

四光波混合によるコロイド合成半導体量子ドットの 励起子スピン緩和ダイナミクス

Exciton Spin Dynamics in Colloidally Synthesized Quantum Dots using Four Wave Mixing

関西学院大・理工 ○田原 一彬, 奥畑 智樹, 玉井 尚登

School of Science and Technology, Kwansei Gakuin Univ.

○Kazuaki Tahara, Tomoki Okuhata, Naoto Tamai

E-mail: cbz82856@kwansei.ac.jp

【序論】縮退四光波混合である過渡回折格子分光法を用いると、短い時間領域におけるバックグラウンドフリーな三次の非線形光学効果 $\chi^{(3)}$ の高感度測定が可能である。特に二つの励起光および一つの観測光の偏光特性を変えることで、半導体量子ドット(QDs)における様々な光物性を調べることが出来る。半導体量子ドットの量子スピン特性に関しては、円偏光の光励起により容易にスピン偏極させることが可能であり、分光学的手法により励起子微細構造内におけるスピン状態の変化を観測することが出来る[1]。さらに QDs の三次元の量子閉じ込めによって励起子スピン緩和プロセスが抑制されるため、量子コンピュータなどの新たなデバイスへの応用が期待されている。半導体ナノ結晶におけるスピン特性やそのサイズ依存性は、主に MBE で作製したナノ結晶を用いて研究されてきたが、種類や形状に制限がある。一方、コロイド合成法を用いると、半導体ナノ結晶の精密なサイズ制御や様々な形状、種類のものを合成可能であるが、コロイド合成した QDs のスピン特性に関する研究は極めて少ない。本研究では、種々の CdSe QDs をコロイド合成すると共に、そのスピン緩和ダイナミクスを測定し、サイズおよび構造依存性を調べた。さらに QDs の励起子スピン緩和過程の明確な解明を目指し、diffractive optics を利用した偏光過渡回折格子分光装置(PTG)[2]を組み立て、応用した。

【実験】オレイン酸を保護剤としてサイズの異なる 3 つの CdSe QDs (3.3 nm, 3.9 nm, 4.6 nm) を合成した。その後、QDs における励起子スピン緩和ダイナミクスを測定し、そのサイズ依存性を調べた。また PTG を組むための光源には、状態選択励起を行うためにフェムト秒 Ti:Sapphire レーザーで励起した光パラメトリック増幅器(OPA)を用いた。ビームスプリッターによって二つに分けたレーザーをそれぞれディレイステージに通した後に diffractive optics に通し、それらの ± 1 次光のみをマスクによって取り出し、それぞれの偏光条件を $\lambda/2$ 板によって調整した後、サンプルに集光しシグナルを得た (Fig. 1)。

【結果】励起子スピンダイナミクスは全てのサンプルにおいて二成分の指数関数で解析できた。Fig. 2 にそれぞれの粒径における早い成分の速度定数を示す。励起子スピン緩和に対応する早い緩和成分の寿命は、粒径の小さいほうからそれぞれ 0.31 ps, 0.38 ps, 1.68 ps となった。PTG 測定による測定および、core/shell 構造の CdSe QDs におけるスピン緩和も発表予定である。

【参考文献】

- [1]G. D. Scholes et al. *Acc. Chem. Res.* **42**, 1037 (2009)
- [2]G. D. Goodno et al. *J. Opt. Soc. Am. B*, **15**, 1791 (1998)

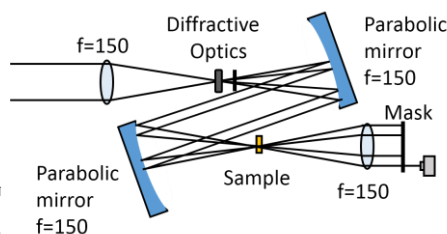


Fig. 1 Experimental setup for PTG.

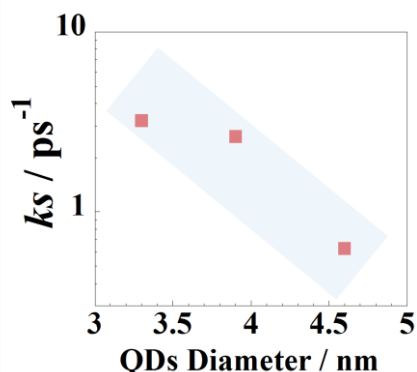


Fig. 2 Fast spin relaxation rate of CdSe QDs as a function of diameter.