

局在プラズモン-ナノ共振器強結合場における蛍光分子の発光特性

Emission Properties of Fluorescence Molecules Under Localized Surface

Plasmon-Nanocavity Strong Coupling Regime

北大電子研¹, 台湾国立交通大学² ○(B)大西 梓¹, (P)Zu Shuai¹, 石 旭¹, 孫 泉¹, 押切 友也¹,
上野 貢生¹, 三澤 弘明^{1,2}

RIES-Hokkaido Univ.¹, National Chiao Tung Univ.², °Azusa Onishi¹, Shuai Zu¹, Xu Shi¹, Quan Sun¹,
Tomoya Oshikiri¹, Kosei Ueno¹, Hiroaki Misawa^{1,2}

E-mail: misawa@es.hokudai.ac.jp

金属ナノ微粒子にある波長の光を照射すると局在表面プラズモン共鳴が誘起され、微粒子表面近傍において入射光電場強度の数桁倍に及ぶ光電場増強効果が得られる。したがって、金属ナノ微粒子近傍に存在する分子からの蛍光やラマン散乱のシグナルが著しく増大する現象が誘起される。我々は、最近金フィルム上に酸化チタン層を形成した Fabry-Pérot ナノ共振器上に金ナノ微粒子を配置すると、金ナノ微粒子の局在表面プラズモン共鳴モードとナノ共振器の共振モードがモード強結合を示し、可視光の幅広い波長域において強結合による高効率な光吸収と高い光電場増強効果を示すことを明らかにした^[1]。また、金ナノ微粒子から酸化チタンへのホットエレクトロンの電子移動を利用したプラズモン誘起光電変換においては、金フィルムのない構造に比べて（共振器なし）、波長 400-900 nm において外部量子収率が 11 倍増大することも明らかにした^[1]。本強結合は、表面増強ラマン散乱や蛍光分子の発光増強を利用した化学センサーのさらなる高感度化への展開も期待される。本研究では、局在プラズモン-ナノ共振器強結合場における蛍光分子の発光特性について検討したので報告する。

ガラス基板の上に厚さ 100 nm の金フィルムをスパッタリングにより形成し、原子層堆積装置により厚さ 30 nm の酸化チタン層を成膜することで Fabry-Pérot ナノ共振器を作製した。ナノ共振器上にアニール法により金ナノ微粒子を作製した。さらに、原子層堆積装置により酸化チタンを成膜することで金ナノ微粒子をナノ共振器内に任意の深さで埋め込んだ。最後に蛍光分子から金ナノ微粒子へのエネルギー移動を抑制するためにメルカプトエタノールで金表面を表面修飾した後、原子層堆積装置でアルミナを 2 nm 成膜した。ローダミン 6G (0.1 mM, 溶媒 DMF) を表面に吸着させて、蛍光スペクトルおよび蛍光減衰曲線を計測した。

ローダミン 6G の蛍光寿命は、高い光電場増強場において短くなるが、酸化チタン層への金ナノ微粒子の埋め込み深さの増大に伴って、さらに短くなることが明らかになった (図 1)。これは、輻射速度定数が大きくなったことに起因すると考えられる。発表では、発光の増強についても議論する。

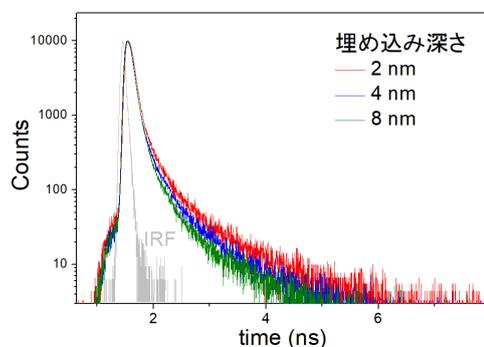


図 1 埋め込み深さ 2, 4, 6 nm の構造におけるローダミン 6G の蛍光減衰曲線

[1] X. Shi, K. Ueno, T. Oshikiri, Q. Sun, K. Sasaki, H. Misawa, *Nat. Nanotechnol.*, **13**, 953-958 (2018).