

バイオテンプレート極限加工を用いた GaAs 量子ナノディスクの発光再結合の温度依存性



Temperature Dependence of Radiative Recombination Process for GaAs Quantum Nanodisk Fabricated by Neutral Beam Etching and Bio-template

宮崎大工¹, 東北大流体研², 東北大 WPI-AIMR³

○(DC)大堀 大介¹, トーマス セドリック², 肥後 昭男³, 寒川 誠二^{2,3}, 碓 哲雄¹, 福山 敦彦¹

¹FOE Univ. of Miyazaki, ²IFS Tohoku Univ., ³WPI-AIMR Tohoku Univ.,

°(DC)Daisuke Ohori¹, Cedric Thomas², Akio Higo³, Seiji Samukawa^{2,3}, Tetsuo Ikari¹, and Atsuhiko Fukuyama¹

E-mail: nc14002@student.miyazaki-u.ac.jp

[はじめに] 半導体量子ドットは、電子を 3 次元方向に閉じ込めるため状態密度関数がデルタ関数状になる。そのため、高い温度安定性と低い閾値電流を示すレーザや半導体光デバイスが実現されているが[1], 量子ドットのサイズ, 間隔, 密度をきわめて高精度に制御することが求められている。我々は、従来の SK 成長に比べ、高度に制御できる新たなトップダウンプロセスを提案している[2, 3]。この手法によりディスク状の量子ドットである量子ナノディスク(QND)を作製できることを示してきた。本研究では作製した GaAs QND の温度安定性を確認するため、発光再結合過程の温度依存性をフォトルミネッセンス(PL)法を用いて調べた。

[実験方法] 直径約 10 nm および厚さ 12 nm の GaAs QND を, AlGaAs を障壁材料として埋め込んだ QND 試料を用意した。QND の厚さ方向の間隔は 12 nm で面内密度は約 10^{11}cm^{-2} であった。参考試料として GaAs/AlGaAs 多重量子井戸(MQWs)試料も用意した。PL 測定は励起光源に半導体レーザ(473 nm)を, 検出器に光電子増倍管を用いて, 測定温度 7.3~250 K で実施した。

[結果と考察] 図 1 に 20 K の時の MQWs 試料と QND 試料の PL スペクトルを示す。MQWs 試料では 1.54 eV に MQWs 起因の強いピークが現れたが, QND 試料は全域に渡って非常にブロードな信号が観測された。1.54 eV 以上の領域に注目しピーク分離を行ったところ, A (1.58), B (1.61), C (1.65 eV) の 3 つのピークに分離できた。これらのピークと Varshni 経験則より得た GaAs のバンドギャップエネルギー (E_g) の温度依存性を図 2 に示す。100 から 180 K の範囲で回帰直線を引いたところ, GaAs の E_g よりも傾きが小さいことが分かる。電子を 3 次元で閉じ込めることで状態密度関数が離散化し, 温度依存性が小さくなったと考えられる。以上のことから, A, B, C のピークは QND 起因であるといえる。

[参考文献] [1] Y. Arakawa, et al., Appl. Phys. Lett. **40** (1982) 939. [2] S. Samukawa, Appl. Surf. Sci. **253** (2007) 6681. [3] I. Yamashita, This Solid Films **393** (2001) 12.

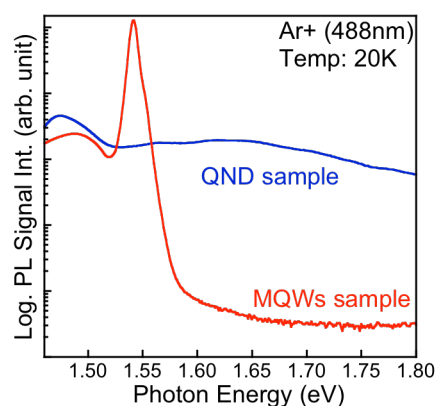


Fig. 1. PL spectra (log. scaled) for MQWs and QND samples

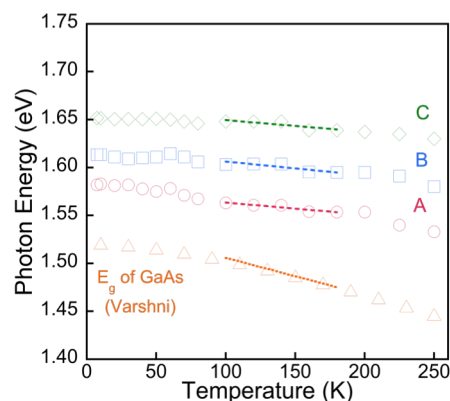


Fig. 2. Temperature dependence of A, B, and C peaks for QND sample from 7.3 to 250 K