

BaSi₂ 太陽電池の限界発電効率の再検討 Revisiting the limiting efficiency of BaSi₂ solar cells

山梨大クリスタル研 °原 康祐

CCST, Univ. of Yamanashi °Kosuke O. Hara

E-mail: khara@yamanashi.ac.jp

【はじめに】BaSi₂は太陽電池に適した物性を持つ半導体である。デバイスシミュレーションにより、33%の変換効率を示すデバイスの設計が可能であることを以前に報告した[1]。しかし、以前の研究は、間接遷移半導体ではオージェ再結合が支配的になると仮定し、発光再結合を考慮しない点が不十分であった。本研究では、発光再結合を考慮し、BaSi₂太陽電池の限界効率をより正確に求めることを目的とした。

【方法】発光再結合係数は、詳細平衡理論に基づき、光吸収係数の報告値[2]から計算した。ただし、バンドギャップ(E_g)1.3 eV 以下のエネルギーに対する吸収係数は無視した。また、オージェ再結合速度については、マイクロ波光導電減衰法(μ -PCD 法)による報告値[3]を利用した。光生成電流密度 J_L 、太陽電池厚さ W 、全再結合速度 R_{rec} から $J = J_L - qWR_{rec}$ により、外部電流密度 J を計算した。 q は電気素量である。外部電圧 $V \times q$ が擬フェルミ準位の分裂に等しいことから、 V の関数として、キャリア密度、そして R_{rec} 、さらには J を計算することができる。

【結果と考察】発光再結合係数は $1.09 \times 10^{-11} \text{ cm}^3/\text{s}$ と得られた。この値は、Si より 4 桁大きく、GaAs より 1 桁小さい程度の大きい値である。これは、直接遷移ギャップと E_g の差が 0.12 eV しかなく、吸収係数が大きいことに起因している。Figure 1 に、発電効率の計算値を示す。完全な表面反射防止と裏面反射を仮定するとき（実効的なセル厚さ $d = 2W$ ）とテクスチャによる最大の光閉じ込めを仮定するとき（ $d = 4n^2W$ ）の 2 通りについて結果を示してある。また、比較のために Si についての計算値も示した。この結果より、光閉じ込めを最大限すれば、限界効率は 32.4% であることが分かる。これは、Shockley–Queisser 限界(33.2%)に近い。また、光閉じ込めをしなくても、反射防止をすれば、限界効率は 29.5% に達することが分かった。これらは、いずれも同条件での Si の計算結果より大きい。したがって、BaSi₂ により Si より高効率な太陽電池を実現できる可能性があることを確認できた。

【参考文献】 [1] 原、第 81 回応物、2020、オンラインなど。 [2] R. Vismara, *et al.*, *Proc. of SPIE* **9898**, 98980J. [3] Z. Xu, *et al.*, *Phys. Rev. Mater.* **3**, 065403 (2019).

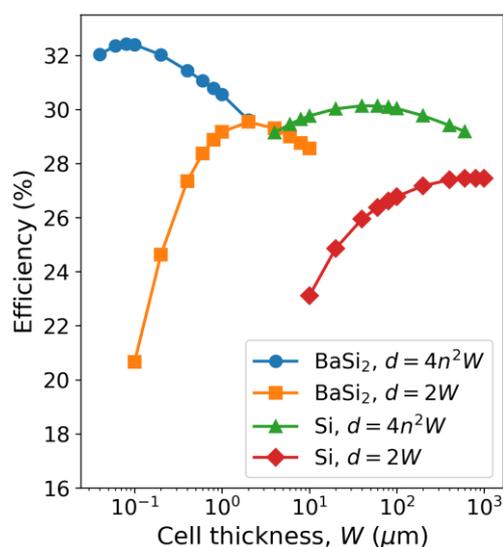


Figure 1 Calculated limits of power conversion efficiencies of BaSi₂ and Si solar cells as functions of W .