19p-S8-11

光支援型光子援用熱電子発電の効率予想

Efficiency of Resonance-enhanced PETE Energy Converter

阪大院工 [1]，スタンフォード大機械工 [2]，○鷹尾 治樹 [1], Mark A. Cappelli[2]，伊藤 剛仁 [1]

Osaka Univ. [1], Stanford Univ. [2], ○Haruki Takao[1], Mark A. Cappelli[2], Tsuyohito Ito[1]

E-mail: takao@ppl.eng.osaka-u.ac.jp

光子援用熱電子発電（PETE 発電）は理論上 50%を超える高い太陽光エネルギー変換効率の可能性が示唆されており、二酸化炭素を排出しない新規クリーン発電素子として期待されている[1]。半導体であるエミッタから光と熱のエネルギーを受け放出された電子をコレクタで捕集することで発電する手法である。出力密度が高く、可動部がないことから静粛性に優れる等、多くの優れた特徴を備えており、宇宙用電源や砂漠での発電等への様々な応用が期待される。しかし、比較的狭い電極間距離 100 μm の時でさえ、空間電荷によって出力電流が抑制される問題が生じる。そのため、PETE 発電素子実現のためには、極端に狭い電極間距離を実現しない限り、放出電子の陽極への効率的な輸送をもたらす空間電荷緩和が必須である。空間電荷緩和手法として、光励起を用いた効率的な Cs プラズマ生成 (Resonance-enhanced-PETE, or R-PETE) を提案し、高電流密度化が可能である点を計算により示してきた[2]。

本研究では、上記 R-PETE 発電素子実現をもたらすことを目的とし、Particle-In-Cell-Monte Carlo Collision (PIC-MCC)計算方法を用い、空間電荷の効率的な緩和方法の探索を進めている。圧力、励起種密度等の各種パラメーター依存性のほかに、2 つの Cs 励起手法の比較を進めてきた。電極間隙全体において Cs を励起する手法(Case A)と陰極に接触する Cs のみを選択的に励起する手法(Case B)の 2 種である。

シミュレーション結果として、図 1 に Case A と Case B における、Cs を励起することによるエネルギー利得を示す。図 1 は一例ではあるが、他の計算結果においても Case B の方が Case A よりエネルギー利得が高い結果が得られた。高効率 R-PETE 発電素子をもたらすためには、接触電離確率を高めることによる効率的な空間電荷緩和が有効であることを示唆する結果である。

PETE 放出半導体表面での接触電離機構に関する実験を進めており、その結果も含め報告する。

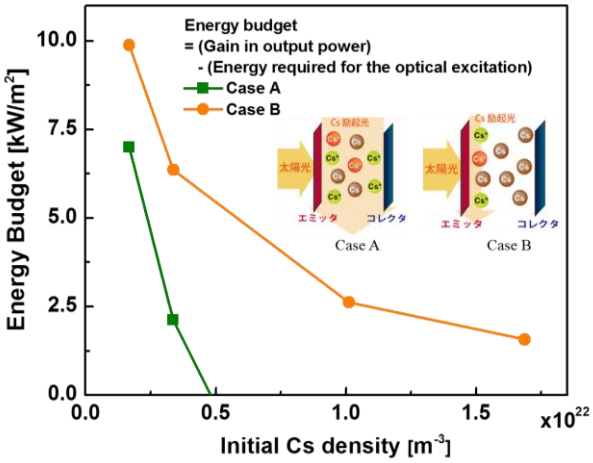

Fig.1. Computed energy budget for Case A (excitation ratio: $N_{Cs*}/(N_{Cs}+N_{Cs*})$= 0.3) and Case B (contact ionization rate: 5.1×10^{-4} m^{-3})

[1] Schwede et. al., *Nature Materials* (2010)

[2] T. Ito et al., *Appl. Phys. Lett.* (2012)

© 2014 年　応用物理学会