

## ドット中の単一 Cr スピンの緩和に対する光励起フォノンの影響

## Influence of photo-generated phonons on the relaxation of a single Cr spin in a dot

筑波大院数理物質<sup>1</sup>、CNRS ネール研<sup>2</sup> ◦牧田 憲治<sup>1</sup>、有野 雅史<sup>1</sup>、森田 真衣<sup>1</sup>、黒田 眞司<sup>1</sup>、V. Tiwari<sup>2</sup>, H. Boukari<sup>2</sup>, L. Besombes<sup>2</sup>Inst. Mater. Sci., Univ. Tsukuba<sup>1</sup>, CNRS Institut Néel<sup>2</sup>◦K. Makita<sup>1</sup>, M. Arino<sup>1</sup>, M. Morita<sup>1</sup>, S. Kuroda<sup>1</sup>, V. Tiwari<sup>2</sup>, H. Boukari<sup>2</sup>, L. Besombes<sup>2</sup>

E-mail: kuroda@ims.tsukuba.ac.jp

我々は量子ドット中の 3d 遷移元素の Cr 原子 1 個による単一スピンを対象とし、量子情報処理への応用を目指した研究を行っている。量子ビットへの応用にはスピンのコヒーレンス時間が重要であり、以前の研究で、暗状態での Cr スピン緩和時間は約 2 $\mu$ s という結果が得られている[1]。本研究では、Cr スピンの緩和の機構の解明を目指し、3 パルスポンプ・プローブ実験により、光励起により生成されるフォノンが Cr スピン緩和に及ぼす影響を調べた[2]。

II-VI 族半導体中の Cr<sup>2+</sup>(d<sup>4</sup>)のスピンは S=2 で 5 重縮退であるが、ドット中では面内の格子歪より縮退が解け、高エネルギー側の S<sub>z</sub>= $\pm$ 2 の準位を除いた S<sub>z</sub>= $\pm$ 1,0 の準位のみがポピュレートされ、それに対応する 3 本の発光線が観測される(Fig.1(a))。Fig.1(b)に示すように、この 3 本の発光線のうち高エネルギー側の発光線(HE)を例えば $\sigma^+$ 円偏光で励起すると、Cr スピン S<sub>z</sub>=+1 状態での励起子が選択的に生成され、中央の発光線(C、S<sub>z</sub>=0 に相当)を検出することで Cr スピンの緩和の様子を調べることができる。Fig.1(c)にこのような共鳴励起、および非共鳴励起のシーケンスから成るポンプ・プローブ測定の結果を示す[2]。図中の黒色の曲線は非共鳴励起(n-res)と共鳴励起(res)の 3 パルスの下での発光強度の時間変化を示す。最初の共鳴励起パルス(res(2))の照射下では、Cr スピン S<sub>z</sub>=+1 状態での励起子が選択的に生成され最初は強い発光強度( $\Delta I_1$ )を示すが、励起子との相互作用による緩和で S<sub>z</sub>=+1 状態の分布は減少し、発光強度は急激に減衰する(optical pumping)。このように S<sub>z</sub>=+1 状態が「掃き出された」後、時間 $\tau_d = 0.5\mu$ s の後に 2 番目の共鳴励起パルス(res(3))を照射すると、発光強度の小さな立ち上がり $\Delta I_3$ が見られた。この $\Delta I_3$ は暗状態での S<sub>z</sub>=+1 状態の分布の回復を反映しており、最初の非共鳴励起パルス(n-res(1))により生成された音響フォノンの影響で Cr スピンが緩和したものと考えられる。

パルスの遅延時間 $\tau_d$ を変え、立ち上がりの強度 $\Delta I_3$ の変化を調べると、Fig.1(d)に示すように数  $\mu$ s の時間で Cr スピン分布はほぼ回復することが明らかになった。講演では、非共鳴励起パルスの強度を変化させた測定の結果も示し、フォノンによるスピン緩和を議論する予定である。

