

液滴エピタキシー成長 GaAs 量子ドットにおける PL ピーク位置温度依存性に対する非発光再結合の影響

Effect of Non-radiative Recombination on PL Peak Energy

in GaAs Quantum Dots Fabricated by Droplet Epitaxy

宮崎大工¹, 物材機構², °宮内 雄大¹, 川畑 公佑¹, 中村 泰樹¹,

間野 高明², 野田 武司², 碓 哲雄¹, 福山 敦彦¹

Univ. of Miyazaki¹, Natural Institute for Materials Science.², °Yudai Miyauchi¹, Kousuke Kawabata¹,

Taiju Nakamura¹, Takaaki Mano², Takeshi Noda², Tetsuo Ikari¹, Atsuhiko Fukuyama¹

E-mail: hk15044@student.miyazaki-u.ac.jp

【はじめに】量子ドット(QD)を活性層に用いる QD レーザは低閾値電流密度や優れた温度安定性が期待されている。一般に QD の発光特性評価のために PL 測定が行われるが、QD の PL 測定結果において PL ピーク位置が温度上昇に伴って期待値よりも大きく red-shift し^[1]、更なる温度上昇で blue-shift する特異な温度依存性が報告されている^[2]。この現象は QD サイズのばらつきによってエネルギー分布が幅を持つことと QD の基底状態とより高エネルギー側の準位間のキャリア遷移を考慮した定常状態モデルでほぼ説明できた^[2]が、高温域における blue-shift の変化量を説明するには不十分であった。そこで我々はこの定常状態モデルに QD の基底状態にある電子の非発光再結合過程を考慮することでモデルの改良を図った。

【試料詳細および実験方法】今回用いた試料は分子線エピタキシー装置を用いた Droplets Epitaxy(DE)法にて $\text{Al}_{0.33}\text{Ga}_{0.67}\text{As}$ 層上に GaAs QD を作製し、再び $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 層でキャップした DE 成長 GaAs QD 試料である。PL 測定は波長 473 nm の半導体レーザを用い、発光再結合信号を電荷結合素子(CCD)検出器で検出した。励起光強度は 6.5 mW で、測定温度は 4.3~225 K まで変化させた。

【実験結果と考察】Fig. 1 に PL ピーク位置の温度変化と Varshni の経験式による期待曲線との比較を示す。GaAs QD 試料に観測された特異な温度依存性は定常状態モデルを用いることで

ほぼ説明出来る (図中青曲線: previously proposed model)。一方、以前のモデルにおいて考慮されていなかった、QD の基底状態にある電子の非発光再結合過程を追加した今回のモデルでフィッティングを行ったところ、高温域においても非常に良い一致を示した(図中赤曲線: Present model)。つまり、QD の PL ピークエネルギーの温度変化において、高温側では非発光再結合過程の寄与が現れるために PL ピークエネルギーが大きく blue-shift する事が分かった。

[1] S. Sanguinetti *et al.*, Phys. Rev. B, **60**, 8276 (1999).

[2] Y. Miyauchi, Y. Ezoe, T. Mano, T. Ikari, A. Fukuyama, 秋季応用物理学会, 19p-C309-5.

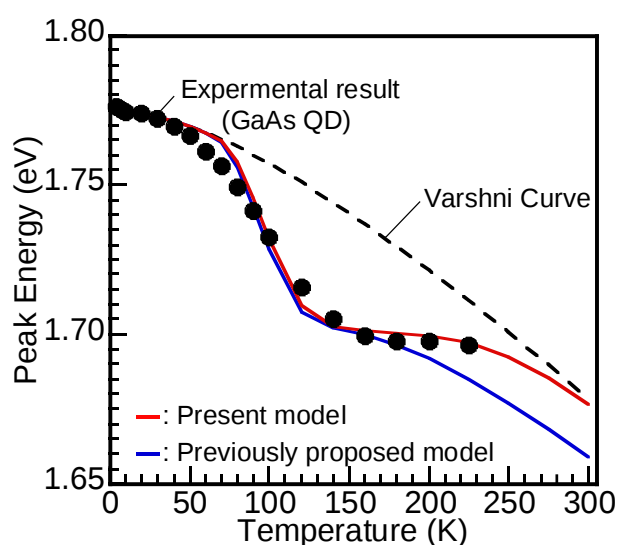


Fig. 1 Temperature dependence of PL peak energies in GaAs QD sample