

※課題番号 : F-12-HK-0021
※支援課題名 (日本語) : 対称型プラズモン構造体の光学特性に関する研究
※Program Title (in English) : Study on optical properties of symmetric plasmon materials
※利用者名 (日本語) : 井村考平
※Username (in English) : Kohei Imura
※所属名 (日本語) : 早稲田大学理工学術院
※Affiliation (in English) : School of Advanced Science and Engineering, Waseda University

※概要 (Summary) :

電子線リソグラフィ・リフトオフ微細加工技術を用いて、ガラス基板上に棒状構造を基本とする比較的高い対称性をもつナノ構造体を作製した。作製したナノ構造体の消衰スペクトルは、可視域から近赤外域に複数の共鳴ピークを示す。ピーク波長は構造体のサイズとともに長波長側にシフトする。ピーク波長のサイズ依存性は、プラズモン共鳴に典型的な特性であることから、観測される共鳴ピークは、プラズモン共鳴に帰属されることが明らかとなった。プラズモンモードの帰属を行なうため、近接場光学顕微鏡による観測を行った。現在、空間特性の解析法を検討している。

※実験 (Experimental) :

超高精度電子ビーム露光装置およびヘリコンスパッタリング装置を用いてガラス基板上に金のナノ構造体を作製した。この構造は、ほぼ同じ長さの横棒3本、縦棒1本の合計4本の棒から構成される。棒の長さの異なる同様の構造を複数作製し、それらのファーフールド光学特性を分光測定した。また、離散双極子近似 (DDA) に基づいた電磁気学計算により、構造体の光学特性を評価した。さらに、ナノ構造体内部に励起されるプラズモンの空間構造を可視化するために、近接場光学顕微鏡を用いて透過スペクトルマッピング測定を行なった。

※結果と考察 (Results and Discussion) :

作製した金ナノ構造体の走査電子顕微鏡像 (SEM) を図 1(a) に示す。一辺の長さが、1000 nm, 800 nm, 600 nm, 400 nm の合計四種類のナノ構造体を作製し、SEM 像の観測から、ナノ構造体はいずれも設計通り高い精度で作製できていることが明らかとなった。

一辺の長さが 400 nm のナノ構造体において測定した消衰スペクトルを図 1(b) に示す。ここでは、図 1(a) の縦方向の偏光成分を検出して測定を行なった。可視域から近赤外域に複数の共鳴ピークが存在することが分かった。観測されるスペクトル特性は、偏光方向に強く依存する。例えば、波長 550 nm 近傍のピークは、縦方向の偏光測定のみで観測される。

金ナノ構造体の分光特性のサイズ依存性を測定した結果、構造体の大きさとともに消衰ピーク波長が長波長側にシフトすることが明らかとなった。共鳴波長のサイズ依存性は、プラズモン構造体において観測される特徴と定性的に一致する。また、観測結果は、計算により定性的に良く再現することができる。以上の結果から、図 1(b) において観測される共鳴ピークは、

プラズモン共鳴に帰属されることが明らかとなった。

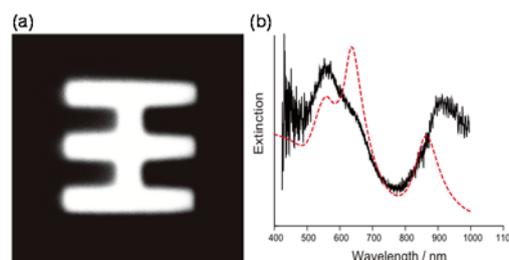


図 1 (a) 金ナノ構造体の走査電子顕微鏡像。イメージサイズ：約 $1.5 \times 1.5 \text{ mm}^2$ 。(b) 作製した金ナノ構造体のファーフールド消衰スペクトル。実線：測定結果、破線：計算結果。

※その他・特記事項 (Others) :

・今後の課題：測定条件を検討することで近接場イメージのコントラストを向上させ、プラズモンモードを明瞭に可視化する計画である。また、電磁気学計算による光電場分布の可視化も検討している。実験・理論の両面から、ナノ構造体に励起されるプラズモンモードの可視化・理解を図る計画である。

・参考文献

[1] K. Imura, H. Okamoto, Handbook of Nano-Optics and Nanophotonics, ed. M. Ohtsu, Springer-Verlag in press (2013).

共同研究者等 (Coauthor) :

(早稲田大学) 市川陽一, 今枝佳祐
(分子科学研究所) 岡本裕巳
(北大電子研) 上野貢生, 三澤弘明

論文・学会発表 (Publication/Presentation) :

[1] K. Imura, K. Ueno, H. Misawa, H. Okamoto, J. Phys. Chem. C 117, 2449-2454 (2013).
[2] 井村考平, 今枝佳祐, 上野貢生, 三澤弘明, 岡本裕巳, 第 6 回分子化学討論会, 4D17, 東京大学, 9 月 (2012).
[3] 市川陽一, 今枝佳祐, 上野貢生, 三澤弘明, 岡本裕巳, 井村考平, 日本化学会第 93 春季年会, 3G7-29, 立命館大学, 3 月 (2013).

関連特許 (Patent) : なし