

InGaAs 量子ドットの結合励起状態におけるスピンドYNAMICS ; ドット多層化の影響

Spin dynamics at coupled excited states of InGaAs quantum dots; Influence of multilayer stack

北大院情報科学

○齋藤昌太郎, 樋浦諭志, 高山純一, 村山明宏

IST, Hokkaido Univ.

○S. Saito, S. Hiura, J. Takayama, and A. Murayama

E-mail: saito-1031@eis.hokudai.ac.jp

三次元方向の量子閉じ込め効果により光学性能が温度に依存せず[1], 発光中の電子スピン状態も長く保持できることから, III-V族化合物半導体量子ドットを光学活性層に用いたスピン機能性光デバイスに興味を持たれている. 量子ドットは体積が小さいため, 十分高い発光強度と光学利得を得るためには, 量子ドットの高密度化や積層化が重要となる[2]. 我々は, $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 積層量子ドットのスペーサー層厚を10 nmと薄くした場合, 励起状態間で電子の波動関数が結合し, 少数個スピンの選択的なエネルギー緩和により集団的なスピン緩和が抑制されることを見出した. そこで, このような層間の結合を持つ量子ドット試料を9層まで多層化し, 時間分解円偏光 Photoluminescence (PL)測定により, 結合励起状態のスピン分極やドット間移動, スピン緩和などのスピンドYNAMICSに対するドット多層化の影響を調べた.

σ^+ 円偏光でバリアを励起した場合の, 3層および9層の量子ドット励起状態における円偏光 PLの時間変化を図1(a), (b)にそれぞれ示す. ここで, 円偏光 PL強度(I_{σ^+})を用いて, 円偏光度 $\text{CPD} = (I_{\sigma^+} - I_{\sigma^-}) / (I_{\sigma^+} + I_{\sigma^-})$ を定義した. 3層(a)では, ドット内のスピン分極状態に対する占有効果による円偏光度の急激な減衰が励起直後から 0.05 ns まで見られるが, 9層(b)ではドット密度の増加により状態占有効果が抑制される[3]. また, この9層の試料では, 0.15 ns までの時間領域において円偏光度, すなわちスピン分極率が 70%以上と高く保持され, さらに 80%程度まで増幅されている. これは, 積層方向の結合ドット数の増加により, ドット間スピン移動を介した少数個スピンの選択的なエネルギー緩和が強く働き, 励起状態におけるスピン分極特性が向上したものと考えられる.

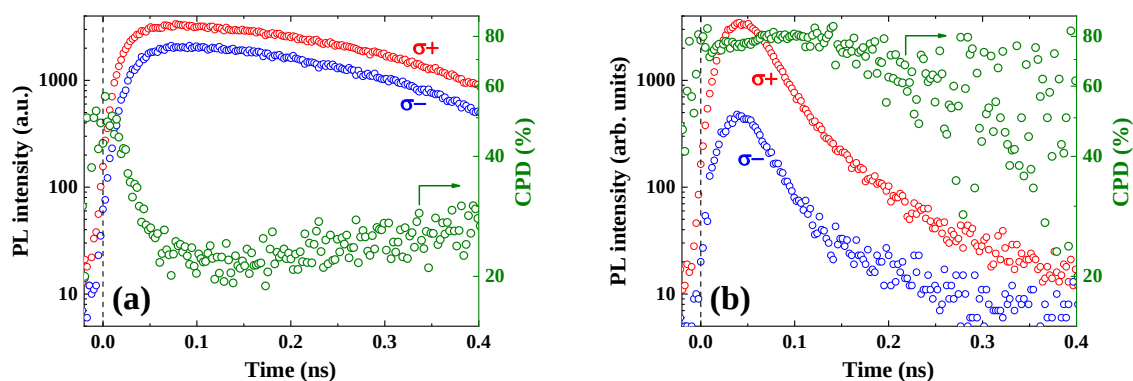


Fig. 1. Circularly polarized transient PL and the corresponding CPD as a function of time, obtained at 6 K for (a) 3 and (b) 9 layers of $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ QDs under σ^+ -polarized excitation for the GaAs barrier layer.

References:

- [1] M. Sugawara et al., Nature Photonics **3**, 30 (2009).
- [2] T. Amano et al., Appl. Phys. Lett. **89**, 171122 (2006).
- [3] T. Yamamura et al., J. Appl. Phys. **116**, 094309 (2014).