

局在表面プラズモンによる半導体ナノ粒子の発光増強効果

Photoluminescence enhancement effect of semiconductor quantum dots

by localized surface plasmon

大阪市大院工 ◯ 檜崎 友城、金 大貴

Graduate School of Engineering, Osaka City University

Tomoki Narazaki and DaeGwi Kim

E-mail: channalas.0704@gmail.com

局在表面プラズモンによる発光増強の起源には、(1)半導体ナノ粒子の光吸収率の増大と、(2)半導体ナノ粒子の輻射再結合レートの増大による二つの効果が存在する[1]。そのため、増強効果について調べるためには、光吸収に対する局在表面プラズモン共鳴効果と発光に対する共鳴効果のそれぞれについて、調べる必要がある。これまで我々は、CdSe-Au bilayer 試料を作製し、局在表面プラズモンによる発光増強を実現するには、ナノ粒子間距離の制御と Au ナノ粒子の面内密度の制御が重要であることを明らかにした[2,3]。しかし、CdSe ナノ粒子の吸収と発光のエネルギーが近いために、金属ナノ粒子の局在表面プラズモンエネルギーと半導体ナノ粒子の吸収エネルギーとの共鳴効果及び発光エネルギーとの共鳴効果を分離して議論することができていない。そこで我々は、水熱合成法により作製した CdS ナノ粒子の欠陥発光を用いることで吸収と発光のエネルギーを分離し、局在表面プラズモンエネルギーとの共鳴効果を調べた。本研究では、Ag ナノ粒子の局在表面プラズモンエネルギーに対し、CdS ナノ粒子の吸収エネルギーを変化させることで、吸収に対する共鳴効果を調べた結果について報告する。

半導体ナノ粒子には水熱合成法により作製した CdS ナノ粒子（平均粒径 3.0 ~ 4.2 nm）を使用した。金属ナノ粒子には Ag ナノ粒子（平均直径 22 nm: 徳力化学社製）を使用した。また、粒子間距離の制御には Layer-by-layer 法を用いた[4]。CdS ナノ粒子と Ag ナノ粒子の間に、正の帯電性を有するポリジアリルジメチルアンモニウムクロライド(PDDA)と負の帯電性を有するポリアクリル酸(PAA)を組み合わせたポリマー層(PAA/PDDA)_n をスペーサー層として吸着させたナノ粒子層状構造試料を作製した。PDDA/PAA 1 bilayer の厚さは約 1 nm であるので、粒子層間距離を 1 nm の精度で制御することが可能となる[4]。参照試料には CdS ナノ粒子単層試料を用いた。

Fig.1 は Ag-CdS bilayer 試料の発光スペクトルである。ポリマー層数 n が小さい、つまりナノ粒子間距離が短い場合は、発光強度が参照試料よりも低下した。これは CdS ナノ粒子から Ag ナノ粒子へのエネルギー移動に起因した発光消光効果が支配的であると考えられる。一方、 n が大きい、つまりナノ粒子間距離が長い場合は、発光強度が参照試料よりも増加した。これはエネルギー移動の影響が小さくなり、局在表面プラズモンによる発光増強効果が支配的になったと考えられる。講演ではナノ粒子間距離に対する発光増大率を定量的に解析した結果について報告する。

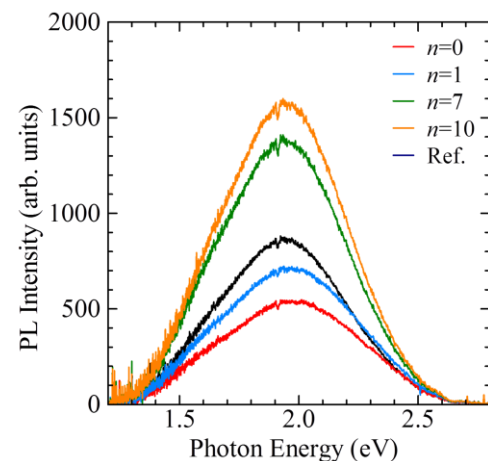


Fig.1 : Photoluminescence spectra of Ag-CdS bilayer.

- [1] P Bharadwaj *et al.*, Optics Express **15**, 21 (2007)
- [2] D. Kim *et al.*, J. Appl. Phys. **114**, 154307 (2013).
- [3] 檜崎 他、第 79 回応用物理学会秋季学術講演会, 21a-143-5 (2018).
- [4] D. Kim *et al.*, Phys. Rev. B **78**, 153301 (2008).