高変換効率熱光発電システムの構築

Construction of thermophotovoltaic power generation system with high conversion efficiency

京大院工[1]、大阪ガス ○末光真大[1,2]、浅野卓[1]、井上卓也[1]、野田進[1]
Kyoto Univ.[1]、Osaka Gas[2] ○M. Suemitsu[1,2], T. Asano[1], T. Inoue[1], S. Noda[1]
E-mail: m-suemitsu@osakagas.co.jp、snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

【序】我々はフォトニック結晶 (PC)による光学制御と、量子構造導入や材料選択による物質の吸収制御を組み合わせた狭帯域熱輻射光源を開発してきた[1-3]。特に熱光発電への応用に関しては、近赤外域への輻射集中と高温動作(>1400 K)の両方を可能にする構造として MgO 基板上の Si ロッド型 PC を提案・実証した[4]。さらに、本選択的熱輻射光源に適した InGaAs 太陽電池の開発を併せて行い、これらを用いた熱光発電システムの構築を行った[5,6]。今回、各要素の性能を向上させた結果、10%を超える変換効率を実測することに成功したので報告する。

【設計・作製】真空中(3×10^{-2} Pa 程度)で、4.8 mm 角の熱輻射光源の両面に 6 mm 角の 2 つの太陽電池(Cell-A, B)を近接させた Fig. 1 に示す熱光発電システムを構築した。熱輻射光源としては、MgO 基板（厚み 65 μm）上に、高さ 825 nm, 直径 360 nm のシリコンロッドが、700 nm 間隔で正方格子状に並んだ構造を用いた。この光源に幅 10 μm、長さ 14 mm の Pt/Ti ヒーター電極を直接形成し、ϕ25 μm×25 mm の Pt ワイヤで外部電源と接続し、断熱性良く支持しつつ、ジュール加熱した。また、光源の温度を正確に測定するために、ϕ25 μm×25 mm の Pt ワイヤと $Pt_{0.9}Rh_{0.1}$ ワイヤを光源上で接合することで S 型熱電対を光源上に直接形成した。太陽電池には、バンドギャップ波長が 1.8 μm の InGaAs 薄膜太陽電池を用いた。薄膜太陽電池の裏面には Al ミラーを形成し、太陽電池を透過した中・遠赤外の熱輻射を光源に向け、反射・吸収させることで、再利用した。

【発電実証】太陽電池（Cell-A, B）と熱輻射光源を 250 μm まで近づけ、光源を加熱しつつ太陽電池の電流-電圧特性を測定した。その一例を Fig. 2 に示す。Cell-A, B ともにほぼ同様の特性が得られ、これらの特性は理論と概ね一致することを確認した。光源温度毎の得られた変換効率（ヒーターへの入力電力から 2 つの太陽電池の出力電力和）を Fig. 3 に示す。光源温度 1200 K 以上において、従来の太陽光熱光発電の最高効率 6.8%を超える変換効率が得られ、1300 K 以上においては 10%を超える変換効率が実現出来た。【文献】1) Menaka *et al.*, *Nat.Photon.*, 6, 535(2012), 2)Inoue *et al.*, *Nat.Mater.*,13,9288(2014), 3)Asano *et al.*, *Sci.Adv.*, 2,12,e1600499(2016).,4)Suemitsu *et al.*, *APL*,112, 011103 (2018), 5)末光等, 秋応物, 6a-A405-8., 6)末光等, 秋応物, 20a-225B-2.

【謝辞】 本研究の一部は、科研費(17H06125)の援助を受けた。

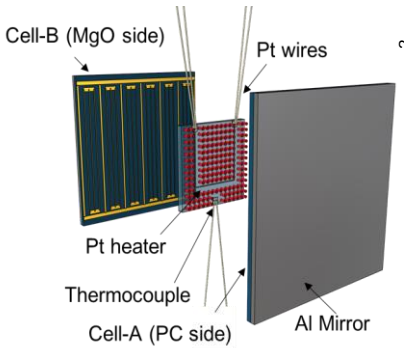


Fig. 1 Schematic of developed thermophotovoltaic power generation system.

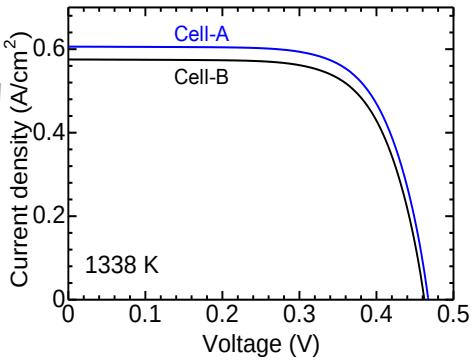


Fig. 2 Current-voltage characteristics of Cell-A and B, where emitter temperature was set at 1338K.

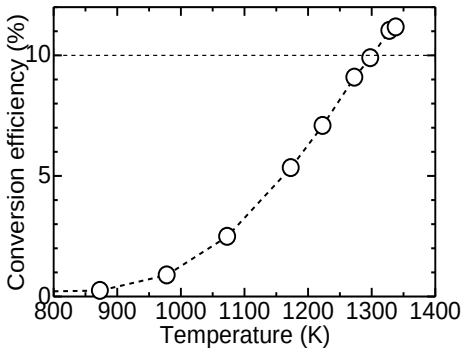


Fig. 3 Conversion efficiency from input power (to Pt heater) to total electric powers generated in cell-A, B as a function of emitter temperature.

© 2019年 応用物理学会