

課題番号 : F-13-HK-0032
利用形態 : 共同研究
利用課題名 (日本語) : 光電子顕微鏡を用いたナノギャップ金構造の近接場イメージング
Program Title (English) : Near-field imaging of the nanogap gold structure using photoemission electron microscope
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
Affiliation (English) : Graduate School of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba

1. 概要 (Summary)

複数の金属ナノ粒子からなるプラズモニック構造に担持される局在型表面プラズモン共鳴 (LSPR) の固有振動数、および固有モードの空間的な広がりや対称性は、ナノ粒子同士の近接の度合いや物理的接触の有無、またはナノ粒子の数などによって鋭敏に変化する。ナノ粒子 2 連球からなる構造では、微小ギャップを隔てた場所に局所的な電場増強を呈すが、粒子同士の接触と共に消失し、非局在化した双極子モードと四重極子モードに大きく分裂する。また、多粒子配列構造にお

いては極めてスペクトル幅の狭い固有モードが生じるとの理論予測もなされている。本研究では~100nm サイズの金ナノブロック構造を直線的に並べたナノギャップ金構造に着目し、近接場の空間分布について、10 nm 以下の空間分解能で「内部構造」をイメージングすることを目的とする。

2. 実験 (Experimental)

ガラスや酸化チタンなどの固体基板上に電子ビームリソグラフィ/金スパッタ成膜/リフトオフによってナノギャップ金構造体を作製した。光電子顕微鏡 (PEEM) にフェムト秒レーザーを導入し、ナノギャップ金構造の近接場の空間分布のイメージングを行った。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

試料に高電圧 (20 kV) が印加される PEEM で安定した像を得るためには基板の選択が重要であることが判明した。つまり、基板表面に電気伝導性を有する必要があることがわかった。したがって、まず北大電子研で研究が先行するニオブを 0.05 wt% ドープした酸化チタン基板上に形成したナノギャップ金構造の近接場の空間分布 について検討した。PEEM による観察結果を Fig. 1 に示す。本結果は、フェムト秒レーザービームの他に水銀ランプからの光源も同時に入射し、多光子励起に基づくプラズモン増

強場の近接場強度分布だけではなく、1光子励起に基づく金からの光電子も観測されている。これにより、プラズモン増強に基づくホットサイトを明確に確認することが可能になる。二つの金 ナノブロックのギャップ部から局所的に強い光電子放出が生じており、当手法により局在プラズモン共鳴に基づく近接場の空間分布 を数 nm の空間分解能で画像化できることが確認された。

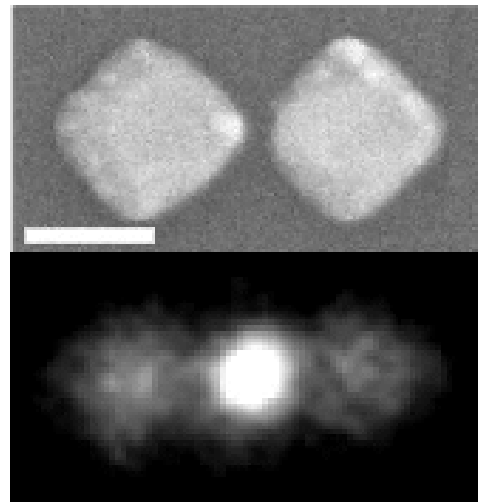


Fig. 1. SEM image (upper) and PEEM image (lower) of the nanogap gold structure. A white line (scale bar) indicates 100 nm.

4. その他・特記事項 (Others)

・共同研究者等 (Coauthor) : Quan Sun、Yu Han、上野貢生、三澤弘明

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

- (1) Q. Sun, A. Kubo et al., *Light: Science & Applications*, **2**, e118 (2013).
- (2) Q. Sun, A. Kubo et al., 第 61 回応用物理学会 春季学術講演会、青山学院大学、神奈川、3 月 (2014).

6. 関連特許 (Patent)

なし。