

単一銀ナノワイヤー2量体間隙の一次元 SERS ホットスポットにおける色素分子とプラズモンとの電磁気学的強結合

Strong coupling between dye molecules and plasmon on one dimensional SERS hotspots of single silver nanowire dimers

産総研健工¹, 学振 RPD², 香大工³, 関学理工⁴, 滋賀県大工⁵ ○伊藤 民武¹, 山本 裕子^{2,3},
北濱 康孝⁴, バラチャンドラン ジャヤデワン⁵

AIST¹, JSPS RPD², Kagawa Univ.³, Kwansei Gakuin Univ.⁴, Univ. Shiga Pref.⁵, ○Tamitake Itoh¹,
Yuko S. Yamamoto^{2,3}, Yasutaka Kitahama⁴, Jeyadevan Balachandran⁵

E-mail: tamitake-itou@aist.go.jp

【序】金や銀のナノ粒子2量体の1 nm 以下の間隙はホットスポットとよばれプラズモン共鳴と分子が強く相互作用し分子の光学応答が増強する[1]。この間隙ではプラズモンと1分子とで電磁気学的強結合系を形成している[2]。このような系は量子電磁力学のプラットホームとなり近年急激に研究が進んでいる。ナノワイヤーの2量体の間隙では強結合系が一次元方向に10 μm 程度、つまり 10^4 倍程度に延びていると期待できる[3]。今回、銀ナノワイヤー2量体のプラズモン共鳴を SERS 失活前後で比較することで一次元方向に長く伸びた強結合系を実証した。

【実験】銀ナノワイヤー分散液(平均直径 100 nm, 長さ 10 μm 程度)/色素(ローダミン 6G $<10^{-5}$ M)の混合メタノール溶液をスライドガラス基板上に滴下、乾燥し倒立顕微鏡に配置した。そして白色光暗視野励起でプラズモン共鳴スペクトルを測定し、斜入射したレーザー光励起(波長 532nm)で SERS スペクトルを測定した。光学系は Ref. 4 と同じである。

【結果と考察】FIG. 1(a), (b)はナノワイヤー2量体の短軸(赤)と長軸(黒)方向のナノワイヤーのプラズモン共鳴、SERS スペクトルである。短軸のプラズモン共鳴が SERS を引き起こしていることが分かる。FIG. 1(c) は SERS 失活前(赤)後(青)の短軸のプラズモン共鳴スペクトルの変化である。SERS 失活と共に強結合が解消し青方シフトしていると解釈できる。また、色素を再吸着させることでこの変化を繰り返し起こすことができる(FIG. 1(d))。結合振動子モデルや FDTD を用いた強結合系の結合エネルギー等の定量解析は当日報告する。

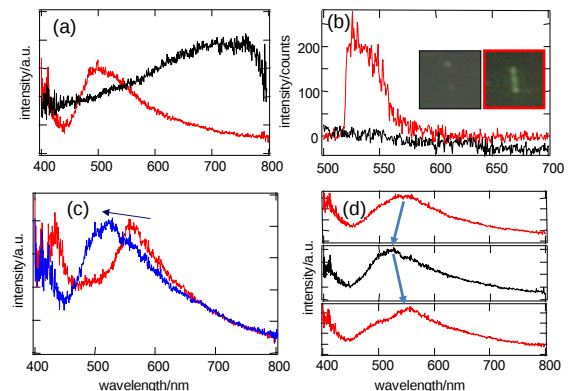


FIG. 1(a) and (b) Polarization dependence of plasmon resonance and SERS. (c) Plasmon resonance changes by SERS inactivation. (d) Plasmon resonance changes by SERS inactivation and activation.

[1] T. Itoh, Y. S Yamamoto, V. Biju, H. Tamaru, S. Wakida, *AIP Adv.* **5**, 127113 (2015).

[2] T. Itoh, Y. S Yamamoto, H. Tamaru, V. Biju, S. Wakida, Y. Ozaki, *Phys. Rev., B* **89**, 195436 (2014).

[3] 伊藤, 山本, 脇田, バラチャンドラン, 第 63 回応用物理学会春季学術講演, 2015/03/19

[4] T. Itoh, Y. S Yamamoto, T. Suzuki, Y. Kitahama, Y. Ozaki, *Appl. Phys. Lett.* **108**, 021604 (2016).