

課題番号 : F-21-HK-0055
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : 結合系プラズモニックナノ構造の近接場分光特性
Program Title (English) : Near-field spectral characteristics of coupled plasmonic systems
利用者名(日本語) : 武内浩輝
Username (English) : Hiroki Takeuchi
所属名(日本語) : 北海道大学総合化学学院
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、フォトニクス

1. 概要(Summary)

局在表面プラズモンの位相緩和時間は短く、より高い光電場増強を実現するためにはプラズモンの長寿命化が不可欠である。プラズモンの寿命制御の方法として、局在モードと他の光学モードとのカップリングを利用したものがある。本研究では、プラズモンに比べて位相緩和時間が長いポルフィリンの J 会合体に着目し、プラズモンとの強結合による長寿命化を図った。

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】

ガラス基板上に電子線リソグラフィ/リフトオフ法により構造サイズとピッチを厳密に制御した金属ナノブロック構造体アレイを作製した。構造一辺のサイズは、80-125 nm とし、ピッチサイズは構造サイズの 2 倍に設計した。金ナノブロック構造体にドロップキャスト法により TPPS の J 会合体膜を成膜した。TPPS-J 会合体/金ナノブロックハイブリットナノ構造の遠方場および近接場における分光特性を既報の顕微吸収分光測定システム、およびフェムト秒レーザービーム照射によって得られる発光強度の作用スペクトルを測定することにより検討を行った。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

作製した金ナノブロック構造の消光スペクトルを測定したところ、TPPS-J 会合体の励起子バンドである 700 nm 付近においてプラズモン共鳴バンドを示し、構造サイズとともにプラズモン共鳴波長が長波長シフトすることが確認された。Fig. 1(a)に、金ナノブロック構造の一辺が 105 nm の TPPS-J 会合体/金ナノブロックハイブリットナノ構造の消光スペクトルを示す。金ナノブロック構造体と J 会合体は、どちらも 700 nm にピークがあるが、ハイブリッド構造では

ピークの分裂が観測された。なお、700 nm 付近のピークは非結合分子のピークであることが当研究室の過去の研究から明らかになっている。そこで、分裂した 2 つのピークエネルギーをプラズモン共鳴波数に対してプロットして Fig. 1(b)に示すように分散曲線を作成したところ、強結合に特有の反交差な振る舞いを示した。結合調和振動子モデルによる解析からラビ分裂エネルギーは 500 meV と見積もられ、Jaynes-Cummings model から強結合状態が誘起されていることがわかった。なお、データはここでは示していないが近接場励起スペクトルは非結合分子からの発光が強く、今後分子の成膜方法を最適化して結合の起源をより詳細に検討する予定である。

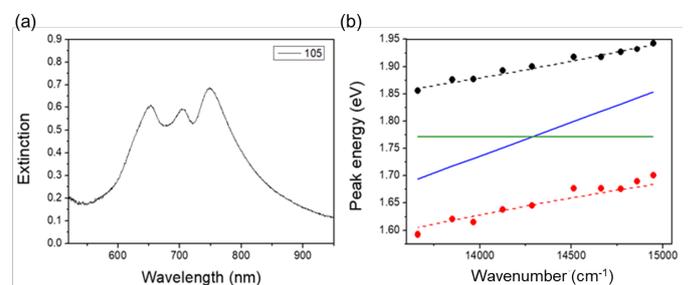


Fig. 1. (a) Extinction spectrum of TPPS-J/Au hybrid nanostructures. (b) Dispersion curves made by extinction spectra of the hybrid nanostructures.

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. 武内浩輝, 高橋 彩, 今枝佳祐, 上野貢生, “結合性プラズモニック構造における近接場スペクトル特性”, 2021 年光化学討論会, 9 月 (2021).
2. 武内浩輝, 岳俊峰, 今枝佳祐, 上野貢生, “励起子-プラズモン強結合系の近接場分光特性”, 日本化学会第 102 春季年会, 3 月 (2022)

6. 関連特許(Patent)

なし