

Teori dan Simulasi Pengaruh Struktur Elektronik Terhadap Performa Sel Termoradiatif = Theory and Simulation of Electronic Structure Effects on the Thermoradiative Cell Performance

Muhammad Yusrul Hanna, author

Deskripsi Lengkap: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=9999920529244&lokasi=lokal>

Abstrak

Sel termoradiatif (TR) menghasilkan energi listrik dari energi panas melalui sambungan p-n. Proses ini melibatkan produksi kelebihan elektron dan hole karena perbedaan suhu antara sel dengan lingkungannya yang menghasilkan rekombinasi radiatif dan emisi foton. Tujuan dari tesis ini adalah untuk memperdalam pemahaman kita tentang bagaimana suhu, ketergantungan celah pita, kehilangan sub-celah pita (sub-bandgap), dan faktor rasio pembangkitan nonradiasi mempengaruhi efektivitas sel TR. Secara khusus, tesis ini berfokus pada semikonduktor celah pita langsung pada golongan III-V.

Dengan menggunakan model keseimbangan terperinci dan perhitungan DFT, efisiensi dievaluasi berdasarkan ketergantungan suhu dan celah pita. Ditemukan bahwa material dengan energi celah pita yang lebih kecil tidak terlalu terpengaruh oleh sub-celah pita dan kehilangan panas. Oleh karena itu, material tersebut lebih efisien. Di antara material yang dikaji (GaAs, GaSb, InAs, InP, dan Si), InAs menunjukkan efisiensi tertinggi sekitar 24,99% pada suhu sel 1000 K. Hal ini disebabkan oleh energi celah pita yang kecil. Selain itu, material dengan celah pita langsung terbukti lebih efisien dalam mengubah radiasi termal menjadi listrik daripada material dengan celah pita tidak langsung.

Tesis ini menunjukkan bahwa efisiensi sel TR dapat ditingkatkan secara signifikan dengan menggabungkan pita perantara, rekayasa celah pita, dan mengoptimalkan sifat intrinsik. Namun, eksperimen lebih lanjut diperlukan untuk memvalidasi temuan ini. Penelitian ini memberikan dasar untuk mengoptimalkan sel TR untuk mencapai konversi energi panas ke listrik yang lebih efisien.

.....Thermoradiative (TR) cells generate electrical energy from thermal energy through p-n junctions. This process involves the production of an excess of electrons and holes owing to the temperature difference between the cell and its surroundings, resulting in radiative recombination and photon emission. The objective of this thesis is to deepen our understanding of how the temperature, bandgap dependencies, sub-bandgap loss, and nonradiative generation ratio factors influence the effectiveness of TR cells. In particular, it focuses on direct-bandgap semiconductors in the III-V group.

Utilizing detailed-balance models and DFT calculations, the efficiency was evaluated based on temperature and bandgap dependencies. It was found that materials with smaller bandgap energies are less affected by sub-bandgap and heat losses; hence, they are more efficient. Among the examined materials (GaAs, GaSb, InAs, InP, and Si), InAs exhibited the highest efficiency of approximately 24.99% at a cell temperature of 1000 K. This was attributed to the small bandgap energy. Moreover, materials with direct bandgaps proved to be more efficient in converting thermal radiation to electricity than those with indirect bandgaps.

This thesis suggests that the efficiency of TR cells can be significantly improved by incorporating an

intermediate band, bandgap engineering, and optimizing the intrinsic properties. However, further experiments are required to validate these findings. This research provides a foundation for optimizing TR cells to attain more efficient thermal-to-electrical energy conversion.