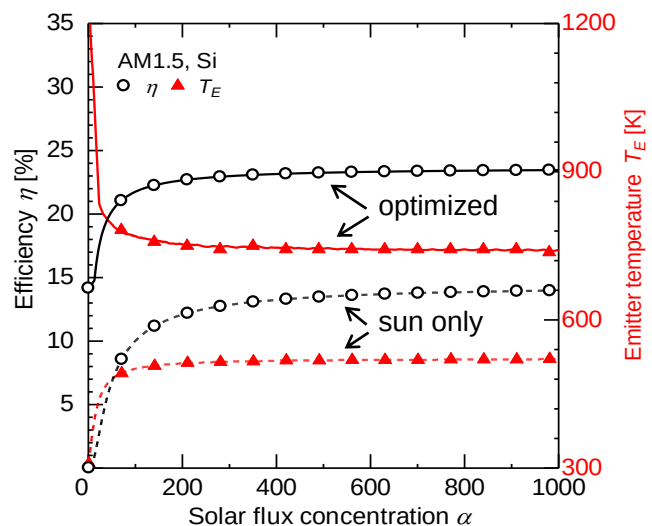


Fig.1, Efficiency and emitter temperature as a function of solar flux concentration ($\chi=0.4$ eV, $\Phi_c=1.0$ eV)

参考文献 J.W. Schwede, *et. al.* "Photon-enhanced thermionic emission for solar concentrator systems", Nature Materials, 2010, p.769.

キーワード 熱電子発電、半導体、太陽エネルギー