

課題番号 : F-21-HK-0066
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : プラズモン-フォトニック結晶結合系の分光特性
 Program Title (English) : Spectroscopic properties of plasmon-photonic crystal coupling systems
 利用者名(日本語) : 宮崎凜
 Username (English) : Miyazaki Rin
 所属名(日本語) : 北海道大学総合化学院
 Affiliation (English) : Graduate School of Chemical Sciences and Engineering, Hokkaido University
 キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置、成膜・膜堆積、分析

1. 概要(Summary)

本研究では、 Q 値の高い 1 次元フォトニック結晶 (1D-PhC) 上にナノギャップ金 2 量体構造を作製し、共鳴の Q 値が高いフォトニック構造と小さなモード体積(V)の金属ナノ構造を組み合わせることで、ナノ空間に光を効率的に閉じ込め、高い光電場増強場の創製を試みた。

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 100 KV
- ・多元スパッタ装置
- ・電界放射型走査電子顕微鏡

【実験方法】

波長 808 nm にストップバンドを有する 1D-PhC(誘電体多層膜) 上に、電子線リソグラフィ/リフトオフ法によりナノギャップ金 2 量体構造を作製し、分光特性を検討した。また、FDTD 法を用いた電磁場解析によってハイブリッド構造の光電場分布について評価した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1 に作製した構造の SEM 像を示す。ナノギャップを有する金 2 量体構造が作製できていることを確認した。昨年度の研究から、ハイブリッド構造において消光スペクトルの変調と SERS シグナルの増強が観測されたことから、高効率な光電場増強が示唆されていた。そこで今年度は、主に FDTD 法による電磁場解析においてハイブリッド構造を再現することで、ギャップ領域における光電場増強およびプラズモンの位相緩和時間について考察した。Fig. 2(a) に近接場スペクトルを示す。ハイブリッド構造では、ガラス基板と比較して 2 倍以上の光電場増強効果が得られることが明らかになった。また、Fig. 2(b) に位相緩和プロセスを示すが、ガラス基板上では 3.7 fs であったプラズモンの位相緩和時間が、1D-PhC 上では 7.3 fs と長寿命化することが明らかとなった。このことから、ハイブリッド構造に見られた光電場増強はプラズモンの位相緩和時間の長

寿命化によるものと示唆された。このことから、実験とシミュレーションの両面から、本研究で作製した結合系プラズモニックナノ構造が、高い光電場増強効果を示すことが明らかになった。

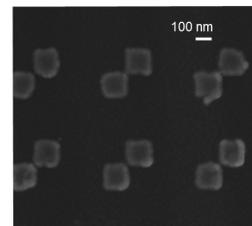


Fig. 1. SEM images of Au nanogap dimer array.

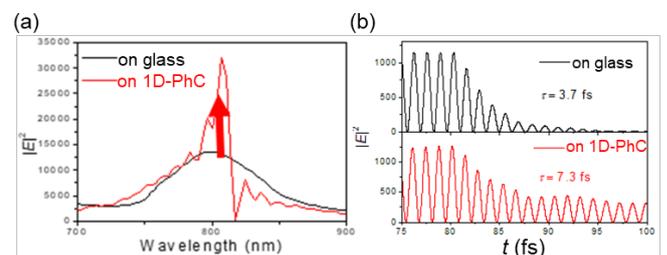


Fig. 2. Near-field spectra (a) and dephasing process (b).

4. その他・特記事項(Others)

共同研究者: 上野貢生(北大院理)

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

1. 宮崎凜, 今枝佳祐, 上野貢生, “プラズモン-光学モード相互作用による近接場増強効果”, 2021 年光化学討論会, 9 月 (2021).
2. 宮崎凜, 今枝佳祐, 上野貢生, “結合系プラズモニックナノ構造を用いた表面増強ラマン散乱分光特性”, 日本分析化学会第 70 年会, 9 月 (2021).
3. R. Miyazaki, K. Imaeda, K. Ueno, “Further enhancement of surface-enhanced Raman scattering signals by modal strong coupling between plasmon and photonic crystals”, Pacificchem2021, 12 月 (2021).

6. 関連特許(Patent)

なし