

半導体-金属ナノ粒子層状構造における発光増強及び消光の制御

Control of photoluminescence enhancement and quenching in layered structures of semiconductor quantum dots and metal nanoparticles

阪市大院工 ○横田 裕樹, 谷口 太一, 中山 正昭, 金 大貴

Department of Applied Physics, Osaka City Univ., ○H. Yokota, T. Taniguchi, M. Nakayama, D. Kim

E-mail: d12tbt5g04@ex.media.osaka-cu.ac.jp

近年、バイオセンシング技術などへの応用の期待から、蛍光体と金属ナノ粒子間の相互作用に関する研究が盛んに研究されている。しかしながら、蛍光体と金属ナノ粒子間の相互作用によって蛍光体の発光強度が増強するという報告と消光するという報告が混在しており[1, 2]、蛍光体-金属ナノ粒子間相互作用メカニズムの解明には至っていないと考えられる。本研究では、蛍光体-金属ナノ粒子間距離および先行研究では着目されていなかった金属ナノ粒子密度を系統的に制御した半導体-金属ナノ粒子層状構造を作製し、その発光特性から蛍光体-金属ナノ粒子間相互作用メカニズムの解明を目指した。

蛍光体にはコロイド法により作製した CdSe ナノ粒子を、金属ナノ粒子には徳力化学社製の Au ナノ粒子を用いて、半導体-金属ナノ粒子積層構造試料の作製を行った。積層構造試料は layer-by-layer 法を用いて作製しており、電解質ポリマー層厚(1 nm)の精度で粒子間距離を制御することができ、さらに浸漬させる Au ナノ粒子溶液の濃度制御により Au ナノ粒子密度の制御が可能である。参照試料として CdSe ナノ粒子の単層膜を作製した。

図 1 にポリマー層厚および Au ナノ粒子密度を変化させて作製した CdSe-Au ナノ粒子層状構造試料と参照試料の発光強度比を示す。Au ナノ粒子密度が $1.54 \times 10^{15} / \text{cm}^2$ の試料において、ポリマー層厚が薄い場合は発光消光が観測されているが、ポリマー層厚を増大させると発光増強が観測されるようになる。さらにポリマー層厚を増大させると発光強度が減少し、参照試料の発光強度に漸近していく。この実験結果は、粒子間距離を制御することで、蛍光体-金属ナノ粒子間相互作用を制御することができることを意味する。一方、Au ナノ粒子密度が $1.74 \times 10^{15} / \text{cm}^2$ ($1.28 \times 10^{15} / \text{cm}^2$) の試料では、全てのポリマー層厚において発光消光(増強)のみが観測された。この実験結果より、今まで着目されていなかった Au ナノ粒子密度も蛍光体-金属ナノ粒子間相互作用を決定する要素の一つだと言える。また、図中の実線は局在プラズモンによる電場増強と、半導体ナノ粒子から金属ナノ粒子へのエネルギー移動を考慮した計算結果を示しており、実験結果と良い一致を示している。講演では、実験および解析の詳細について報告する予定である。

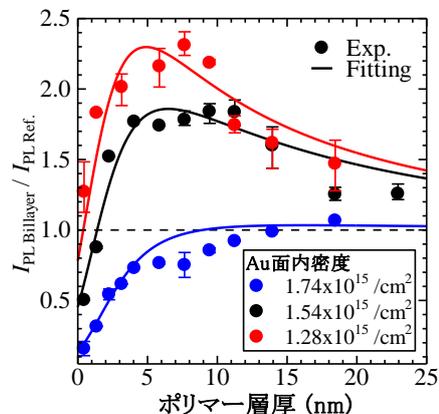


図 1 CdSe-Au ナノ粒子層状構造における発光強度のポリマー層厚依存性

[1] V. K. Komarala *et al*, Appl. Phys. Lett. **89**, 253118 (2006).

[2] G. Schneider and G. Decher, Nano Lett. **6**, 530 (2006).