

課題番号 : F-18-HK-0038  
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光極限集約系の評価  
Program Title(English) : Investigation of the Ultimate Light Confined Field through Photoemission Electron Microscope Measurements  
利用者名(日本語) : 及川隼平, 南本大穂, 村越 敬  
Username(English) : S. Oikawa, H. Minamimoto, K. Murakoshi  
所属名(日本語) : 1) 北海道大学大学院理学研究院  
Affiliation(English) : 1) Department of Chemistry, Faculty of Science, Hokkaido University  
キーワード / Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置, Plasmon, Nano-scale light confined field, Electrochemistry

## 1. 概要(Summary)

数ナノメートル程度に近接した金属二量体構造へ特定波長の光を照射すると、局在表面プラズモンの誘起に伴い光の回折限界以下の局所間隙空間に強く光エネルギーを閉じ込めることが可能になる。これまでに当研究室では、金属単粒子が結合した二量体構造を電気化学的に酸化溶解することで、粒子間に 1 nm 以下の分解能で間隙を作製することに成功した。これにより、その間隙空間に光を極限まで局在化させることによる極小の強光反応場を形成し得ること可能性が提案された。しかしながら、その光の局在性等に関する明確な調査は散乱スペクトルによってのみ行われており、更なる手法による詳細な光学特性の評価が求められていた。

本研究では、電気化学手法により作製した光極限集約系を、超高速時間分解光電子顕微鏡システムを用いて評価することを試みた。各波長に依存した詳細な光応答特性を調査し、散乱スペクトルと比較することで、系の詳細な理解を目指した。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

超高精度電子ビーム描画装置(ELS-F125),ヘリコンスパッタリング装置(MPS-4000C1/HC1)

### 【実験方法】

電子線リソグラフィ手法により作製した Au 二量体構造を電気化学酸化溶解することで Au 二量体構造を調製した。その後、洗浄、減圧乾燥をした後に光電子顕微鏡(PEEM)システムに基板を導入し、各波長における光電子像を取得し、取得した各像の光電子数を規格化することで、光電子スペクトルを取得した。

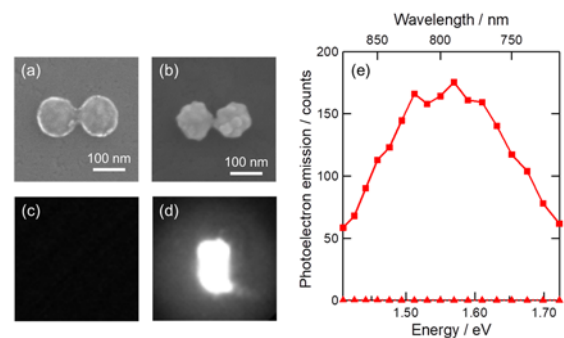


Figure. SEM images of Au nanodisk dimer (a) before and (b) after dissolution. Photoelectron emission images of Au nanodisk dimer (c) before and (d) after dissolution. (e) photoelectron spectra of single Au nanodisk dimer (▲) before and (■) after dissolution. Diameter and thickness of single Au nanodisk are 100 nm, respectively. Interpretable separation before dissolution is ~5 nm. Electrochemical dissolution was performed in 10 mM KBr at the electrode potential of 0.74 V vs. Ag/AgCl for 400 s.

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

Figure の a, b に示す電気化学溶解前後に取得した Au 二量体構造の走査型電子顕微鏡像から、電気化学処理後に粒子間に極小の間隙形成が確認された。散乱スペクトルからは、1 nm 以下の間隙を有する構造に顕著に表れる高次プラズモンの発現が確認されており、得られた構造は 1 nm 以下の間隙を有することが示された。非常に興味深いことに、電解処理後に取得した光電子顕微鏡像(Figure d)からは、顕著な光電子量の増加応答が確認され、波長応答性は散乱スペクトル形状と良い一致を示すことが分かった。得られた光電子量は 5 nm 程度の間隙を持つ構造の光電子よりも数倍大きな値を示しており、間隙形状に依存した光学情報が得られるという点から、PEEM 測定を通じて詳細な光極限集約系の調査が可能になることが提唱された。

## 4. その他・特記事項(Others)

共同研究: 孫 泉, 上野貢生, 三澤弘明

本研究は、JSPS 科研費 16H06506(新学術領域研究「光圧ナノ物質操作」)の助成を一部受け行った。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし

6. 関連特許(Patent) なし