

プラズモニック光熱電変換現象

Plasmonic Photo-thermoelectric Phenomenon

東京農工大, [○](B)三輪 魁斗, 久保 若奈

Tokyo University of Agriculture and Technology (TUAT), [○]Kaito Miwa, Wakana Kubo

E-mail: w-kubo@cc.tuat.ac.jp

金属ナノ構造体の局在表面プラズモンが励起されると、金属ナノ構造体内には熱電子が生成する。この熱電子は電子-電子および電子-フォノン緩和を経ながらエネルギーを放出し、その一部は局所熱となるため、金属ナノ構造体の温度は上昇する。この局所熱は最終的に周囲媒体に伝搬する。単一の金ナノ粒子に 100 W/cm^2 の単色光を照射すると、発生する局所熱は約 90 K と報告されている^[1]。つまり、局所熱の発生量は小さくはない。そのため我々は、局在表面プラズモン励起に伴う局所熱を利用すれば、新しい光電変換機構を実現できると考えた。そこで本研究は、プラズモニック構造体に熱電変換材料を組み合わせることで光を照射し、プラズモン局所熱を介する光電変換機構の実現を図った。

実験では、ガラス基板上に銀ナノロッド配列を作製し、その基板表面に熱電材料薄膜を形成した (Fig. 1(a)). 作製した銀ナノロッドは短軸の長さが 105 nm 、長軸は 180 nm であった (Fig. 1(b)). 消光スペクトルを測定すると、銀ナノロッドの短軸プラズモンの共鳴波長は 649 nm であった (Fig. 1(c)). 次に、銀ナノロッド部にレーザーを照射し、熱電変換薄膜に流れる電流を計測した。レーザー光強度は 15 mW で、銀ナノロッドの短軸プラズモンを励起する偏光をもつ。照射レーザーの波長を変化させ、熱電変換素子に発生する電流の波長依存性を調査した。Fig. 1(c)左軸にレーザー照射時の検出電流値を示す。波長 658 nm において、発生した電流量が 45.1 nA と最大であった。また、得られた電流値の波長依存性は銀ナノロッドの消光スペクトルと類似の傾向を示した。一方、熱電変換素子のみに光を照射した場合は同様の波長依存性はみられなかった。光照射によって生じたプラズモン局所熱が周囲の熱電材料に伝搬し、熱電材料内に温度勾配を発生させ、ゼーベック効果に基づく起電力が発生したため、電流を検出できたと結論した。計測した電流値と熱電材料のゼーベック係数を用いて局所熱量を試算すると、素子に発生した局所熱は 1.04 K であった。また、波長 658 nm における外部量子効率(EQE)は、 $5.67 \times 10^{-4}\%$ であった。

Reference [1] G. Baffou et al., *ACS Nano*, **6**, 2452-2458 (2012).

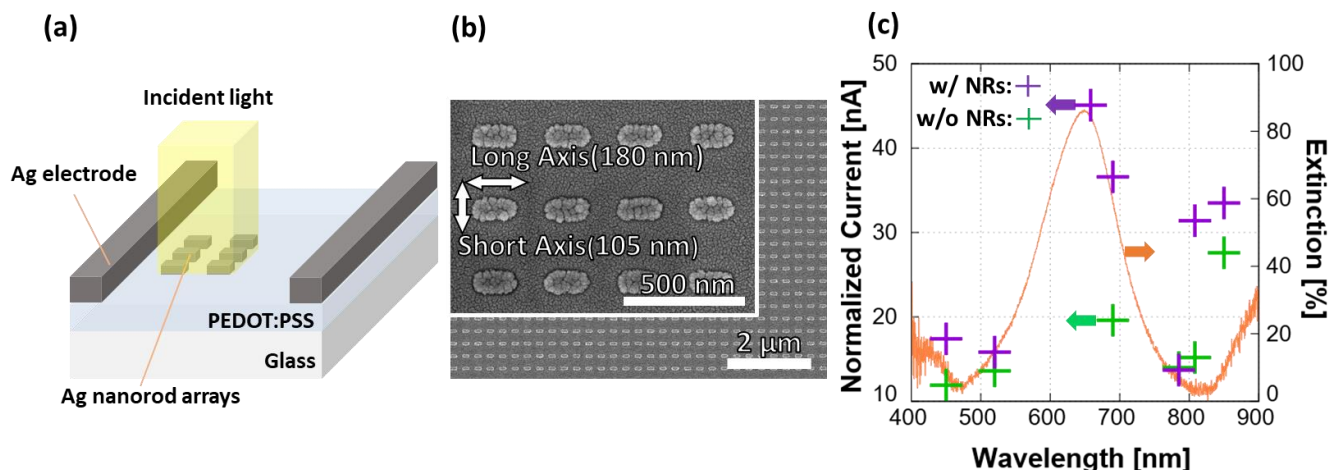


Fig. 1 (a) Schematic of plasmonic photo-thermoelectric device, (b) SEM images of Ag NRs, (c) Extinction spectra of Ag NR and wavelength dependence of photo current for short-axis polarization.