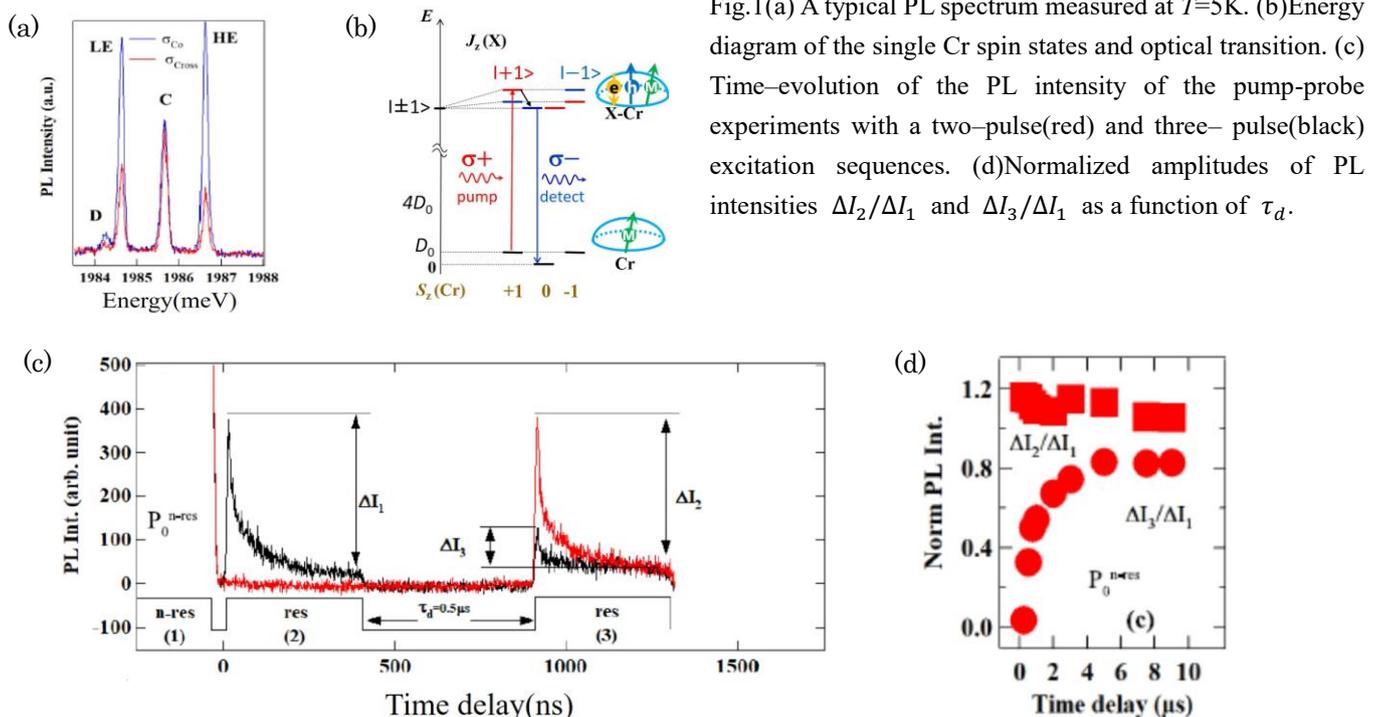


Fig.1(a) A typical PL spectrum measured at  $T=5$ K. (b) Energy diagram of the single Cr spin states and optical transition. (c) Time-evolution of the PL intensity of the pump-probe experiments with a two-pulse(red) and three-pulse(black) excitation sequences. (d) Normalized amplitudes of PL intensities  $\Delta I_2/\Delta I_1$  and  $\Delta I_3/\Delta I_1$  as a function of  $\tau_d$ .

References [1] A.Lafuente-Sampietro *et al.*, Phys. Rev. B **95**, 035303(2017). [2] V.Tiwari *et al.*, arXiv:1911.07639.