

課題番号 : F-13-HK-0031
利用形態 : 機器利用
利用課題名 (日本語) : 光電子顕微鏡による積層型ナノギャップ金構造の光学特性評価
Program Title (English) : Optical properties of stacked nanogap gold structures by photoemission electron microscopy
利用者名(日本語) : 松塚 祐貴
Username (English) : Yuki Matsuzuka
所属名(日本語) : 北海道大学大学院情報科学研究科
Affiliation (English) : Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University

1. 概要 (Summary)

金属ナノ構造は、可視または近赤外波長域において局在表面プラズモン共鳴を示し、構造体近傍において光電場増強効果を示す。ナノギャップ構造においては、入射光電場によって誘起されるプラズモンのブライトモード (同位相のモード) と構造間の電磁的な相互作用、あるいは光軸方向に配列した構造では入射光の位相のずれによって励起されるダークモード (逆位相モード) の二つのモードが励起される。特に、ダークモードは通常の遠視野場では観測できないため、光学特性や光電場増強効果に関して明らかになっていない点が多い。本研究では、単結晶酸化チタン基板上に金/誘電体/金の3層からなるナノギャップ金(MIM)構造を作製し、フェムト秒レーザー励起の光電子顕微鏡測定により、構造の光電場増強効果やダークモードのスペクトル特性について検討した。

2. 実験 (Experimental)

酸化チタン単結晶基板上に、厚さ 30 nm の金薄膜、任意の厚みのアルミナ薄膜、および厚さ 30 nm の金薄膜をスパッタリング装置 (金成膜) と原子層堆積装置 (アルミナ成膜) により積層した。また、金と基板、金とアルミナ薄膜の間に厚さ 2 nm のチタンを接着層として成膜した。金/アルミナ/金を積層した基板上に電子ビーム露光用のレジストをスピコートにより成膜し、電子ビームリソグラフィー/ドライエッチング法により積層型金ナノ構造体を作製した。また、遠視野場における積層型ナノギャップ金構造の分光特性は、FT-IR 測定により検討した。光電場増強効果は、フェムト秒レーザー (λ_p : 800 nm, τ_p : 100 fs, f : 80 MHz) 励起の光電子顕微鏡 (PEEM) を用いて近接場の空間分布と光電子強度のアクションスペクトルを測定した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

Fig. 1 (a)に、中間のアルミナ層を 20 nm の厚みになるように作製した積層型ナノギャップ金構造体の電子顕微鏡写真を示す。基板に対して垂直方向に 20 nm のギャップを有する積層型金構造体を作製できていることを確認した。Fig. 1 (b)に、積層型ナノギャップ

金構造の反射スペクトル (赤)と構造において観測された光電子強度を入射波長に対してプロットした光電子強度のアクションスペクトル(黒)を示す。Fig. 1 (b)の反射スペクトルより、積層型ナノギャップ金構造体由来のブライトモードとダークモードの干渉により、ファノ共鳴と呼ばれる反射スペクトルにディップが観測された。また、光電子強度のアクションスペクトルでは、反射スペクトルのディップが観測された波長付近においてシャープなピークが観測され、電磁場解析結果から、本ピークはダークモードプラズモンであると考察された。本結果から、ダークモードプラズモンの光電場増強効果を光電子顕微鏡により実験的に明らかにすることに成功した。

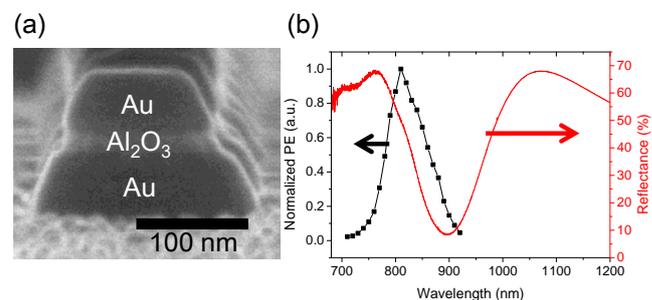


Fig. 1(a) SEM image of MIM structures. (b) Reflection spectrum (red line) and photoemission electron intensities (black line) plotted against excitation wavelengths of the MIM structures shown in (a).

4. その他・特記事項 (Others)

なし。

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

(1) Y. Matsuzuka et al., The 26th International Conference on Photochemistry, KU Leuven, Leuven, Belgium, July (2013).

(2) 松塚祐貴 他、2013年光化学討論会、愛媛大学、9月 (2013).

6. 関連特許 (Patent)

なし。