Si ロッド型熱輻射光源を用いた熱光発電システムの構築

Construction of thermophotovoltaic power generation systems using a Si-rod-type thermal emitter

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

【序】我々はこれまでフォトニック結晶 (PC)と、量子構造/材料選択を組み合わせた狭帯域熱輻射制御に関する研究を行ってきた [1-3]。特に熱光発電応用に関しては近赤外域に輻射を集中出来、かつ高出力動作に不可欠な高温動作(>1400 K)を可能にする構造として MgO 基板上の Si ロッド型 PC を提案した [4]。またこれらに併せて、本光源を用いた熱光発電に適した InGaAs 太陽電池の開発も行ってきた [5]。今回、Si ロッド型熱輻射光源と、InGaAs 太陽電池を組み合わせて熱光発電システムを構築したので報告する。

【設計・作製】熱輻射光源をジュール加熱し、両側に配置した太陽電池で発電を行う系を構築した。まず、バンドギャップ波長が 1.8 μm の InGaAs 太陽電池に適した熱輻射光源として、高さ 870 nm, 直径 320 nm のシリコンロッドが、厚さ 70 μm の MgO 基板上に格子定数 700 nm の正方格子状に並んだ構造を、電子線描画・ドライエッチング・研磨によって 4×4 mm の面積に作製した。つぎに Fig. 2 のように Pt/Ti ヒーター電極を形成し、ϕ25 μm×20 mm の Pt ワイヤを接続して、電流を供給しつつ断熱性高く吊り下げて支持できるようにした。光源下部の電極にはϕ25 μm×20 mm の Pt ワイヤと $Pt_{0.9}Rh_{0.1}$ ワイヤを接続することで光源上に直接 S 型熱電対を形成し、温度測定を行った。また、半絶縁性 InP 基板上に p-InP/ p-$In_{0.53}Ga_{0.47}As$/ n-$In_{0.53}Ga_{0.47}As$/ n-InP をエピタキシャル成長したウエハを用いて、受光面積 6×6 mm の太陽電池を作製した(Fig. 3)。

【発電実証】真空ベルジャー中（圧力 2×10^{-3} Pa 程度）に Pt ワイヤで吊り下げた熱輻射光源の両面に太陽電池を配置することで、発電実験を行った。ジュール加熱により光源を 1050℃に加熱したところ、開放電圧 0.36 V、短絡電流密度 0.19 A/cm^2、Fill factor 0.71 の出力を得ることが出来た。現在、熱輻射光源と太陽電池の接触を避けるためにそれぞれの距離を離し過ぎており光源から出た熱輻射を全て太陽電池で受光出来ていないことや、MgO 基板が厚すぎるために不要な輻射が多いなどといった課題があるが、これらを解決することで報告されている太陽光熱光発電の最高効率 6.8%に迫る発電効率が得られるものと考えている。詳細は当日報告する。

【文献】1) Menaka De Zoysa *et al.*, *Nat. Photonics*, 6, 535-539 (2012), 2) T. Inoue *et al.*, *Nat. Mater.*, 13, 9288-931 (2014), 3) T. Asano *et al.*, *Sci. Adv.*, 2, 12, e1600499 (2016)., 4) M. Suemitsu *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, 112, 011103 (2018)., 5)末光 *et al.*, 秋応物, 6a-A405-8.

【謝辞】 本研究の一部は、科研費(17H06125)の援助を受けた。

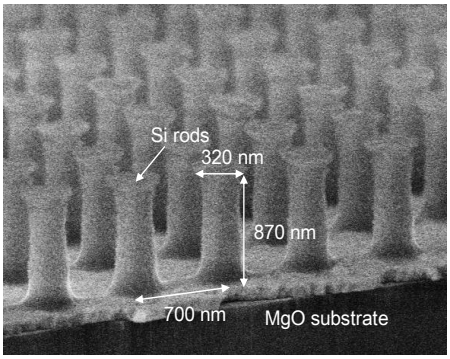

Fig. 1 SEM image of a fabricated thermal emitter.

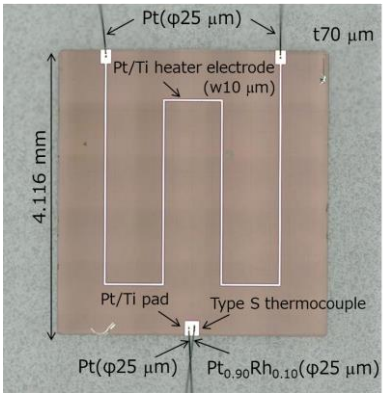

Fig. 2 A thermal emitter with a Pt/ Ti heater electrode.

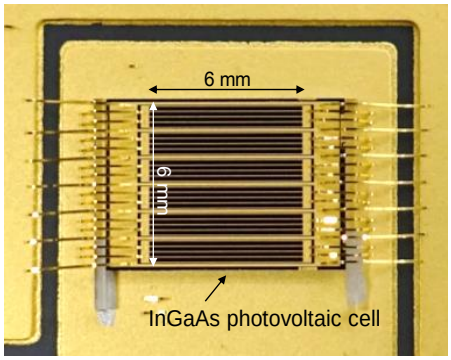

Fig. 3 A fabricated InGaAs photovoltaic cell.

© 2018年 応用物理学会