

半導体単一量子ドットの核スピン分極双安定状態下における光子統計性 Photon statics originating from exciton complexes in InAlAs quantum dot under bistable state of nuclear spin polarization

北大工¹, 北大院工² ○(B2) 大宮 寛太¹, (D2) 松崎 亮典², (B4) 藤澤 秀樹¹, 鍛冶 怜奈², 足立 智², 笹倉 弘理²

Graduate school of engineering, Hokkaido univ.¹, Faculty of engineering, Hokkaido univ.²,

○Kanta Oomiya¹, Ryouusuke Matsusaki², Hideki Fujisawa¹, Reina Kaji², Satoru Adachi²,

Hiroataka Sasakura²

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

【はじめに】半導体量子ドット (QD) では偏極した電子スピンを注入し、量子閉じ込め効果により増強される核スピンとの相互反転過程による大きな核スピン分極形成が可能となる。核スピン分極の制御性の向上は量子メモリや量子メディア変換等次世代の情報技術への応用が期待されており、核スピン分極形成過程において電子スピン反転が核スピンの制御性を大きく左右する要因の一つであることから、今回光子相関測定による電子スピン反転時間について精査した結果を報告する。

【試料及び評価】MBE を用いて成長させた In-AlAs/AlGaAs QDs を電子線リソグラフィーにより直径 ~300 nm のピラー状に加工したものを測定試料として用いた。波長 730 nm のダイオードレーザーを用い、濡れ層を円偏光 (σ^+) 励起した。試料に対して Farady 配置で 4.2 T の外部磁場を印加し、顕微分光法により単一 QD 発光を取得している。図 1(a) に X^+ -PL スペクトルを示す。発光の円偏光 DCP= $\sigma^-/\sigma^+ - \sigma^+/\sigma^-$ は核スピン分極が高い (HNSP) 状態で 0.75、低い (LNSP) 状態で 0.68 であり、高い偏極度で電子スピンを注入できていることを示唆するものである。図 1(b) に核スピン分極の双安定特性を示す。励起強度に対して大きな双安定性特性を示している。ヒステリシスループ内の励起強度 230 μW に設定し、 σ^+ 、 σ^- の光子統計性を評価した。

X^+ 発光の σ^+ と σ^- を 0.5 nm のバンドパスフィルターと半波長板と直線偏光子により選択し、単一光子検出器 (SPCM) へ導き、TAC(B&H: TCSPC-130EM) を用いて、2 次の相関測定を行った。LNSP 状態下と HNSP 状態下の測定結果を図 2 の (a) と (b) に示す。図 2 中の青線は 4 準位のレート方程式によるフィッティング結果により実測データを再現したものである。このときの電子スピン反転時間は概ね発光寿命 0.8 ns と同程度であり、これは定常発光の DCP から見積もられる値と定性的に一致している。本研究は JSPS 科研費 16H03817 の助成を受けたものです。

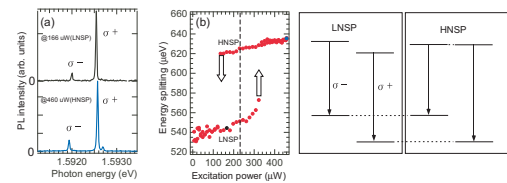


図 1: (a) PL spectra of positively charged exciton under external magnetic field at 4.2 T. (b) Excitation power dependence of energy splitting between σ^+ and σ^- emission. (inset) Schematic band diagram of positively charged exciton under low nuclear spin polarization (LNSP) and high nuclear spin polarization (HNSP).

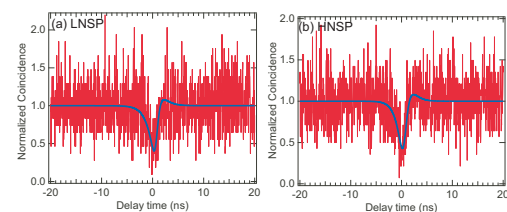


図 2: Normalized coincidence between σ^+ and σ^- emission of positively charged exciton under high nuclear spin polarization (HNSP) condition (a) and low nuclear spin polarization (LNSP) (b). Blue lines are fitting results with four state rate equation.