TiO_2 微粒子による蛍光強度増強と FDTD 法による解析

Enhanced Fluorescence of Dye Molecule by TiO_2 particles and FDTD calculation

○吉原久未[1]，玉光弘典[1]，齋藤健一[1,2](1. 広島大院・理，2. 広島大・自然セ)

°Kumi Yoshihara[1], Hironori Tamamitsu[1], Ken-ichi Saitow[1,2]

(1. Graduate School of Science, 2.N-BARD, Hiroshima Univ.)

E-mail: k-yoshihara@hiroshima-u.ac.jp

貴金属のナノ構造体に光を照射すると，その表面近傍にいる分子の蛍光強度が著しく増強する。この現象は蛍光強度の表面増強効果と呼ばれ，近年，複数の半導体でも報告され始めている。例えば，GaP 粒子層で増強度 EF=140 [1], Si ナノピラーで EF=120 [2],グラフェンシートで EF=80 [3], ZnO ナノロッドで EF=20 [4]，また我々は Si 微粒子で EF=180 を報告している [5]。本研究では，新たに TiO_2 で増強効果を検証した。その結果，TiO_2 微粒子による蛍光強度の増強と大きな増強度（EF=290）を観測し，それらが TiO_2 表面の凸部での局在電場によることが明らかとなった。

TiO_2 微粒子は湿式ボールミリング法により作製した。増強基板は，微粒子分散溶液を基板に滴下・乾燥して作製した。作製した基板を蛍光色素溶液に入れ，蛍光色素の増強効果を顕微分光法により *in situ* 測定した。その結果，蛍光強度は TiO_2 により著しく増強され，増強度は最大で EF=290 となった（Fig.1）。増強度解析のために，レーザー顕微鏡による表面形状測定ならびにその表面形状での増強度分布を Finite Difference Time Domain (FDTD)法により計算した。その結果, TiO_2 基板上の数 100 nm 程の大きさを持つ凸部で，著しい増強度を観測した（Fig.2）。また，TiO_2 基板の表面粗さと増強度の相関性の実験からも，同サイズの凸部を多く有する TiO_2 基板で大きな増強度が得られた。以上より，TiO_2 基板の数 100 nm 程の凸部で蛍光分子と光の効率的なカップリングが進行し，EF=290 という大きな増強度が得られたと判断した。

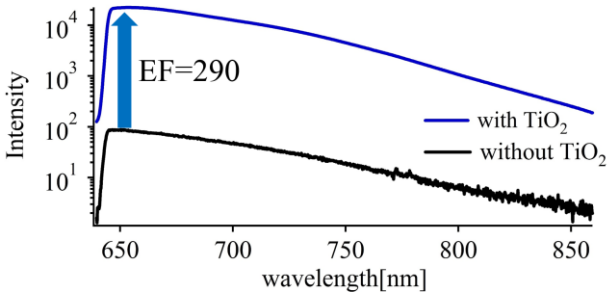

Fig.1 Fluorescence spectra of dye molecule with TiO_2 particles (blue) and without (black).

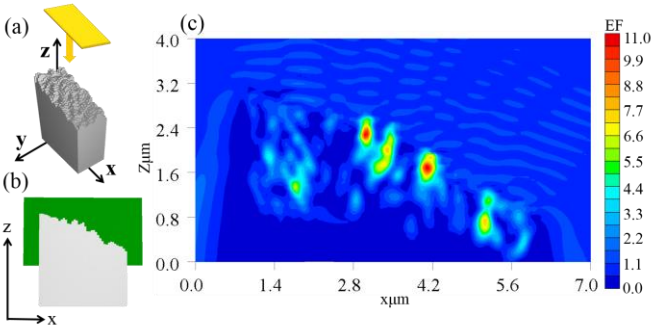

Fig.2 (a) Surface structure of TiO_2 substrate measured with a laser microscope. (b) Cross section of (a). (c) FDTD analysis for the enhancement factor of light intensity, based on the surface structure of (b).

[1] S. Hayashi, Y. Takeuchi, S. Hayashi, M. Fujii, *Chem. Phys. Lett.*, **2009**, 480, 100.
[2]S.Wells, I.Merkulov, I.Kravchenko, N.Lavrik, M.Sepaniak, *ACS Nano*, **2012**, 6, 2948.
[3] Y.Xu, A.Malkovskiy, Y.Pang, *Chem. Commun.*, **2011**, 47, 6662.
[4] W.Hu, Y.Liu, Z.Zhu, H.Yang, C.M.Li, *Appl. Mater. Interfaces*, **2010**, 6, 1569.
[5] K. Saitow, H. Suemori, and H. Tamamitsu, Chem. Commun. **2014**, 50, 1137.

© 2015年 応用物理学会