18a-E15-7

単一量子ドット励起子分子-励起子カスケード過程における励起機構の制御

Control of excitation dynamics for biexciton-exciton cascade from a single quantum dot

北大電子研 [1], 学振 DC[2] ○原田拓弥 [1], 中島秀朗 [1,2], 小田島聡 [1], 熊野英和 [1], 末宗幾夫 [1]

RIES[1], JSPS[2], T. Harada[1], H. Nakajima[1,2], S. Odahsima[1], H. Kumano[1], and I. Suemune[1]

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

【はじめに】半導体量子ドット(QDs)内で形成される中性の励起子分子(XX)-励起子(X)カスケード遷移は量子もつれ光子対が 1 対ずつ生成可能なプロセスであり、XX-X カスケード光子対の効率的生成は量子情報分野への応用上、重要な要素技術である [1]。しかしながら一般的な X 状態経由の XX 生成過程では X 光子単独生成が生じ光子対生成効率低減の要因となる（Fig. 1)。これに対するアプローチとして厳格な光学的制御による 2 光子吸収手法が実証されてきた[2]。今回、我々は荷電励起子状態を経由した XX 生成により、X 状態を経由しない XX 分布生成による効率的な光子対発生を試みた。

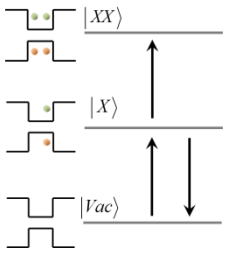

Fig. 1 Schematic of XX creation process in a QD

【実験】試料は GaAs(100)基板上に MOMBE 法で自己形成した InAs QDs (5×10^9/cm^2)でありピラー構造(1 μm ϕ)に加工後、金属反射鏡で埋め込んで作製した[3]。試料温度 20 K にて、2 台の連続波 Ti:Sa レーザを用い QD 励起機構の制御を行った。1 台目のレーザで準共鳴励起(a:1.368 eV)し、2 台目を GaAs バンドギャップに相当するエネルギー(b:1.493 eV)に励起波長を調整した。

【結果及び考察】各励起条件下で得られた PL スペクトルを Fig. 2 に示す。(a)では QD 内部の残留正孔により正の荷電励起子(X^+)の選択的形成が見られる。(b)では負の荷電励起子(X^-)が顕著であるが、これはバリア層で生成した電子正孔対のうち、電子が QD 内に優先的に捕獲されることによる。対して 2 波長同時励起を行うと、$X^{\pm}$発光の抑制および XX, X 発光の増幅が確認された(c)。これは X^+状態に更に電子が捕獲されることにより、XX 分布が X 状態を経ずに生成するためと考えられる。励起条件(c)において両レーザ ku 強度比を保ちながら励起強度依存性を測定したところ、XX,X 発光共にほぼ線形比例する強度依存性が得られた。これは荷電励起子状態からの XX 生成過程を反映した結果であり、XX 生成過程の機構制御によるものと考えられる。

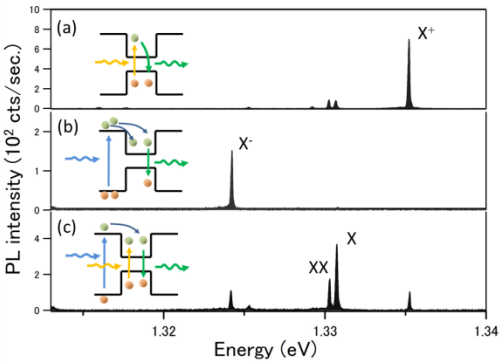

Fig. 2 PL spectrum under (a) GaAs barrier, (b) quasi-resonant, and (c) two-laser excitation conditions.

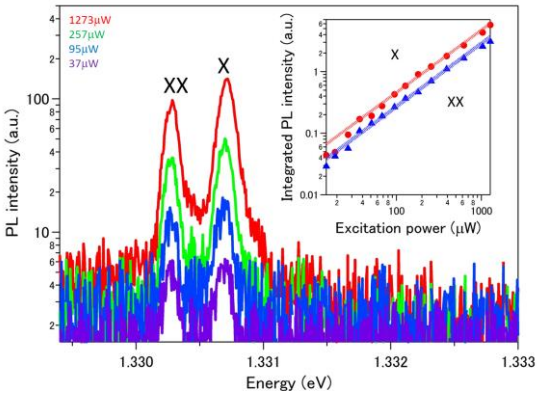

Fig. 3 Excitation power dependence under the condition of (c) in Fig. 2.

【参考文献】[1] O. Benson *et al.*, Phys. Rev. Lett. **84**, 2513 (2000). [2] H. Gotoh *et al.*, JJAP **52**, 120202 (2013). [3] X. Liu *et al.*, Appl. Phys. Lett. **102**, 131114 (2013).

© 2014 年　応用物理学会