In フラッシュ法を用いた InAs/GaAs 量子ドットの高体積密度化

Increase of volume density of InAs/GaAs quantum dots by In-flush technique

東大ナノ量子機構　°角田 雅弘，權 晋寛，渡邉 克之，荒川 泰彦

NanoQuine, The Univ. of Tokyo, °M. Kakuda, J. Kwoen, K. Watanabe, Y. Arakawa

E-mail: kakuda@iis.u-tokyo.ac.jp

InAs/GaAs 系自己形成量子ドット(QD)は高効率、高い温度安定性などの特長よりレーザ媒質として有用な材料である。我々は波長 1 μm 帯の高出力レーザへの応用を考え、利得増大のため QD 体積密度の増大を目指している。密度増大の手法の一つとして層間隔の低減があるが、QD 直上の局所歪みが十分緩和せず、垂直配列により上層 QD のサイズが増大し[1]、面内密度低下、欠陥の増加が生じるという問題がある。今回我々は In フラッシュ法[2]を用いることにより、層間隔低減による QD 面内密度低下と QD 高さ増大を抑制しつつ体積密度増大に成功したので報告する。

MBE により GaAs(001)基板上に AlGaAs キャリア障壁層、GaAs 層を成長したのち、面内密度 4 ×10^{10} cm^{-2} の条件で InAs QD を成長した。成長中断後に 3.1 nm の GaAs 部分キャップ層を成長し、昇温して In フラッシュを行い、GaAs キャップ層を成長した。このシーケンスを繰り返し、積層試料を作製した。ここで QD 積層の合計厚さを 280 nm に固定し、QD 層間隔 31 nm, 25 nm および 20 nm の 3 種類の試料を作製した（図 1）。これはそれぞれ積層数 10, 12 および 15 層に対応する。最上層は AFM による密度測定のためキャップを行わなかった。また In フラッシュなしの試料として、上記シーケンスの部分キャップ層厚さを 7 nm とした試料も作製した。

図 2 にそれぞれの層間隔に対する最上層の QD 密度を示す。In フラッシュなしでは層間隔 25 nm で密度が低下していたが、In フラッシュありでは層間隔 25 nm まで単層の場合と同じ密度が保たれていた。また層間隔減少による QD 高さの増大も In フラッシュありでは抑制されていた（図 3）。これは QD 直上の局所歪みの減少の効果と考えられる。以上より In フラッシュにより層間隔 25 nm まで QD 密度を保ったまま層間隔を低減させ、層間隔 31 nm に比べ体積密度をおよそ 1.2 倍に増加させることに成功した。

[謝辞] この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務の結果得られたものである。

[参考文献] [1] Q. Xie et al., Phys. Rev. Lett. **75**, 2542 (1995). [2] Z.R. Wasilewski et al., J. Cryst. Growth **201**, 1131 (1999).

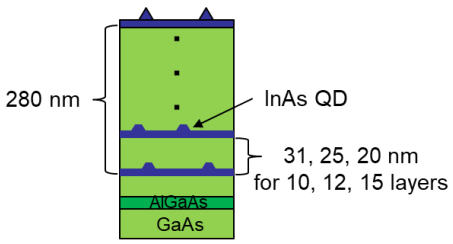

Fig.1 Schematic cross-sectional image of stacked QD samples.

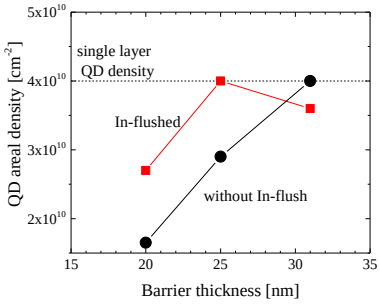

Fig.2 Dependence of QD areal density on barrier thickness for In-flushed and without In-flush QDs.

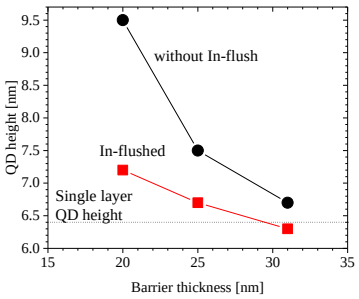

Fig.3 QD height changes as a function of barrier thickness for In-flushed and without In-flush QDs.