

InGaAs 量子井戸から量子ドットへの励起子スピン注入 と注入後のスピン緩和

Exciton-spin injection from InGaAs quantum wells to quantum dots and spin relaxation after the injection

北大院情報科学¹, リンショーピン大² °武石 一紀¹, Shula Chen², 高山 純一¹, 板橋 皓大¹,
浦部 晶行¹, 村山 明宏¹

Graduate School of IST, Hokkaido Univ.¹, Linköping Univ.², °Kazuki Takeishi¹, Shula Chen²,
Junichi Takayama¹, Kodai Itabashi¹, Masayuki Urabe¹, Akihiro Murayama¹

E-mail: takeishi1823@eis.hokudai.ac.jp

Ⅲ-V族化合物半導体量子ドット(QD)は広く研究が行われている。QDでは、三次元の量子閉じ込め効果により電子の運動量が凍結し、電子や励起子のスピン状態の緩和が抑制される。QDをスピン機能性光デバイスへと応用するためには、スピン偏極した電子や励起子をQDへ注入する際に生じるスピン緩和を抑制することが課題となっている。その課題を解決するために、我々はInGaAs量子井戸(QW)から自己組織化InGaAs QDへのトンネル効果によるスピン注入を行ってきた[1]。今回、我々はInGaAs QWとQDからなる結合トンネル構造において、QWからQDへのスピン注入ダイナミクスと注入後に生じるQDにおけるスピン緩和について調べ、結合構造依存性や測定温度依存性について議論を行った。

測定に用いた試料はGaAs(001)基板上に分子線エピタキシーを用いて作製した。作製した試料は、 $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ QWと $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ QD層を厚さ8 nmのGaAsトンネルバリアを介して結合させた構造を持つ。また、トンネルバリアなしにQW中にQD層を成長した試料も作製した。スピンダイナミクスの測定は、モード同期Ti:Sapphireレーザの円偏光パルスを励起光源とし、PL円偏光特性を円偏光板と直線偏光板を用いて弁別した後、ストリークカメラで時間分解スペクトルとして検出した。測定温度は6~200 Kである。PL円偏光度(CPD)は、円偏光PL強度を用いて以下のように定義した; $\text{CPD} = (I_{\sigma+} - I_{\sigma-}) / (I_{\sigma+} + I_{\sigma-})$ 。

井戸膜厚10 nmのトンネル結合構造において、QWから光励起スピンを注入した後のQD励起準位の時間分解円偏光PLの一例を図1に示す。また、トンネル結合でのスピン注入をモデル化し、レート方程式によるフィッティングを行った。フィッティングにより得られたQDでのスピン緩和時間について温度依存性を測定し、アーレニウスプロットを行った結果を図2に示す。これより、スピン緩和時間の熱活性エネルギーは49 meVと求められる。

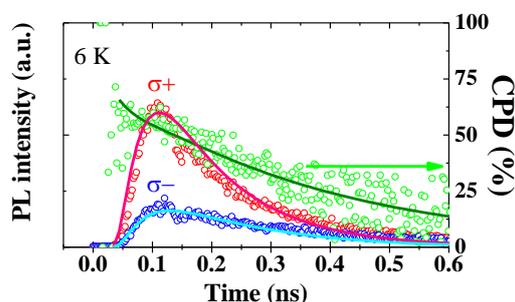


Fig.1 Transient PL from excited states of coupled QDs with a 10 nm-thick QW. Solid lines are obtained from rate-equation analysis for the PL time-profile.

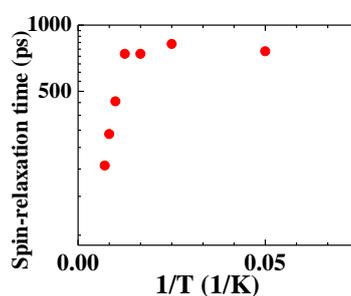


Fig.2 Arrhenius plot of the spin-relaxation time in the coupled QDs with the 10 nm-QW.

参考文献

- [1] X.J.Yang *et al.*, Appl. Phys. Lett. **104**, 012406 (2014).
[2] S.L.Chen *et al.*, J. Appl. Phys. **119**, 115701 (2016).