

2 波長励起による量子ドット荷電状態制御と その励起ダイナミクスの考察

Charge control of semiconductor single quantum dots by two-laser excitation

¹北大電子研,²八戸工業大学 [○]中島秀朗¹, 原田拓弥¹, 熊野英和¹, 小田島聡^{1,2}, 末宗幾夫¹

¹RIES Hokkaido Univ., ²Hachinohe Institute of Technology

[○]H. Nakajima¹, T. Harada¹, H. Kumano¹, S. Odashima^{1,2}, 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。一般に光励起された QD ではその荷電状態に揺らぎが生じ、複数の異なる励起子状態が形成され得るが、量子光源としての効率を加味するとその制御が重要な要素技術である。この観点で我々は励起光の操作による制御法を軸にして検討を進めており、前回 2 つの励起レーザを用いた QD 荷電状態制御について報告した[1]。今回、励起レーザの強度依存性やそのダイナミクスについてより詳細に調査したので報告する。

【実験】試料は GaAs(100)基板上に MBE 法で自己形成 InAs QDs (面密度 $\sim 5 \times 10^9 / \text{cm}^2$)を成長させ、ピラー構造に加工した後、金属(Ag)反射鏡で埋め込んで作製した[2]。測定温度 20 K、励起光には 2 台の連続波チタンサファイヤレーザを用いた。一方のレーザ(Laser I)の波長を調整して QD を準共鳴励起し、正の荷電励起子(X^+)を排他的に生成させた($E_{\text{exc}} - E_{\text{PL}} = 33.3 \text{ meV}$)。もう片方のレーザ(Laser II)は波長 830 nm であり、これは GaAs バリヤ層励起に相当する。レーザ I の強度を 20 μW (平均励起子数 ~ 0.2)の比較的弱励起条件に固定させた状態で、Laser II の強度を掃印し、PL スペクトルの計測を行った。

【結果及び考察】図 1 に測定結果を示す。0.1 μW 程度の弱励起時には X^+ 発光が支配的であるが、励起強度の増加とともにその発光強度は減少し、中性励起子分子(XX)および励起子(X)発光が増大していくのが分かる。更に強励起時($> 2 \mu\text{W}$)では、XX, X ともに消失し、負の荷電励起子(X^-)発光が急激に増大していく。この明瞭なスペクトル変化はレーザ I で作られた正荷電の QD 状態に、レーザ II が齎す優先的な電子補足の効果を加えることで荷電状態が制御されていることを示している。また注目すべきは 0.5 μW 程度にて見られる XX, X 発光増大が同程度であることである。この条件下でレーザ I をパルス駆動化させ、強度相関関数を評価したところ、 $|X^+\rangle$ から $|XX\rangle$ を形成し、XX-X カスケード過程での光子対生成が主なスペクトルの増幅要因であることが確認された。これは量子もつれ光子対への適用に重要な結果である。当日は相関測定の結果も含めた詳細な議論を行う。

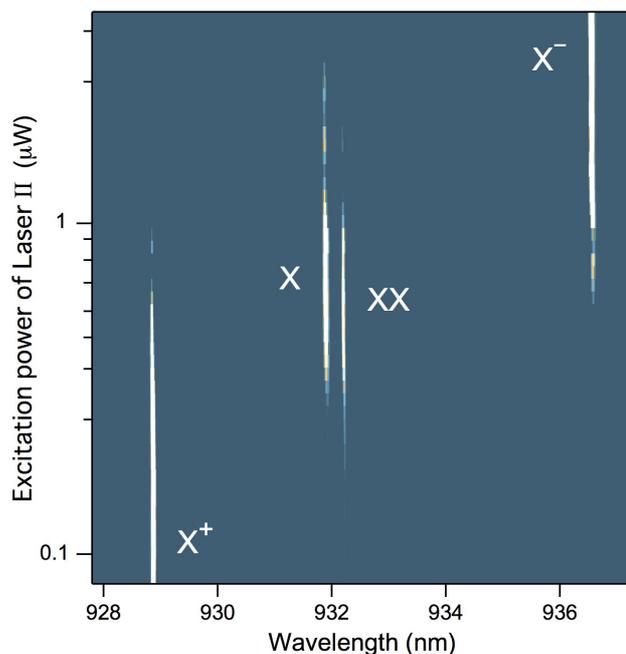


Fig. 1 Charge control of single quantum dot emission.

【参考文献】 [1] 原田他, 2014 春応物 18a-E15-7. [2] X. Liu et al., Appl. Phys. Lett. **102**, 131114 (2013).