## 熱輻射光源・中間基板・太陽電池一体型近接場熱光発電デバイスの提案

Near-field thermophotovoltaic device integrating a thermal emitter, intermediate substrate, and solar cell

京大院工,<sup>O</sup>井上卓也,古山隆章, Kang Daniel Dongyeon,浅野卓,野田進

**Kyoto Univ.**, °**T. Inoue, T. Koyama, D. D. Kang, T. Asano, S. Noda** E-mail: t\_inoue@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づけて発電を行う近接場熱光発電は、高 出力密度・高効率な発電方式として期待される。先行研究においては、個別に作製された熱輻射 光源と太陽電池の近接による発電実証が検討されてきたが<sup>1,2)</sup>、出力の顕著な増大が得られる 300 nm 以下の近接距離と、熱輻射光源・太陽電池間の大きな温度差(>700K)を同時に実現すること が困難であった。また、熱輻射光源と太陽電池の間の熱輻射伝達スペクトルの帯域制御も不十分 であり、高効率化は期待できなかった。今回我々は、高出力・高効率な近接場熱光発電システム を実現するための新たな手法として、中間透明基板の表裏に熱輻射光源と太陽電池を一体化した デバイスを提案し、その設計および試作を行ったので報告する。

[設計] 提案する近接場熱光発電デバイスの模式図を Fig.1 に示す。本デバイスは、高抵抗 Si 中間 基板(厚さ 50 µm)の表側に Si 熱輻射光源(厚さ 2 µm)を微小な空隙(~100 nm)を設けて融着

し、裏面には InGaAs 太陽電池(厚さ 3 µm)を融着した構 造である。Si 熱輻射光源で生じた近赤外熱輻射は、上記の 空隙において近接場光を介して中間基板側の伝搬モード へと引き出され、InGaAs 太陽電池で光電流へと変換され る。ここで Si 光源および太陽電池を薄膜化することで、 高温の Si 及び太陽電池の自由キャリアに起因する長波長 熱輻射伝達を抑制している。また、熱輻射光源と太陽電池 の間に中間基板を挿入することで、太陽電池ドープ層の表 面モードを介した長波長熱輻射伝達を抑制している<sup>3)</sup>。本 デバイスについて、光源支持構造の熱伝導損失を無視し、 光源温度 1400 K および理想的な太陽電池特性を仮定した 場合の、発電パワー・発電効率の空隙幅依存性を計算した 結果を Fig. 2 に示す。空隙を 300 nm 以下とすることで、 発電パワーおよび発電効率の大幅な向上が期待できる。

[作製]以上で設計したデバイスの試作を行った。Si中間 基板とSi熱輻射光源の融着は親水化・加熱接合により行 い、Si中間基板とInGaAs太陽電池の融着はプラズマ活性 化接合を用いた。作製デバイスの表面(熱輻射光源)およ び裏面(太陽電池)の顕微鏡写真をFig.3に示す。光源の 大きさは500µm角であり、幅20µm・長さ100µmの一本 梁で支持することで、熱膨張による応力変形と熱伝導損失 を抑制している。太陽電池の大きさは2mm角である。本 デバイスを用いた近接場熱輻射伝達実験の詳細は別途報 告する<sup>4</sup>。本研究は科研費の支援を受けた。

[文献] 1) R. DiMatteo et al., Appl. Phys. Lett. **79**, 1894 (2001). 2) A. Fiorino et al., Nat. Nanotech. **13**, 806 (2018). 3) T. Inoue et al., Opt. Express **26**, A192 (2018). 4)古山他、本応物.



**Fig.1.** Schematic of the proposed one-chip near-field thermophotovoltaic device.



**Fig.2.** (a) Calculated output power and (b) conversion efficiency of the thermophotovoltaic device as a function of the gap size.



**Fig.3.** Microscope images of the fabricated Si thermal emitter (left) and the InGaAs solar cell (right).