

課題番号 : F-20-HK-0025  
利用形態 : 共同研究  
利用課題名(日本語) : 金ナノプレートの近接場二光子発光計測  
Program Title (English) : Near-field two-photon excitation microscopy of single gold nanoplates  
利用者名(日本語) : 長谷川誠樹<sup>1</sup>, 井村考平<sup>1</sup>  
Username (English) : Seiju Hasegawa<sup>1</sup>, Kohei Imura<sup>1</sup>  
所属名(日本語) : <sup>1</sup>早稲田大学先進理工学部  
Affiliation (English) : <sup>1</sup>School of Advanced Science and Engineering, Waseda Univ.  
キーワード/Keyword : 成膜・膜堆積, リソグラフィ・露光・描画装置, プラズモン

## 1. 概要(Summary)

金属ナノ構造体は、光を構造体近傍に閉じ込めて光電磁場を増強する。増強光電場は、化学センシングや光エネルギー変換、また光ナノデバイス等に利用可能であることから、近年精力的に研究が行われている。特に、金ナノプレートは、二次元的な広がりがあることから、化学反応や蛍光増強場として有望である。一方、金ナノプレートは、効率は低いものの発光することから、プレートの蛍光増強基板への応用を進める上では、プレート単体の発光特性を理解することが重要である。本研究では、超精密ナノ加工技術を用いて、さまざまな金ナノプレートを作製し、その発光特性を明らかにすることを目的とした。

## 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】

超高精度電子ビーム描画装置を用いて、ガラス基板上の金ナノプレート構造を作製した。金ナノ構造の厚みは 50 nm, 1 辺の長さは 400-1200 nm である。金薄膜の堆積にはヘリコンスパッタリング装置を用いた。薄膜の結晶性を確認するため、別途ガラス基板上に金薄膜を成膜しその X 線回折を測定した。試料の二光子発光特性は開口型近接場光学顕微鏡により評価した。光源には、モードロックチタンサファイヤレーザーを用いた。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

金薄膜の X 線回折の結果から、薄膜が多結晶であることが明らかとなった。近接場光学顕微鏡を用いて測定した金ナノプレートの表面形態像を Fig. 1 (a) に示す。図から、多結晶であるがプレートの表面は凹凸がなく滑らかであること、プレートの 1 辺の長さが 1000 nm

であることが分かる。励起波長 830 nm において、金ナノプレートを光励起したところ、近接場での光強度が 20  $\mu\text{W}$  を超えると、金からの二光子発光が観測されることが明らかとなった。蛍光分子の励起に必要な励起光強度は、4  $\mu\text{W}$  程度である。このことは、蛍光増強観測においては金の二光子発光は問題にならないことを示す。Fig. 1 (b) に、励起光強度が 36  $\mu\text{W}$  で測定した金ナノプレートの近接場二光子励起像を示す。試料上で局所的に二光子励起確率が増大し、特徴的な空間パターンが可視化されていることがわかる。この空間パターンは共鳴励起されるプラズモンモードを反映していると考えられ、蛍光増強においてもプレートプラズモンが利用できることを示す。

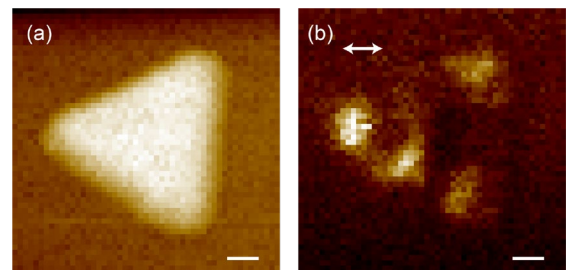


Fig. 1. (a) Topographic image of a single gold nanoplate. Fig. 1 (b) Near-field two-photon excitation image of the gold nanoplate. White arrow indicates a polarization of the incident field. Excitation wavelength: 830 nm. Excitation intensity: 900  $\mu\text{W}$  (before coupling). Scale bars: 200 nm.

次年度は、金属ナノプレート上に蛍光色素を分散させ、近接場イメージングを行う計画である。これにより、プラズモンと分子の相互作用の解明を目指す。

## 4. その他・特記事項(Others)

共同研究者: 押切友也, 三澤弘明(北海道大学)

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

なし

## 6. 関連特許(Patent)

なし