

MOCVD による高密度 ($> 1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$) GaN/AlGaN 量子ドットの形成

Formation of high-density ($> 1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$) GaN/AlGaN quantum dots by MOCVD

東大ナノ量子機構¹, 厦門大² ◯有田 宗貴¹, 梅 洋^{1,2}, 荒川 泰彦¹

NanoQuine, Univ. of Tokyo¹, Xiamen Univ.², ◯Munetaka Arita¹, Yang Mei^{1,2}, and Yasuhiko Arakawa¹

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

はじめに: 量子ドット(QD)レーザは、低消費電力・高出力レーザとして期待されている。電子・正孔の有効質量が大きい窒化物半導体の場合、特にしきい値の低減に関して QD の恩恵が大きい [1]。紫外 QD レーザは加工用光源などの応用に有望である。これまでに我々は AlN 上高密度 GaN QD の自己形成[2]、電流注入を意識した $\text{Al}_{0.74}\text{Ga}_{0.26}\text{N}$ 上への GaN QD の自己形成[3]に成功しているが、格子不整が比較的小さくなる AlGaN 上への GaN QD の自己形成は特に QD 密度の向上が課題である。今回、我々は MOCVD 成長 GaN/AlGaN QD の形成条件を検討し、 10^{11} cm^{-2} 台の高密度化を実現したので報告する。

実験: 6H-SiC(0001)基板に GaN/n- $\text{Al}_{0.74}\text{Ga}_{0.26}\text{N}$ /AlN を MOCVD で成長した(温度 940~1000 °C、圧力 200 Torr、V/III 比約 10~70)。最表面はキャップしておらず、その表面モフォロジーを原子間力顕微鏡(AFM)によって観察した。

結果: はじめに GaN QD の形成に影響する成長条件の洗い出しを AlN テンプレート上で行い、特に形成後アニール(成長中断:Growth Interruption)の処理条件依存性に注目した。その結果、 NH_3 流量をある適切な範囲内で変調(一時的に増量)させ、かつヒーター加熱をオフにする(自然冷却を開始する)条件の時に最も均一で小型の QD が形成できることを確認した。この条件から外れると急激に GaN 結晶の粗大化(coarsening)が起こることから、適度な Ga 拡散長を維持して三次元成長を完成させることが重要であることが伺える。このアニール条件を利用して n-AlGaN テンプレート上に GaN QD の形成を行い、 NH_3 流量・温度依存性(*TMG 流量と成長時間は一定)を詳細に検討した結果、 NH_3 流量をかなり厳密に制御することによって、ある温度域において高密度の GaN QD を形成できることが分かった。図 1 に、980°C、 NH_3 流量 3.40 sccm で形成した n-AlGaN 上 GaN QD の AFM 像を示す。密度は $1.1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ と、従来の AlGaN 上 GaN QD の密度($1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ [3])を一桁上回るものであった。サイズ・形状の均一性を向上し多層化することで紫外 QD レーザの活性層としての応用が期待できる。

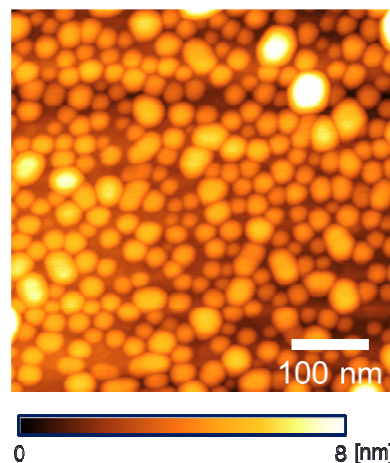


Fig. 1: 500×500 nm² AFM image of GaN/AlGaN QDs.

謝辞: 本研究は科研費特別推進研究(15H05700)および NEDO プログラムにより遂行された。

参考文献: [1] Y. Arakawa, IEEE J. Sel. Topics Quantum Electron. **8**, 823 (2002). [2] K. Hoshino et al., J. Cryst. Growth **272**, 161 (2004). [3] K. Hoshino et al., phys. status solidi (c) **1**, 2516 (2004).