厚膜 Si 熱輻射光源を用いた高出力密度、近接場熱光発電の設計

Design of high power density, near-field thermophotovoltaic system with thick Si thermal emitters

京大院工, ^O池田圭佑, 井上卓也, 鈴木泰樹, 浅野卓, 野田進

Kyoto Univ., ^OK. Ikeda, T. Inoue, T. Suzuki, T. Asano, S. Noda

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程度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である。これまで我々は、薄膜 Si 熱輻射光源(厚さ2µm)と InGaAs 太陽電池を、Si 中間基板を介して近接させたシステムを提案し、実験的に平均近接距離 150 nm 以下を達成し、遠方場と比較して約 10 倍の短絡電流を得ることに成功し

ている[1]。今回、輻射出力密度のさらなる向上を目指して、厚さ 20 μm の厚膜 Si 熱輻射光源を利用した近接場熱光発電システムの設計を行ったので報告する。 [**厚膜光源の発電特性**] Si 熱輻射光源とSi 中間基板・InGaAs 太陽電池からなる近

接場熱光発電システムの断面模式図を Fig. 1 に示す。近接距離(*d*)を 200 nm、光源温度(*T*)を 1300 K に固定し、光源厚さを 2 µm および 20 µm とした場合につ F

いて、太陽電池の吸収スペクトル(実線)および透過スペクトル(破線)を計算し

Si emitter (T K) d Si substrate InGaAs PVcell

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

た結果を Fig.2 に示す。発電に寄与する短波長域に注目すると、光源厚さを 20 µm にすることで、近接 距離 200 nm でも黒体輻射限界(黒線)を超えた熱輻射伝達の実現が期待される。なお、長波長域の透 過損失は、光源厚さが厚いほど増大するが、これらの損失は反射鏡の利用により光源側に回収可能で あると期待される[2]。各場合について理想的な太陽電池を用いた場合の出力密度の計算結果を Fig.3 に示す。光源厚さを 20 µm に増大させることで出力が大幅に増大し、近接距離 100 nm においては、厚 さ 2 µm の場合と比較して 2.2 倍、黒体輻射限界と比較して 3.1 倍の出力を得ることが可能である。

[光源支持構造の設計] 厚膜熱輻射光源を用いた高出力な近接場熱光発電の実証に向けて、熱伝 導損失を抑制し高温に加熱が可能で、平坦性を維持できる光源支持構造の設計を行った。Fig.4 (a)に 設計した光源支持構造の模式図を示す。光源の大きさは第一ステップとして2 mm 角と仮定し、熱膨張 による応力を緩和できるよう、幅 10 µm の4 本の細い梁で支持する構造とした。同図(b)に設計構造を昇 温した際の熱伝導損失と太陽電池の発電パワーの計算結果を示す。同構造では、光源を 1300 K まで

加熱することで、太陽電池の出力(114 mW)に対して熱伝導損失を 1/3 以下(36^(a) mW)にまで抑制でき、高温に加熱することが可能と期待される。また、本構造を 1300 K に加熱した時の垂直変位の計算結果は 22 nm と非常に小さいため、近接 場熱光発電の実証に適しているといえる。本研究の一部は科研費基盤 S の支援 を受けた。[文献] [1] T. Inoue et al., Nano Lett. 19, 3948 (2019). [2] 鈴木他,本応物





Fig. 2 Calculated absorption spectra (solid line) and transmission spectra (dashed line) of the PV cell. (T = 1300 K, d = 200 nm)



Fig. 3 Calculated output power density as a function of Gap (d) (T = 1300 K)



Fig. 4 (a) Designed Si thermal emitter with 10-µm-width supporting beams.(b) Calculated heat conduction loss and output power as a function of emitter temperature