

光アンテナ構造を用いた遠赤外光照射によるプラズモン放射圧の誘起 Plasmon-induced radiation force using optical antennae irradiated by far-infrared light

¹北大電子研、²JST-さきがけ [○]上野貢生^{1,2}、伊藤弘子¹、中野 和佳子¹、野澤 翔¹、
孫 泉¹、三澤弘明¹

¹RIES-Hokkaido Univ., ²PRESTO-JST [○]Kosei Ueno^{1,2}, Hiroko Itoh¹, Wakako Nakano¹, Sho Nozawa¹,
Quan Sun¹, Hiroaki Misawa¹

E-mail: k-ueno@es.hokudai.ac.jp

我々は、遠赤外やテラヘルツ帯域において共鳴を示す光アンテナ構造を構築し、光センサーやイメージング技術を開発することを目的として研究を行っている。本研究では、光アンテナ構造として遠赤外波長域にプラズモン共鳴を示すナノギャップ金チェーン構造のナノメートルサイズのギャップ領域に遠赤外光を閉じ込め、光の放射圧によりポリアクリルアミドゲルの体積相転移を誘起し、遠赤外光によるプラズモン放射圧について検討を行った。

シリコン基板（ノンドーパ）上に、電子ビームリソグラフィ／リフトオフ法により、波長 10.6 μm (124 meV) に局在表面プラズモン共鳴を示すナノギャップ金チェーン構造（ギャップ幅: 6 nm）を作製した。温度では体積相転移が誘起されないポリアクリルアミドゲルを基板上に配置し、波長 10.6 μm の炭酸ガスレーザーを任意の強度照射し、プラズモン放射圧によるポリアクリルアミドゲルの体積相転移を誘起した。なお、体積相転移の検出は、屈折率変化に基づくプローブ光（波長 550 nm、強度～nW）の反射率変化により行った。

図 1(a)に、作製したナノギャップ金チェーン構造の電子顕微鏡写真を示す。ナノギャップ金チェーン構造は、一辺 100 nm の金ナノブロック構造（厚さ 30 nm）をそれぞれ 10 nm オーバーラップさせて 12 個連結した 2 つの金ナノチェーン構造を 6 nm の構造間距離を有して配置した構造となっている。チェーン状に構造を作製することにより双極子プラズモン共鳴バンドのみを選択的に励起することが可能であり、波長選択性の高い赤外・テラヘルツ帯域のアンテナとなる。特筆すべき点は、6 nm のナノギャップ領域において 40,000 倍におよぶ光電場増強が誘起されていることが Maxwell 方程式を用いた時間領域差分法によるシミュレーション結果から見積もられた点である。光の放射圧は、勾配力と散乱力に依存し、勾配力は電場強度とその勾配に大きく依存するため、光電場強度が高く、ナノメートルの空間であるナノギャップ金チェーン構造に光を閉じ込めることにより、波長の長い遠赤外光照射においても、強い放射圧が働くことが予想される。実際に、図 1(b)のプローブ光反射率のレーザー光強度依存性に示すように、入射光偏光がチェーン構造に垂直で波長 10.6 μm の遠赤外光照射ではプラズモン共鳴が誘起されないため、ポリアクリルアミドの体積相転移は誘起されないのに対して、入射光偏光が水平な条件では、顕著に高分子ゲルの体積相転移が観測された。発表では、波長選択性や光に対する応答性についても議論し、遠赤外光センサーとしての有用性を述べる。

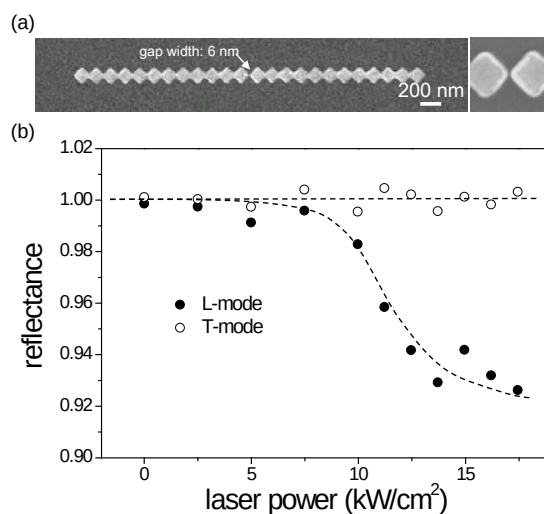


図 1 (a) 作製したナノギャップ金チェーン構造の電子顕微鏡写真、(b) プローブ光反射率のレーザー光強度依存性