

近接二層積層による GaAs 基板上 InAs-QD の発光長波長化の検討(II)

Extended emission wavelength of bilayer InAs-QDs on a GaAs substrate (II)

和歌山大シスエ¹, NEC², 物材機構³, シェフィールド大⁴○中谷 擁平¹, 尾崎 信彦¹, 大河内 俊介², 池田 直樹³, 杉本 喜正³, E. Clark⁴, R. Hogg⁴Wakayama Univ.¹, NEC Corp.², NIMS³, U. Sheffield⁴○Y. Nakatani¹, N. Ozaki¹, S. Ohkouchi², N. Ikeda³, Y. Sugimoto³, E. Clark⁴, R. Hogg⁴

E-mail: ozaki@sys.wakayama-u.ac.jp

【はじめに】我々は近接二層積層(bi-layer)法による GaAs 基板上 InAs 量子ドット(QD)の1.3 μm 以上の発光長波長化を目指している[1]。前回、積層した二層の QD のうち下層 QD(seed-QD)への In 供給量の減少と seed-QD の成長温度上昇によって発光中心波長が 1.3 μm 程度まで長波長化することを報告した[2]。これは、上層 QD(active-QD)のテンプレートである seed-QD の成長密度が減り、GaAs スペース層を介した表面歪場分布が最適化され、active-QD の成長サイズ増大が起きた結果と考えられる。今回は、この seed-QD 密度を減らす効果が同様に期待されるパラメータとして QD の成長レート (GR)に注目し、seed-QD および active-QD の GR に対するサイズと密度および発光特性変化を調べたので報告する。

【実験手法】MBE 法により Fig. 1(a)に示すような QD bi-layer 構造を作製した。その際、seed および active-QD の GR をともに 0.05ML/s $\sim$ 0.2ML/s と変えたサンプルを用意した。Fig. 1(b)は、GR を 0.2ML/s にて作製したサンプルの断面 TEM 像の例である。サンプル最表面には同じ条件で bi-layer 構造を作製し、AFM により active-QD のサイズおよび密度評価を行った。埋め込まれた QD bi-layer に対して室温 PL 測定により光学特性評価を行った。

【結果】seed および active-QD の GR を 0.2ML/s と 0.05ML/s に変えた際の active-QD の AFM 観察結果を Fig. 2 に示す。GR を 0.2 から 0.05ML/s に低下させると、active-QD の密度(coalescent QD は除く)が $1.2 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ から $5.1 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$ へ低下し、平均高さが 6.9 nm から 9.4nm へ増加することが確認された。これは、GR を低下させたことにより seed-QD の成長密度が減少

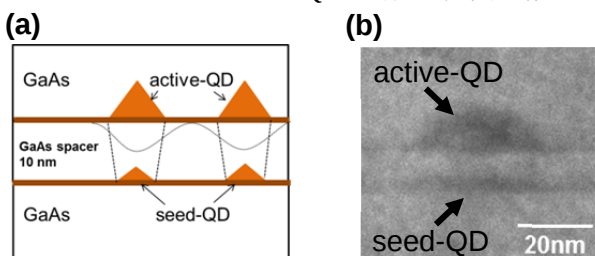


Fig. 1 (a) Schematic image of QD bi-layer. (b) HRTEM image of bi-layer QD.

し、それに伴って active-QD の密度低下およびサイズ増大が発生したためと考えられる。両サンプルの PL 測定結果を Fig. 3 に示す。GR 低下により、発光ピーク波長が 1.28 μm から 1.32 μm へ約 40nm 長波長化しており、サイズ増大に伴う発光長波長化が観測された。また、GR 低下に伴って、発光強度が 3 倍程度増加し、短波長側 (1.25 μm や 1.18 μm 付近) に複数のピークが現れた。これらは QD の励起準位(ES)発光ピークと思われ、GR 低下による QD の光学的な品質向上により発光強度増大と ES 発光が顕著に現れた結果と考えられる。

【謝辞】本研究は科学研究費補助金(22560016)およびキャノン財団の助成を受けて行われた。TEM 試料作製および観察は、文科省ナノテクノロジープラットフォーム事業(NIMS 微細加工 PF)、大阪大学河野日出夫准教授のご協力により実施された。

[1] N. Ozaki *et al.*, J. Crystal Growth, in press

[2] 中谷擁平他、第 59 回応用物理学関係連合講演会 16p-A8-1

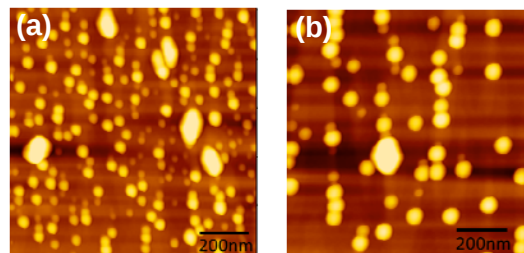


Fig. 2 AFM images of active-QDs grown with (a) GR of 0.2ML/s and (b) GR of 0.05ML/s

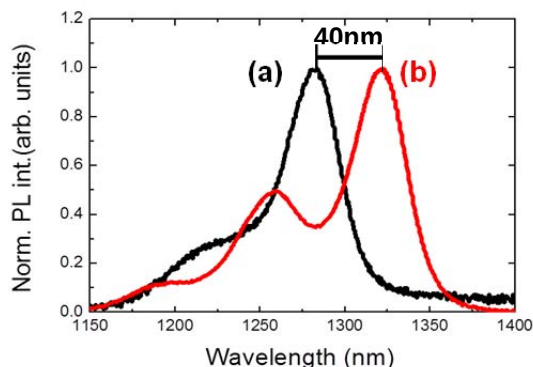


Fig. 3 PL spectra obtained from bi-layer QDs grown with (a) GR of 0.2ML/s and (b) GR of 0.05ML/s