

プラズモニックチップ上に結合された発光粒子のプラズモンモードによる 励起及び蛍光増強度評価

Excitation and Fluorescence Enhancement Evaluation by Plasmon Mode of Luminescent Particles Coupled on Plasmonic Chip

関西学院大理工¹, °(M2) 千田 雛子¹, 田和 圭子¹

Kwansei Gakuin Univ.¹, °Hinako Chida¹, Keiko Tawa²

E-mail: ktawa@kwansei.ac.jp

これまで当研究室では、金属薄膜で覆われた周期構造をもつプラズモニックチップ上に生成される格子結合型表面プラズモン励起増強蛍光(GC-SPF)を用いて、細胞の蛍光イメージングを行ってきた¹⁾。本研究では、反射及び透過スペクトルで示された共鳴波長を理論共鳴条件から算出されるプラズモンモードに帰属した後、3種類の発光粒子について励起波長を固定して蛍光増強度を評価し、同じプラズモンモードに由来する蛍光増強効果の違いを議論した。

ピッチ 480 nm の一次元(1D)及び 500 nm の二次元(2D)周期構造をナノインプリント法により形成した。これらに rf スパッター法で Ag, SiO₂ をそれぞれ膜厚 40, 20 nm で成膜した。蛍光観察は正倒立蛍光顕微鏡によって行われ、光源として正立及び倒立側にハロゲンランプ、検出系として正立側に EM-CCD カメラ(Luca-r, Andor)とイメージ計測と切替可能な分光器(KNGCLP-50, Just Soution)を搭載した。2x 対物レンズ(NA0.06)により明視野及び蛍光観察を行った。まず、蛍光粒子 Yellow-green [YG]は、CFP フィルターで励起して増強蛍光の波長依存性を確認した。次に、3種類の発光粒子 YG, Cy5-SA, Qdot655-SA は、CFP, GFP, Cy3, Cy5 フィルターにより異なる波長で励起し、Cy5 フィルターで蛍光像を観察した。

蛍光像で見られた増強蛍光は、1D チップでは波長 671 nm の $m = 1$ の $k_{gx}^{(1)}$ に帰属される発光増強によると考えられた(Fig1.a)。GFP, Cy3 フィルター励起ではその波長領域に励起増強はないので、YG で見られた平均 3.2 倍の発光増強は $k_{gx}^{(1)}$ による蛍光増強と考えられた。他の発光粒子の $k_{gx}^{(1)}$ による蛍光増強を算出すると、Cy5-SA, YG, Qd655-SA では 5.5, 3.2, 2.2 倍であった(Fig1.b-d)。これらの蛍光増強度の大きさは、量子効率と相関があると考えられる。同様に 2D チップのモードによる増強効果を求めたところ、 $k_{gx}^{(1)}$ の蛍光増強はどの発光粒子でも 1D の約 1.3 倍となり、顕微鏡下における入射光の方位各成分の利用効率の違いのためと考えられる。

[謝辞]光硬化性樹脂をご提供頂いた東洋合成工業に深く感謝いたします。

1)K. Tawa, et al., ACS Appl. Mater. Interfaces, 8, 29893 (2016).

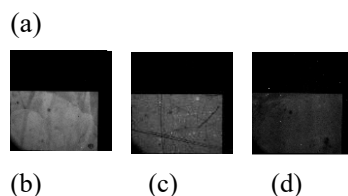
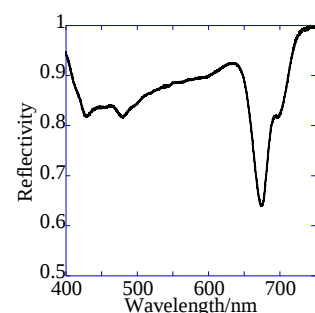


Fig1. (a) Reflectivity spectra and Fluorescence images of (b) Cy5-SA, (c) YG and (d) Qd655-SA on 1D chip.