

半導体ナノ粒子間のエネルギー移動ダイナミクスの温度依存性 II

Temperature dependence of energy transfer dynamics between semiconductor quantum dots II

大阪市大院工 ○李 煥信, 西村 悠陽, 金 大貴

Osaka City University ○Yong-Shin Lee, Hisaaki Nishimura, and DaeGwi Kim

E-mail: yongsin0226@gmail.com

これまで我々は CdSe ナノ粒子を対象に、ナノ粒子間エネルギー移動ダイナミクスの温度依存性を調べ、観測されるエネルギー移動レートの温度依存性は光学的に許容なブライト励起子状態の熱分布の割合で決まることを明らかにした[1]。本研究では、CdSe ナノ粒子と比べ、ブライト→ダーク励起子分裂エネルギー(Δ_{ST})が大きい CdS ナノ粒子に着目し、CdS ナノ粒子間のエネルギー移動ダイナミクスの温度依存性を調べた。

ナノ粒子間のエネルギー移動を観測するためには、粒子間距離がナノメートルオーダーで制御された試料構造が必要となる。本研究では Layer-by-layer (LBL) 法を用いて CdS ナノ粒子の積層構造試料を作製した[2,3]。まず、表面処理を施した石英基板上にエネルギーアクセプターとなる平均粒径 5.0 nm の CdS ナノ粒子の単層膜を形成し、次にカチオン性ポリマーを吸着させた後、最後にエネルギードナーとなる平均粒径 4.2 nm の CdS ナノ粒子層を形成させた。この試料構造においては、ドナーナノ粒子からアクセプターナノ粒子へのエネルギー移動が効率よく生じることが期待できる[2]。参照試料として、ドナーナノ粒子を高分子フィルムに分散させた試料を作製した。なお、フィルム中でのナノ粒子の平均距離は 50 nm 以上であり、エネルギー移動は全く生じない[4]。

20 K の低温において、積層構造試料におけるドナーナノ粒子の発光減衰プロファイルは参照試料に比べて短くなる振る舞いを示した。これはナノ粒子間のエネルギー移動が起きていることに起因する。また、温度依存性を詳しく調べたところ、温度上昇に伴ってエネルギー移動レートが小さくなるという実験結果が得られた。平均粒径 4.2 nm のドナーナノ粒子における Δ_{ST} の値が室温の熱エネルギーよりも大きいことを反映して、室温においてもダーク励起子状態が発光過程に大きく寄与する[4]。その結果、室温におけるエネルギー移動レートが非常に小さいと考えられる。講演では、ダーク励起子状態とその低エネルギー側に位置する束縛励起子状態を考慮した三準位モデルに基づいて[4]、定量的に議論する。

[1] D. Kim *et al.*, Phys. Rev. B **80**, 045322 (2009).

[2] D. Kim *et al.*, Phys. Rev. B **78**, 153301 (2008).

[3] D. Kim *et al.*, J. Phys. Chem. C **113**, 7015 (2009).

[4] D. Kim *et al.*, J. Phys. Chem. C **112**, 10668 (2008).