

課題番号 : F-16-HK-0053
 利用形態 : 共同研究
 利用課題名(日本語) : 結合プラズモニックナノ構造の近接場分光特性
 Program Title (English) : Near-field spectral properties of coupled plasmonic nanoparticle arrays
 利用者名(日本語) : 久保 敦
 Username (English) : Atsushi Kubo
 所属名(日本語) : 筑波大学数理物質系物理学域
 Affiliation (English) : Division of Physics, Faculty of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba

1. 概要(Summary)

本研究では、複雑な設計の結合プラズモニックナノ構造のグレーティング効果について検討した。多光子光電子顕微鏡を用いて近接場スペクトルを測定したところ、遠視野場だけではなく、近接場においてもグレーティング効果が生じることを明らかにした。さらに、本研究では、プラズモンのモードの種類によって、グレーティング効果に差があることを実験、およびシミュレーションにより明らかにすることに成功した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

超高精度電子ビーム露光装置 (ELS-F130HM)、ヘリコンスパッタリング、時間分解光電子顕微鏡 (PEEM)、高分解能電界放射型走査型電子顕微鏡 (JSM-6700FT)

【実験方法】

ITO ガラス基板上に任意の設計の金ナノ構造を電子ビームリソグラフィ/リフトオフ法により作製した。また、波長可変のフェムト秒レーザーを PEEM に導入し、光電子強度のアクションスペクトル(近接場スペクトル)を計測した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

本研究では、参照として単純な金ナノブロック構造 (Fig. 1(b))、プラズモンハイブリダイゼーションを示す金 dolmen 型構造 (Fig. 1(a))、および Fano 共鳴を示す金ヘプタマー構造 (Fig. 1(c)) の 3 種類の構造を作製し、遠視野場、および近接場における分光特性を検討した。遠視野場スペクトルにおいては、グレーティング効果に基づいて金ナノブロック構造の共鳴波長は構造周期に応じて特徴的な波長シフトを示すことが明らかになった。また、金 dolmen 型構造においても同様の傾向が計測された。近接場スペクトルを測定してみたところ、Fig. 1(d)に示すようなある構造周期において最も長波長シフトする実験結果が得られ、遠視野場と同様に近接場においてもグレーティング効果が存在することが明らかになった。そこで、電磁場シミュレーションにより波長シフトについて検討してみたところ、Fig. 1(d)の示すような応答が示され、実験結果をほぼ再現した。一方、Fano 共鳴を示す金ヘプタマー構造は、明モードである双極子共鳴プラズモンと暗モードである四重極子

共鳴プラズモンとの干渉によって遠視野場のスペクトルに凹みが生じるが、近接場スペクトルでは光電場強度の大きい暗モードが顕著に観測される。特筆すべきは、暗モードは散乱が抑制されるため、Fig. 1(d)に示すようにほとんどグレーティング効果による波長シフトを示さないことである。本研究では、近接場スペクトル計測により結合プラズモニックナノ構造のグレーティング効果を明らかにした。

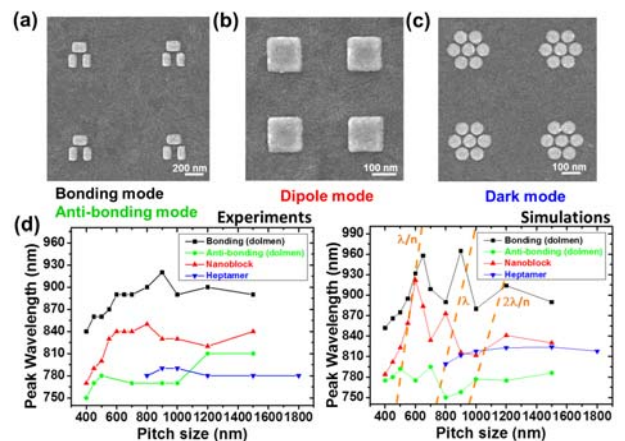


Fig. 1 (a-c) SEM images of Au dolmen, Au nanoblock, Au heptamer, which support two hybridized plasmon mode, dipole mode, and dark mode, respectively. (d) Experimental (left) and simulated (right) near-field peak wavelengths vs. pitch sizes for different types of Au nanostructures.

4. その他・特記事項(Others)

共同研究者: Han Yu, Quan Sun, 上野貢生, 押切友也, 松尾保孝, 三澤弘明 (北海道大学)

関連文献:

- 1) Han Yu, Quan Sun, Kosei Ueno, Tomoya Oshikiri, Atsushi Kubo, Yasutaka Matsuo, and Hiroaki Misawa, ACS Nano **10** (2016) 10373.
- 2) Han Yu, Quan Sun, Jinghuan Yang, Kosei Ueno, Tomoya Oshikiri, Atsushi Kubo, Yasutaka Matsuo, Qihuang Gong and Hiroaki Misawa, Opt. Express **25** (2017) 6883.

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation) なし

6. 関連特許 (Patent) なし