

InP(311)B 面基板上低密度 InAs 量子ドットの均一幅

Homogeneous linewidth of low-density InAs quantum dots on InP(311)B substrate

慶應義塾大学¹, 情報通信研究機構²○高熊 亨¹, 小西 広一郎¹, 細井 響子¹, 末森 亮介¹, 林 怜¹, 赤羽 浩一², 早瀬 潤子¹,
Keio Univ.¹, NICT²,○Toru Takakuma¹, Koichiro Konishi¹, Kyoko Hosoi¹, Ryosuke Suemori¹, Rei Hayashi¹,
Koichi Akahane², Junko Ishi-Hayase¹

E-mail: hayase@appi.keio.ac.jp

半導体量子ドット(Quantum Dot; QD)は, 単一光子源や量子ビットなど量子情報デバイスへの応用が期待されている. 単一 QD に光でアクセスするためには, 自己形成 QD の低密度化が必要であり, これまでに GaAs(001)面[1]や InP(001)面[2]などの低指数面上での低密度 QD の作製が報告されている. しかし, 低指数面上の成長では QD が面方向に広がりやすく, 閉じ込めの強い, サイズの大きな QD の作製は困難であった. 一方 InP(311)B 面のような高指数面では, 面方向への広がりが抑制されるためサイズの大きな QD の作製が可能となるが, 高密度に QD が形成される傾向があった[3]. 最近我々のグループでは, 高成長温度・低成長速度の条件下で, InP(311)B 面基板上 InAs QD の低密度化($<10^{10} \text{ cm}^{-2}$)に成功した[4]. 本研究では, InP(311)B 面基板上低密度 InAs QD を対象として, 顕微分光および Photon Echo(PE)測定を行ない, 発光特性や均一幅を評価したので報告する.

InP(311)B 面基板上 InAs QD は, 分子線エピタキシーを用いて作製した. 成長速度 0.104 ML/s, 成長温度 540 °C, 成長量 5 ML で InAs QD 層を成長させることにより, およそ $8 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$ 程度まで QD を低密度化した. 図(a)に, 作製した低密度 QD サンプルの集団 Photoluminescence(PL)スペクトル(温度 3 K)を示す. 励起子発光波長が通信波長帯に広く分布していることがわかる. QD サンプル上に直径 1 μm 程度の孔の空いた Ti マスクを被せ, 顕微発光測定(励起波長 810 nm)を行なったところ, 単一 QD からのシャープなピークを観測した(図(b)参照). 観測された 2 つの PL ピークの起源は, 励起強度依存性からそれぞれ励起子基底状態(X^0)と励起子分子状態(XX^0)であると考えられる. 励起子 PL の均一幅を正確に見積もるために, 励起子共鳴の中心波長付近で PE 測定(温度 3 K)を行なった(図(c)). PE 信号の減衰時間から見積もった位相緩和時間 T_2 および均一幅 γ は, $[2\bar{3}3]$ 偏光励起では $T_2 = 564 \text{ ps}$, $\gamma = 2.33 \text{ } \mu\text{eV}$, $[01\bar{1}]$ 偏光励起では $T_2 = 613 \text{ ps}$, $\gamma = 2.14 \text{ } \mu\text{eV}$ であった. これらの値は, InP(311)B 面基板上高密度 InAs QD と同程度であり[5], 作製した低密度 InAs QD の結晶性が良いことを示している. 発表では PE 測定のさらに詳しい解析結果についても報告する. なお, 本研究の一部は最先端・次世代開発支援プログラムの援助のもと行われた.

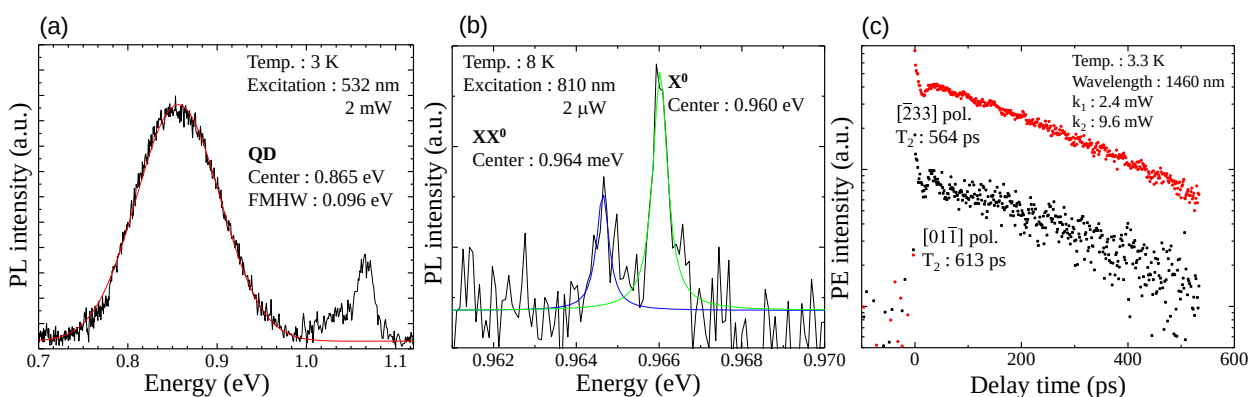


図 低密度 InAs QD の (a) 集団 PL スペクトル, (b) 単一 PL スペクトル, (c) PE 測定結果

[1] S. Huang *et al.*, J. Cryst. Growth **751**, 301 (2007). [2] R. Enzmann *et al.*, J. Cryst. Growth. **312**, 2300 (2010). [3] K. Akahane *et al.*, Phys. Status Solidi A **208**, 425 (2011). [4] K. Konishi *et al.*, SSDM 2013, PS-9-2, Hukuoka Japan (2013). [5] K. Suzuki *et al.*, CLEO-PR&OECC/PC 2013, WG2-4, Kyoto, Japan (2013).