

(111)A 面上量子ドットにおける励起子微細構造分裂の高精度評価 Highly-resolved investigation of fine-structure-splitting in semiconductor quantum dots grown on (111)A substrate

¹北大電子研,²物材機構 [○]中島秀朗¹, 熊野英和¹, 劉祥明², 間野高明², 黒田隆², 末宗幾夫¹

¹RIES Hokkaido Univ., ²NIMS

[○]H. Nakajima¹, H. Kumano¹, X. Liu², T. Mano², T. Kuroda², and I. Suemune¹

E-mail: nakajima@es.hokudai.ac.jp

【はじめに】半導体量子ドット(QDs)は単一光子・量子もつれ光子対源として量子情報分野への貢献が期待される量子光デバイスであり、実用化を念頭にした研究が精力的である。特に単一 QD 内で形成される中性励起子分子(XX^0)-励起子(X^0)カスケード遷移過程では、その角運動量変化を反映し、偏光もつれ光子対が1対ずつ生成可能である。しかしながら多くの QD ではその形状異方性に起因した微細構造分裂(FSS)が生じるため、量子もつれ状態は崩壊する。これまで我々は液滴エピタキシー手法を用いた(111)A 面基板上での QD 成長によって、形状異方性の克服および FSS の抑制改善[1]、更には忠実度 0.86 を有する強い量子もつれ光子対の実証[2]や、微小な FSS がもたらす量子状態の時間発展[3]と検討を推し進めてきた。しかしこれらの検証実験における FSS の評価は、測定系のエネルギー分解能($\sim 4 \mu\text{eV}$)に制約されており、スペクトル自然幅($\sim 1.2 \mu\text{eV}$)程度の微小な判別は困難であった。本発表では、トリプル分光器を用いることで分解能を $0.8 \mu\text{eV}$ 未満にまで向上させ、統計的な FSS を精度良く評価したので報告する。

【実験及び結果】試料は GaAs(111)A 面基板上に自己形成した $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As} / \text{GaAs QDs} / \text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ であり、ビラー加工($\phi \sim 500 \text{ nm}$)を施すことで単一 QD を空間的に分離した。20 K に冷却した試料を、He-Ne レーザを用いて励起し、 XX^0 および X^0 発光についての直線偏光依存性をトリプル分光器を介して測定した。図 1 に測定結果の一例を示す。スペクトルのローレンツフィット(a:赤線)および検出偏光角 θ に対するピークシフト(b:黒線)によって、 $0.8 \pm 0.2 \mu\text{eV}$ の FSS が評価される。図 2 は同試料上いくつかの QDs についての評価結果を纏めたものであり、多くの QDs で $10 \mu\text{eV}$ 以下の比較的小さな FSS が見られた。また約 10%の成功率で $1.2 \mu\text{eV}$ 未満の微小な FSS を有しており、これら QDs では量子もつれ状態の XX^0 - X^0 光子対が生成していると考えられる。

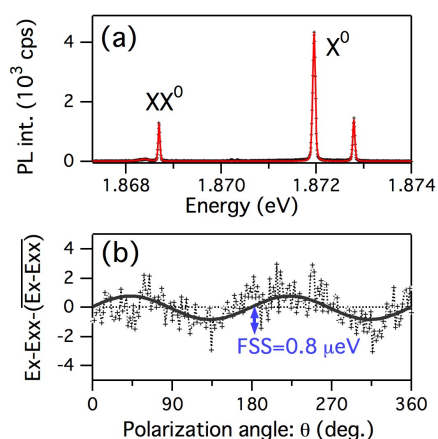


Fig. 1 (a) PL spectrum from a single GaAs QD and (b) FSS evaluation.

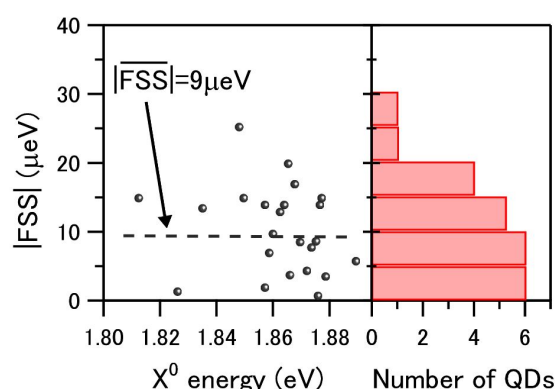


Fig. 2 FSS distribution with several QDs. The average value is as low as $9 \mu\text{eV}$.

【参考文献】 [1] T. Mano *et al.*, APEX **3**, 065203 (2010). [2] T. Kuroda *et al.*, PRB **88**, 041306(R) (2013). [3] H. Kumano *et al.*, arXiv:1406.6843 (2014).