

## 厚膜 Si 光源を用いた近接場熱光発電における黒体限界を超える光電流の観測 Demonstration of photocurrent exceeding blackbody limit in the near-field thermophotovoltaic system based on a thick Si thermal emitter

京大院工<sup>1</sup>, 成均館大<sup>2</sup>, <sup>○</sup>池田圭佑<sup>1</sup>, 井上卓也<sup>1</sup>, 鈴木泰樹<sup>1</sup>, 石野航哉<sup>1</sup>, 宋奉植<sup>1,2</sup>, 浅野卓<sup>1</sup>, 野田進<sup>1</sup>  
Kyoto Univ.<sup>1</sup>, Sungkyunkwan Univ.<sup>2</sup> <sup>○</sup>K. Ikeda<sup>1</sup>, T. Inoue<sup>1</sup>, T. Suzuki<sup>1</sup>, K. Ishino<sup>1</sup>, B. Song<sup>1,2</sup>, T. Asano<sup>1</sup>, S. Noda<sup>1</sup>

E-mail: k.ikeda@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

[序] 熱輻射光源と太陽電池を光の波長以下の距離まで近接させ発電を行う近接場熱光発電では、近接場光を介した熱輻射伝達により、高出力密度・高効率な発電が可能と期待される。これまで我々は、薄膜 Si 熱輻射光源と Si 中間基板上 InGaAs 太陽電池の近接による光電流の大幅な増強を実証するとともに、黒体限界を超える高出力な光電変換の実証に向けて、厚膜 Si 熱輻射光源と Si 中間基板を近接させたデバイスの作製にも成功している[1,2]。今回、厚膜 Si 熱輻射光源と Si 中間基板上 InGaAs 太陽電池を距離 150 nm まで近接させた熱光発電デバイスを作製し、同温度の黒体限界を超える光電流の観測に成功したので報告する。

[実験結果] 作製した近接場デバイスの模式図を Fig. 1 に示す。本デバイスでは、厚膜 Si 熱輻射光源(厚さ 20  $\mu\text{m}$ )と近赤外太陽電池(InGaAs)

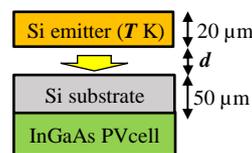


Fig. 1 Cross-sectional view of near-field TPV system.

を、Si 中間基板を介して近接させている。本構造では、光源温度 1050 K

以上かつ近接距離 150 nm 以下の場合に、発電に寄与する近赤外域で、同温度の黒体限界を超えた熱輻射伝達の実現可能と見積られる。実験では、距離  $d=150$  nm を狙った近接場デバイスと、比較のための  $d=2900$  nm の遠方場デバイスの作製を行った。作製したデバイスの厚膜 Si 熱輻射光源部の顕微鏡写真を Fig. 2 に示す。光源の厚さは 20  $\mu\text{m}$ 、大きさは 1 mm 角であり、4 本の細い支持梁(幅 10  $\mu\text{m}$ )で支持する構造とした。作製デバイスの加熱実験を行ったところ、近接場デバイスでは、平均近接距離 150 nm 程度を維持したまま光源を 1200 K まで加熱可能なことが判明した。近接場デバイスと遠方場デバイスについて、光源温度が 1043 K となるように加熱パワーを調整した際に得られた電流電圧特性を Fig. 3 に示す。同図において、十分な逆電圧を印加した場合に得られる光電流密度を比較すると、近接場デバイスは遠方場デバイスと比較して約 8 倍の光電流密度が得られた。なお、電圧 0 V における短絡電流値は直列抵抗の影響によりやや減少しているが、電極構造を工夫することで抵抗の低減が可能である。光源温度を変えた際に両デバイスで得られた光電流密度の測定結果と、同温度の黒体輻射を照射して得られる光電流の計算結果を Fig. 4 に示す。同図より 1192 K では、黒体限界が 959  $\text{mA}/\text{cm}^2$  であるのに対し、近接場デバイスで 1467  $\text{mA}/\text{cm}^2$  の光電流が得られ、黒体限界を超えた光電流の観測に成功したと言える。[文献] [1] T. Inoue et al., Nano Lett. **19**, 3948 (2019). [2] 池田他, 2020 秋応物 10a-Z18-10. [謝辞] 本研究の一部は科研費基盤 S の支援を受けた。

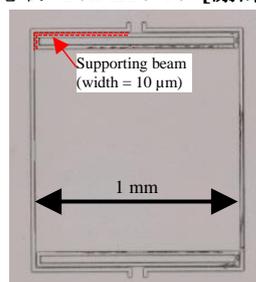


Fig. 2 Microscope image of the fabricated Si thermal emitter supported by four beams.

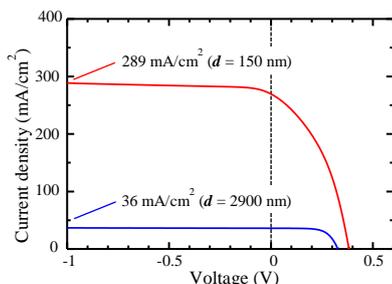


Fig. 3 Current-voltage characteristics of the fabricated near-field and far-field devices. ( $T = 1043$  K)

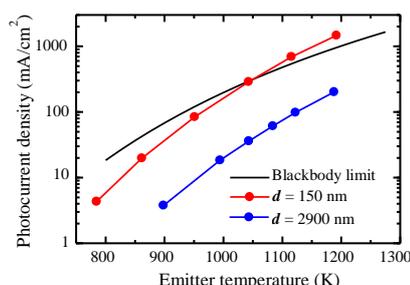


Fig. 4 Measured photocurrent density and calculated blackbody limit as a function of emitter temperature.