

InGaAs 熱光起電力発電セルに向けたパターン化誘電体裏面電極の作製

Fabrication of patterned dielectric back contacts for InGaAs thermophotovoltaic cells

埼玉大院理工¹, 産総研², 東北大院工³, [○](M2)伊達 仁基^{1,2}, 大島 隆治²,

庄司 靖², 斎 均², 清水 信³, 菅谷 武芳², 八木 修平¹, 矢口 裕之¹

Saitama Univ.¹, AIST², Graduate School of Engineering, Tohoku Univ.³, [○](M2)M. Date¹, R. Oshima²,

Y. Shoji², H. Sai², M. Shimizu³, T. Sugaya², S. Yagi¹, H. Yaguchi¹

E-mail: m.date.240@ms.saitama-u.ac.jp

【研究背景】熱光起電力発電(TPV)は、1000-2000°Cに加熱されたサーマルエミッタからの熱輻射光を用いて太陽電池(PV)セルで発電する技術である。In_{0.53}Ga_{0.47}As は TPV セルに適した材料として活発に研究されており[1]、我々はこれまでセル構造の最適化[2]や低直列抵抗化[3]を行ってきた。TPV 変換効率は、セルへの入射強度からサーマルエミッタへの反射強度を引いた実効的な強度に対するセルの発電電力で定義される。更なる高効率化には、サブバンドギャップの光子を透過や寄生吸収による損失を抑えてサーマルエミッタへ反射し、再加熱へ利用することが重要である。図1は輻射源を1400 Kの黒体輻射としてPVセルのE_gに対するTPV変換効率をShockley-Queisser 限界から求めたものであり、裏面反射率が向上することで変換効率が向上することが明らかである。そこで今回、高反射率を実現するためにInGaAsセル裏面にパターン化したSiO₂膜を用いた点接触構造(PDBC)[4]を形成し、TPVが動作を行う高電流密度で評価した。

【実験】MBE法を用いて2インチInP(001)基板上に、文献[2]と同構造のInGaAs逆積みリアヘテロ接合型セルを形成した。まず、逆積みセル上にフォトリソグラフィを用いてパターン化した350 nm厚のSiO₂を形成し、Ti/Auを堆積することでPDBCを作製した。その後、Si支持基板上にエポキシを用いて接着し、化学エッチングによりInP基板を除去した。さらに表面には、Ti/Au(3 μm)からなる電極を形成した。作製したセルは集光測定装置により評価した。

【結果と考察】図2は点接触の直径が4 μmと12 μmである場合の反射率の結果である。PDBCがない場合を基準セルとして示している。点接触の間隔は35 μmに固定した。1700 nmから2300 nmまでの平均反射率は直径4 μmで95.4%、直径12 μmで79.7%、基準セルは85.9%であった。直径4 μmでは期待通りに反射率が最も高かったが、直径12 μmでは干渉の影響で基準セルより反射率が小さくなった。図3は集光測定から得られた短絡電流密度(J_{sc})に対して曲線因子(FF)をプロットしたものである。基準セルは約1 A/cm²でFFが最大値となり、これは1400 KまでのTPV動作に問題がないことを示している。対して、直径4 μmや12 μmの点接触ではFFが約0.1 A/cm²で最大値となった。これはPDBCにより直列抵抗が増加したことを示唆しており、TPV応用には、PDBCの直列抵抗の更なる低減が重要となる。[1] Z. Omair et al., *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **116**, 15356 (2019). [2] R. Oshima et al., *J. Cryst. Growth* **593**, 126769 (2022). [3] 伊達仁基, 他, 第71回応用物理学会春季学術講演会予稿, 24p-P06-2, (2024). [4] M. K. Arulanandam et al., *Sol. Energy Mater. Sol. Cells.* **238**, 111545 (2022).

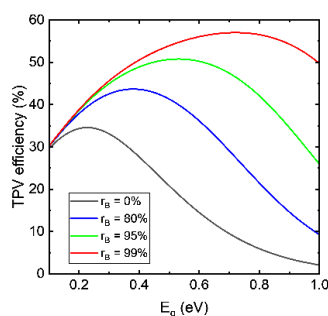


Fig. 1: TPV efficiency as a function of E_g of the PV cell with different reflectance (r_B).

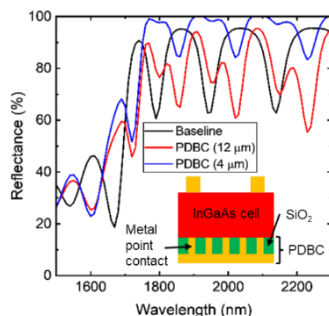


Fig. 2: Reflectance spectra for InGaAs cells with different back contact structures.

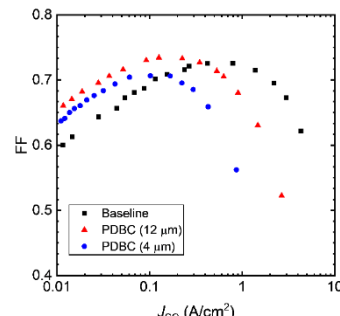


Fig. 3: FF as a function of J_{sc} for InGaAs cells with different back contact structures.