

コロイド合成法による CdSe 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 CdSe quantum dots

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】半導体量子ドット(QDs)の量子スピン特性は、円偏光の光励起により容易に偏極させることが可能である。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、スピントロニクスや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[1, 2]。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に関する研究例は、MBE で作製した量子井戸によるものが主である。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非常に少ない。そこで本研究では、QDs の励起子スピン緩和過程の解明を目指し、円偏光ポンプ-プローブ過渡吸収分光システムを組み立てた。さらに 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、サイズ依存性を調べたので報告する。

【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。QDs の励起子スピン緩和は、バンド端での励起子微細構造の中における励起子遷移として制御することが出来るため、Optical Parametric Amplifier (OPA) を用いた状態選択励起による円偏光ポンプ-プローブ分光測定を室温下で行った。ここで測定は、励起光と観測光の両方を同じ偏光条件で行ったもの $\sigma(+, +)$ と、異なる偏光条件で行ったもの $\sigma(+, -)$ の二回の測定をした。それらのダイナミクスの和($\sigma(+, +) + \sigma(+, -)$)をとることでキャリアダイナミクス、差($\sigma(+, +) - \sigma(+, -)$)をとることでスピンドイナミクスを得た。

【結果】図 1 に粒径 3.9 nm の CdSe QD においてポンプ光とプローブ光が同じ方向の円偏光で行った結果 $\sigma(+, +)$ と異なる方向の円偏光で行った結果 $\sigma(+, -)$ を示している。またこの緩和ダイナミクスから粒径 3.9 nm の CdSe QD のキャリアダイナミクスとスピンドイナミクスを求めた(図 2)。キャリアダイナミクスは励起子の寿命を表しており、主に ns 以上の非常に長い寿命を持っている。スピンドイナミクスは、全てのサンプルにおいて二成分の指数関数で解析出来る事が確認され、励起子スピン緩和に対応する速い緩和成分の寿命はサイズが小さいものから順に 0.31 ps, 0.38 ps および 1.68 ps となった。この結果よりサイズが大きくなるにつれてスピン-軌道相互作用が減少し、励起子スピン緩和過程の一部が抑制されたと考えられる。学会当日においては、フェムト秒偏光過渡回折格子分光による測定も発表予定である。

【参考文献】ー

- [1] D. Loss and D. P. DiVincenzo, *Phys. Rev. A*, **57**, 120 (1998).
- [2] G. D. Sholes, *Accounts*, **42**, 1037-1046, (2009).

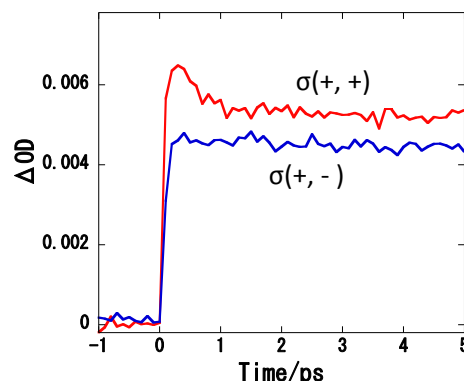


図 1. CdSe QD (3.9 nm) における二つの偏光条件 $\sigma(+, +)$ および $\sigma(+, -)$ での 1S ブリーチダイナミクス(581 nm)

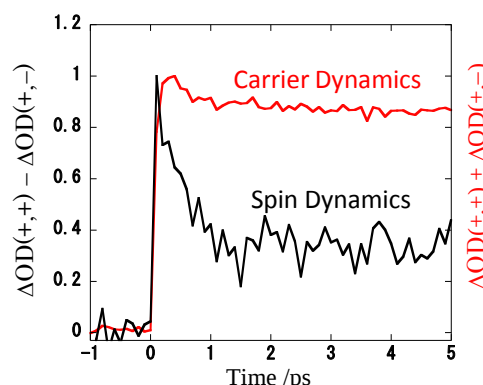


図 2. CdSe QD (3.9 nm) におけるキャリアおよびスピンドイナミクス