

単一 CdSe/ZnS ナノ粒子における室温励起子と励起子分子の定量発光測定

Quantitative photoluminescence measurement of excitons and biexcitons in single CdSe/ZnS nanocrystals at room temperature

京大化研

○井原 章之, 金光 義彦

Institute for Chemical Research, Kyoto Univ.

○T. Ihara and Y. Kanemitsu

E-mail: ihara@scl.kyoto-u.ac.jp

近年、単一分子や単一量子ドットを対象とした分光実験が盛んに行われている[1-2]。単一分子分光法は、光の回折限界を超える高い空間分解能の超解像顕微鏡に活用される。また、それ以上分離ができない単一の光子を単一分子から生成できるため、量子暗号や量子通信といった技術にも応用される。材料としては、室温において高い発光効率をもつ、コロイド状の半導体ナノ粒子やエピタキシャル量子ドットが研究されている。室温で発光することは応用上重要であるが、スペクトル幅が大きくなってしまうため、信号を分析することが難しい。そのため、室温における単一分子や単一光子源の発光の性質は、明らかになっていない点が多い。本研究では、単一光子計数法や光子相関測定法を駆使して、単一ナノ粒子室温発光の性質を多角的かつ定量的に明らかにする実験に取り組んでいる。これまでの研究により、単一ナノ粒子で観測される発光明滅やスペクトル拡散といった特徴や、中性励起子や荷電励起子といった状態の発光ダイナミクスに現れる特徴を明らかにした[3-6]。今回は、単一 CdSe/ZnS ナノ粒子における室温励起子と励起子分子の定量発光測定、および励起子分子の再結合ダイナミクスの測定を行ったので、その結果について報告する。

試料には、単一の CdSe/ZnS ナノ粒子(Life Technologies 社 Qdot655)を用いた。励起光源には、SuperContinuum 光源を 520 nm 付近に単色化したピコ秒パルス光を用いた。開口数 1.3 の油浸対物レンズを用いて単一粒子からの発光を集光した。発光はビームスプリッターで2方向に分離し、2つの単一光子検出器を用いて、発光強度と寿命の時間変化、および2次の光子相関を同時に測定した。時間的に変化する発光寿命と強度の関係から、励起子の量子効率を 0.9 と見積もった。また、2次の光子相関測定から、励起子分子の発光量子効率を 0.23 と決定した。さらに励起密度、集光効率、検出効率を見積もり、520 nm における吸収断面積を $1 \times 10^{-14} \text{ cm}^2$ と求めた。これらの結果から、励起強度を変えた場合の励起子および励起子分子の寄与を定量的に明らかにすることができた。得られた結果は、今後さらに超解像顕微鏡への展開や単一光子源の応用を目指す上で、重要な知見と考えられる。

本研究は、科研費(25247052)の助成を受けて行われた。

- [1] J. Cui *et al.*, Chem. Soc. Rev. **43**, 1287 (2014).
- [2] M. J. Fernée *et al.*, Chem. Soc. Rev. **43**, 1311 (2014).
- [3] N. Yoshikawa *et al.*, Phys. Rev. B **88**, 155440 (2013).
- [4] T. Ihara and Y. Kanemitsu, Phys. Rev. B **90**, 195302 (2014).
- [5] T. Ihara *et al.*, Phys. Rev. B **90**, 035309 (2014).
- [6] T. Ihara and Y. Kanemitsu, submitted to Phys. Rev. B (2015).