

金属ナノ四量体の光学特性 —多極子相互作用へ向けて—

Optical property of metal nano tetramer – for multipole light-matter interactions –

北大電子研¹, [○]酒井恭輔¹, 北嶋大暉¹, 菅原翔太郎¹, 笹木敬司¹

RIES Hokkaido Univ.¹, [○]Kyosuke Sakai¹, Hiroki Kitajima¹, Shotaro Sugawara¹, Keiji Sasaki¹

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

光がもつ角運動量に関しスピン(σ)に加え軌道成分(l)が見いだされ¹⁾、新たな光制御の可能性が議論されている。光渦を用いた微粒子回転や量子情報操作に加え、原子に束縛された電子に対し、光の全角運動量($\sigma+l$)= $\pm 2\hbar$ が作用する電子遷移過程へと研究は展開している^{2,3)}。我々はこれまで、光渦から金属表面プラズモンへの角運動量の転写手法を報告してきた⁴⁾。さらに、ナノメートル程度の微小領域へプラズモン光渦を局在させる方法も提案し⁵⁾、光渦と電子の波動関数を大きく近づけることが可能になりつつある。今回、光渦に導入する原子として⁸⁷Rb($5P_{3/2} \rightarrow 6P_{3/2}$: 911 nm)を想定し、プラズモン光渦を局在させるための金属ナノ構造体の構造設計を行ったので報告する。

図1(a)に金属ナノ構造体の模式図を示す。4つの三角形からなるクローバー構造(四量体)であり、試料作製時に避けることの出来ない角の丸みは曲率 15 nm(赤線)とし、ギャップ間隔(G)は現実的に作製可能な 50 nm とした。金を用いて本構造をガラス基板上に作製した際の近接場スペクトルの計算値を図1(b)に示す。三角形の一辺の長さ(丸みを与える前の長さ: L)を増加させるに従い、プラズモン共鳴のピーク波長が長波長側へ移動することが分かる。また、 $L=190$ nmの構造で、ピーク波長が 910 nm 程度となった。波長 911 nm での近接場(電場)の強度分布を、図1(c)に示す。ギャップ部分に四重極子場が形成している様子が確認できる。以上の数値計算から得られた設計に従って作製した試料の電子顕微鏡像を図1(d)に示す。辺はわずかに歪んでいるが、ほぼ設計値通り($L=200$ nm, $G=55$ nm)の構造が作製できた。本試料に対して、垂直上方よりベクトルビームを照射することで、ギャップ部分に四重極子場を形成できると期待される。作製した試料に関する光学特性など詳細は当日報告する。

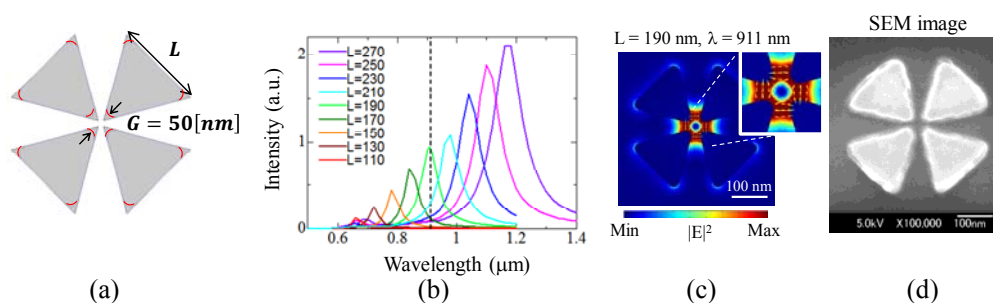


Fig. 1 (a) Schematic of our tetramer metal structure. Red curves indicate the corner roundness expected in experiments. (b) Near-field intensity spectra. A vertical dotted line shows 911 nm. (c) Electric-field intensity distribution. Yellow triangles indicate electric-field vectors. (d) Scanning electron microscope (SEM) image of fabricated sample designed with $L=190$ nm.

- 1) L. Allen, et al., PRA **45**, 8185 (1992). 2) Franke-Arnold, et al., Philos. Trans. A Math. Phys. Eng. Sci. **375**, 2015435 (2017). 3) C. T. Schmiegelow, et al., Nat. Comm. **7**, 12998 (2016). 4) K. Sakai, et al., Scientific Reports, **5**, 8431 (2015). 5) K. Sakai, et al., CLEO/Europe-EQEC 2017.