

# Film - coupled nanoparticle 構造におけるシリコンナノ結晶の発光特性 (Ⅱ)

## Luminescence properties of Si nanocrystals in film - coupled nanoparticle (Ⅱ)

神戸大院工 °八嶋 志保, 高階 寛之, 杉本 泰, 藤井 稔

Kobe Univ. °Shiho Yashima, Hiroyuki Takashina, Hiroshi Sugimoto, Minoru Fujii

E-mail: [fujii@eedept.kobe-u.ac.jp](mailto:fujii@eedept.kobe-u.ac.jp)

微小ギャップを介して金属ナノ粒子を金属薄膜上に固定した film-coupled nanoparticle 構造は、ギャップ中に非常に大きな増強電場が生じるため、発光やラマン散乱の増強への応用が期待されている。[1] 前回我々は、金ナノ粒子 (直径 80 nm) / シリコンナノ結晶 (直径 3nm) 単層膜[2] / 金薄膜からなる構造を形成し (図 1)、その発光及び光散乱特性について詳細な研究を行った[3]。その結果、この構造によりシリコンナノ結晶の発光スペクトル形状が大きく変化すると共に、発光強度が上部の金ナノ粒子が無い場合に比べて約 4.000 倍増加することを示した。[3] 発光スペクトルと散乱スペクトルの間で明確な相関が見られたことから、発光増強はギャップ中の増強電場による Purcell 効果であると考えられる。

今回は、実験で得られた発光スペクトル形状の変化と発光増強についてより定量的に議論するため、Boundary Element Method (BEM)により、電場分布、散乱スペクトル、放射パターンの計算を行った。図 2 に計算で得られた散乱スペクトルを示す。金薄膜と金ナノ粒子間のシリコンナノ結晶単層膜の厚さを 3 nm から 5 nm まで変化させている。膜厚の増加に伴い、散乱のピークは短波長側にシフトし散乱断面積が低下する。この結果及び散乱スペクトルの形状は、実験結果と非常に良く一致している。図 3 に膜厚 4 nm の場合について、金薄膜から 2 nm 上の位置での電場分布 ( $|E|/|E_0|$ )を示す。波長は、散乱スペクトルのピーク付近(650 nm)に設定した。電場は、最大 40 倍程度と非常に大きく増大しており、この増強電場がギャップ中のシリコンナノ結晶の発光量子効率を増大させていると考えられる。講演では、実験と数値計算結果のより精密な比較を行い、シリコンナノ結晶の量子効率の増大について定量的に議論を行う。

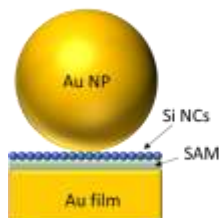


Figure 1. Schematic of the film-coupled nanoparticle structure.

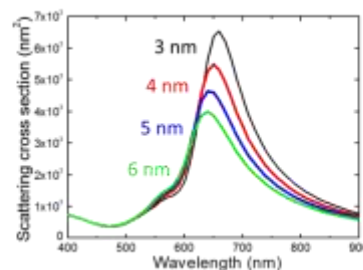


Figure 2. Calculated scattering spectra of different gap length.

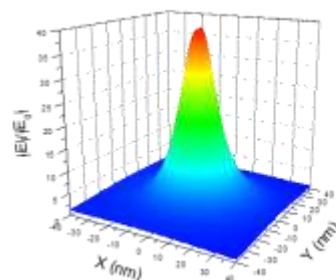


Figure 3. Electric field enhancement excited at 650 nm

[1] C. Ciraci et al., Science, 337, 1072 (2012) [2] H. Sugimoto et al., J. Phys. Chem. C, 117, 11850 (2013)

[3] 八嶋志保, 杉本泰, 藤井稔, 2016 年第 63 回応用物理学会春季講演会, 19p-S622-4