

フォトンリサイクリングによる太陽熱光起電力発電システムの高効率化

The effect of photon-recycling in solar-thermophotovoltaic systems

東北大院工¹, °金野夏奈¹, 小桧山朝華¹, 清水信¹, 湯上浩雄¹

Tohoku Univ.¹, °K. Konno¹, A. Kohiyama¹, M. Shimizu¹, H. Yugami¹

E-mail: kana.konno.s7@dc.tohoku.ac.jp

【はじめに】太陽熱光起電力 (Solar-TPV) 発電システムとは、太陽光によって一体型である太陽光吸収材料(アブソーバ)と波長選択エミッタを加熱し、エミッタからの熱ふく射を光電変換セルに入射させて発電するものである。太陽電池の感度波長域に合わせた波長選択熱ふく射によって高効率な発電が期待できる。これまで金属上への微細加工や^[1]、金属薄膜を用いた多層膜構造による波長選択熱放射技術^[2]が報告されている。しかし金属における自由キャリア吸収(放射)によって波長選択性は限定されていた。

今回、感度波長域外および光電変換セル外へ放射された熱ふく射をエミッタに戻すフォトンリサイクリングによって、エミッタからセルへの実質的な熱輸送スペクトルの波長選択性が向上し、さらに熱ふく射再吸収によるエミッタ高温化によっても光電変換効率増大が可能であることが解析によって示されたので報告する。

【解析条件】前回報告で示したキューブ型アブソーバ・エミッタ(アブソーバ1面、他5面が波長選択エミッタ)^[3]においてエミッタからの熱ふく射は光電変換セルおよびセル冷却器によって閉じ込められ (Fig. 1)、セルに吸収されない熱ふく射の一部はエミッタによって再吸収される。この系において(1)フォトンリサイクリング効果を考慮しない場合と(2)考慮した場合の実質的な熱輸送スペクトルと、光電変換効率を Fig.2 に示す。なお各条件の詳細は以下のようにになっている。(1): 波長選択エミッタ放射スペクトル実測値(材料基板として用いている金属は高温下で放射率が増加する^[4]ので、放射率は0.2以上としている)、(2): (1)のスペクトルから、エミッタの再吸収割合を引いた値を示した。再吸収割合は、エミッタから

出た光が再びエミッタに戻る割合をレイトレース法により求め、その割合と吸収スペクトルの積により決定した。光電変換効率は、実験系を模擬したシステムのエネルギーバランスから求めた温度におけるエミッタ放射量を太陽電池への入力とし、詳細平衡モデルを用いて導出した。

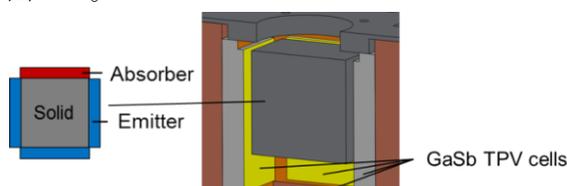


Fig. 1 Settings of Solar TPV power generation system using cube absorber and emitter.

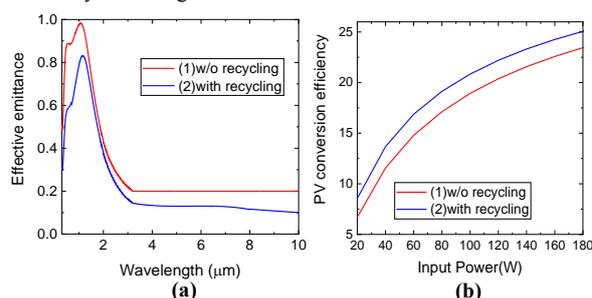


Fig. 2 Differences by photon recycling. (a) emissivity of selective emitter (b) PV cell's conversion efficiency.

【結果と考察】 Fig.2 より実質的なエミッタの熱輸送スペクトルはフォトンリサイクリングによって特に長波長域で放射率が低減し、高い波長選択性の実現に寄与することが示され、加えてエミッタ温度が上昇することで平均2%以上光電変換効率が向上することが明らかとなった。以上よりフォトンリサイクリング効果はSolar-TPV発電システムの高効率化に波長制御の観点から大きく寄与するものといえる。

References [1] H.Sai, Y. Yugami, Appl. Phys. Lett., **85**(2004) 3399., [2] A. Kohiyama *et al.*, Appl. Phys. Exp, **9** (2016) 112302., [3] 小桧山朝華, 清水信, 湯上浩雄, 第65回応用物理学会春季講演会 19a-C301-4., [4] Y.S. Touloukian *et al.*, "Thermophysical properties of matter" Volume 7. pp.776-788.