

デザインされたプラズモン場によるナノマニピュレーション

Nanomanipulation using designed plasmonic fields

北大電子研 [○]笹木 敬司, 田中 嘉人, 兼田 翔吾RIES, Hokkaido Univ. [○]Keiji Sasaki, Yoshito Tanaka, Shogo Kaneda

E-mail: sasaki@es.hokudai.ac.jp

局在表面プラズモンは、回折限界を超えるナノメートルスケールの領域に光を強く閉じ込める能力がある。特に、ギャップモードプラズモンは、ホットスポットと呼ばれる数～数 10 ナノメートル程度の高強度光局在場を生成する。このプラズモン局在場の極めて高い電場勾配が発生する放射圧を利用して、ナノ微粒子や単一分子をトラップする研究が最近注目されている[1, 2]。我々はこれまで、金ナノブロックペアで生じるプラズモン局在場を使った光トラッピング実験を行い、トラップ微粒子の位置揺らぎをナノスケールで観測することにより、ナノ微粒子に作用するプラズモン増強放射圧を定量的に解析してきた[3, 4]。しかし、これまでのプラズモントラッピングは、ホットスポットの空間的な局在性、すなわち「局在場の大きさ(小ささ)」に着目した研究であり、プラズモン場の空間的な分布「局在場の形状」を考慮した研究は報告されていない。局在場の電場分布によって、ナノ微粒子に作用する放射圧のポテンシャル形状は大きく変化し、その形状を制御することによりナノ空間において微粒子のポジションを自在に操作するナノマニピュレーションを実現することができる。

プラズモン局在場の電場分布をデザインする第一の方法は、金属ナノ構造体の形状設計である。最近の金属ナノ加工技術の進歩により、数ナノメートルの精度で様々な形状の構造体を作製することが可能になっており、極微細な空間スケールでプラズモン場の複雑な分布を形成する技術が開発されている。図 1 は、電子線ビームリソグラフィ／リフトオフ法により、ガラス基板上に作成した金ナノブロックのツインペア構造体である。4 枚のブロック(一辺 150 nm)により 2 つのギャップ(20 nm)が距離 80 nm で配置される形状となっている。我々はこの金ナノ構造体により粒径 100 nm の高分子微粒子に放射圧を作用させ、回折限界を遥かに超える 100 nm 以下の間隔で 2 つのトラップサイトを形成する実験に成功した。

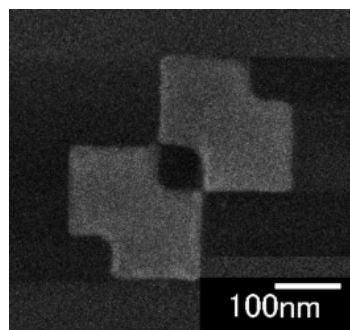


図 1 金ナノツインペア構造

プラズモン場の分布形状は、金属ナノ構造体に照射する光の偏光状態や周波数、入射角度や位相によっても制御することが可能である。我々は、ホットスポット内部におけるプラズモン場のナノスケール空間プロファイルが、単一のピークではなく、複雑な微細構造を示すことを理論的に明らかにした[5]。このナノパターンは、双極子や四重極子、さらに高次の多重極プラズモンモードの強め合いや弱め合いの干渉によって生成され、励起光学系のパラメーターを制御することで、パターンを劇的に変化させることができる。本発表では、このデザインされた局在表面プラズモン場を用いたナノ微粒子マニピュレーションの理論的・実験的解析について報告するとともに、微粒子に作用する捕捉ポテンシャルをナノ空間で制御する手法について紹介する。

[1] W. Zhang, et al., *Nano Lett.* **10**, 1006 (2010). [2] H. Xu, et al., *Phys. Rev. Lett.* **89**, 246802 (2002).[3] Y. Tanaka, et al., *Opt. Exp.* **19**, 17462 (2011). [4] Y. Tanaka, et al., *Appl. Phys. Lett.* **100**, 21102 (2012).[5] Y. Tanaka, et al., *Sci. Rep.* **2**, 764 (2012).