

ナノホール GaAs 歪緩和埋込み層による InAs 量子ドットの 1.5 μm 面発光 (2)1.5 μm surface emission of InAs QDs embedded by GaAs strain relaxed layer with nanoholes (2)

電気通信大学 先進理工学専攻 ◦山下 博幸, 高橋 佑太, 山口 浩一

Univ. of Electro-Communications, ◦Hiroyuki Yamashita, Yuta Takahashi, Koichi Yamaguchi

E-mail : hiroyukiyamashita@crystal.ee.uec.ac.jp

はじめに 単一量子ドット(QD)を内蔵した微小共振器構造は、量子暗号通信用の単一光子発生器として期待されている。本研究では、MBEによるGaAs(001)基板上へのInAs QDs ($5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$)を自己形成ナノホール(NH)GaAs層で埋め込み成長することで、長距離光通信に適した1.5 μm 帯の発光を観測した[1]。また、GaAs(001)基板上への低密度InAs QDs ($10^6 \sim 10^9 \text{ cm}^{-2}$)の形成制御法を開発し[2]、低密度InAs QDsの顕微PL測定による低温での1.1 μm 帯の単一InAs QDからの発光を観測している[3]。今回は、低密度InAs QDsの形成制御法とNHの自己形成法を組み合わせることにより、1.5 μm 帯で発光する低密度InAs QDsをGaAs(001)基板上に作製し、アニール時間によるNHの形成過程と発光波長帯の制御について検討したので報告する。

実験 GaAs(001)基板上に基板温度498 $^{\circ}\text{C}$ 、低As圧・低成長速度(0.018 ML/s)のMBE成長条件において、断続供給パターン(InAs 0.8 ML+1.0 ML+0.38 ML \times N回)によりInAs断続成長と3分間のAs雰囲気下での成長中断を交互に繰り返し、成長中のRHEED鏡面反射ビーム強度変化より、InAs QD密度制御を行った。その後GaAsスペーサー層を460 $^{\circ}\text{C}$ にて11 nm成長し、As雰囲気下において498 $^{\circ}\text{C}$ でアニール処理を行い、低密度InAs QDsの直上のGaAsスペーサー層にNHを自己形成した。試料は15 Kの極低温においてPL測定を行った。

結果・考察 Fig.1は、断続供給法とNH自己形成法により作製した低密度InAs QD ($2.3 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$)層における1個のNH-QDのAFM像(a)とNH自己形成の概略図(b)である。Fig.2には、NHの深さのアニール時間依存性を示しており、アニール時間を50 sから300 sへ増すと、NH深さは線形的に深くなることが分かった。Fig.3には各アニール時間におけるPL発光スペクトルの変化の様子を示した。アニール時間が長くなると発光スペクトルも短波化している。これは、InAs QDからのInAs脱離によるQDサイズの減少により短波化したものと考えられ、アニール時間により1.25 μm から1.55 μm までの大幅な発光波長の制御が可能となった。

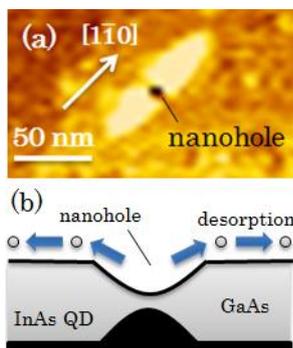


Fig.1. AFM image of GaAs nanohole capping layer on InAs QD (a). Self-formation process of GaAs nanohole (b).

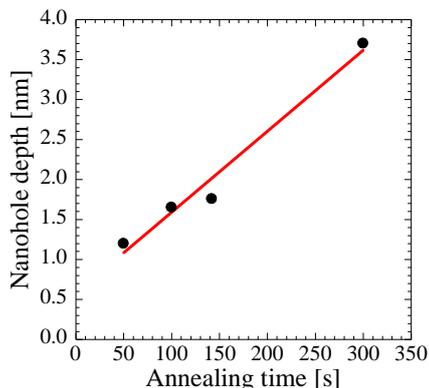


Fig.2. Annealing time dependence of GaAs nanohole depth.

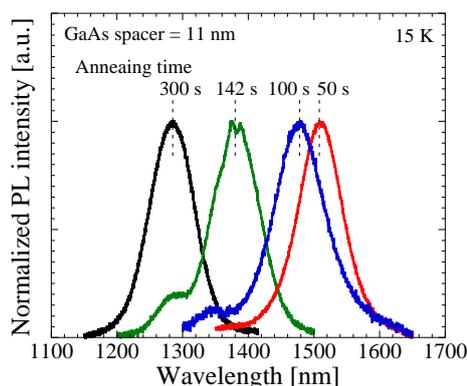


Fig.3 PL spectra of low-density InAs QDs embedded in GaAs nanohole capping layers at 15 K.

[1] 河本 憲幸, 高橋 佑太, 山口 浩一 2012年秋季応物予稿 12p-J-1 15-066

[2] Takuya Yanagisawa, Yoshihide Ogawa, Koichi Yamaguchi ISCS abstract (2010) MoP11, p13.

[3] 小川義秀, 柳澤拓弥, 山口浩一 2010年秋季応物予稿 15p-ZV-3.