

中間バンドを有する熱放射ダイオードの理論発電密度 (II)

Theoretical power density of thermoradiative diode with an intermediate band (II)

神戸大院工 ○ 原田 幸弘, 喜多 隆

Kobe Univ., ○ Y. Harada and T. Kita

E-mail: y.harada@eedept.kobe-u.ac.jp

【はじめに】熱放射発電は、発電素子からの赤外線放射を利用した発電方法として注目されているが、ナローバンドギャップ半導体で構成される熱放射ダイオード (TRD) では高温で pn 接合を形成することが困難である。我々は中間バンドを有する TRD (IB-TRD) に着目し、伝導帯-IB 間と IB-価電子帯間の遷移を利用した理論発電密度を明らかにしてきた [1]。本研究では、IB を介した遷移の吸収率 (放射率) が発電密度の理論限界に与える影響を明らかにすることを目的とした。

【計算方法】輻射限界における IB-TRD の発電密度は、詳細平衡モデルを用いて計算した。中間バンド型太陽電池 [2] の場合と同様に、IB を介した遷移で電流整合条件を満たし、伝導帯-価電子帯間の電子-正孔対の化学ポテンシャルは IB を介した遷移における化学ポテンシャルの和に一致すると仮定した。また、各遷移の吸収率 a_i ($i=ci, iv, \text{ or } cv$) はバンドギャップエネルギー以上で一定とし、以下の式を用いて各遷移間での光吸収スペクトルの重なりを考慮した。

$$\alpha_i^*(E) = \left\{ 1 - \prod_j [1 - \alpha_j(E)] \right\} \frac{\alpha_i(E)}{\sum_j \alpha_j(E)}.$$

【結果と考察】図 1 に、 $E_{cv} = 0.4 \text{ eV}$ の IB-TRD における発電密度の伝導帯-IB 間と IB-価電子帯間の吸収率 (a_{ci} と a_{iv}) 依存性を示す。ここで、素子温度 $T_c = 500 \text{ K}$ 、環境温度 $T_e = 300 \text{ K}$ 、 $a_{cv} = 1$ とした。図 1(a), 1(b), 1(c) はそれぞれ、 $E_{ci} = 0.20, 0.15, 0.12 \text{ eV}$ における結果である。 E_{cv} の中央に IB が位置する図 1(a) では、発電密度は a_{ci} と a_{iv} に対して対称に変化する。一方、IB-TRD では、IB を介した遷移における電流整合条件に起因して、IB が E_{cv} の中央に位置しない場合に発電密度は最大となる [1]。IB 位置が E_{cv} の中央から離れると発電密度は a_{ci} と a_{iv} に対して非対称に変化し、図 1(c) に示すように $a_{ci} \neq 1$ において最大値を取る。この結果は、バンドギャップエネルギーに応じて IB-TRD の吸収率の最適化が必要であることを示唆している。

【参考文献】 [1] 原田 他, 第 71 回応用物理学会春季学術講演会, 23a-12L-8 (2024). [2] A. Luque and A. Martí, Phys. Rev. Lett. **78**, 5014 (1997).

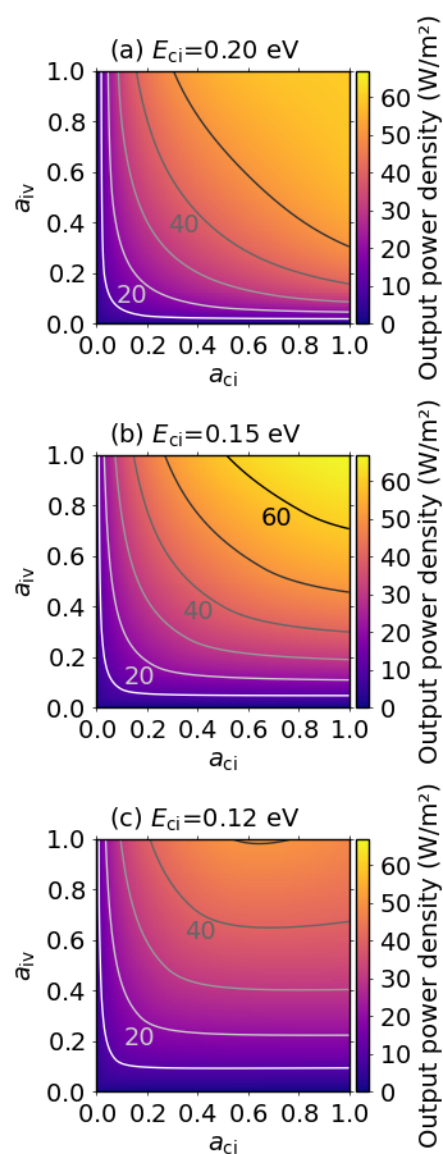


Fig. 1. Output power density of the IB-TRD as functions of a_{ci} and a_{iv} for $E_{cv} = 0.4 \text{ eV}$ at $T_e = 300 \text{ K}$ and $T_c = 500 \text{ K}$. (a), (b), and (c) are the results for $E_{ci} = 0.20, 0.15, \text{ and } 0.12 \text{ eV}$, respectively.