

高成長温度、低成長量で作製された 低密度 InP(311)B 基板上 InAs 量子ドットの光学特性

Optical properties of Low-Density InAs Quantum Dots on InP(311)B Substrate Fabricated with High Growth Temperature and Small Amount of In deposited

慶大理工¹, 情通機構², 北大電子研³○小西 広一郎¹, 高熊 亨¹, 赤羽 浩一², 末宗 幾夫³, 早瀬 潤子¹Keio Univ.¹, NICT², Hokkaido Univ.³°Koichiro Konishi¹, Toru Takakuma, Kouichi Akahane², Ikuo Sunemune³ and Junko Ishi-Hayase¹

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

【背景と目的】半導体量子ドット(QD)は、量子情報技術への応用が期待されている固体材料である。特に InP(311)B 基板上の InAs 量子ドットは、通信波長帯単一光子を高効率で発生可能であり[1]、光ファイバ伝送に適した単一光子源として注目される。しかし一般的に、InP(311)B 基板上 InAs QD は高密度に形成されるため[2]、単一 QD のみに光でアクセスする事が困難である。そのため、QD の低密度化が必要不可欠であるが、InP(311)B 基板上 InAs QD の低密度化の例はまだ少ない[3]。今回我々は低成長速度条件下において、成長温度、成長量を変化させて作製する事で InP(311)B 基板上 InAs QD の低密度化を試み、作製したサンプルの光学特性の評価を行ったので報告する。

【実験と結果】分子線エピタキシーを用いて QD サンプルの作製を行った。基板のサーマルクリーニング後、基板温度 460 °C、成長速度 1.0 ML/s で In_{0.52}Ga_{0.24}Al_{0.24}As バッファ層を 300 nm 成長し、その上に成長速度 0.104 ML/s で InAs QD 層を成長させた。成長温度と成長量を(a)530 °C, 5 ML, (b) 540 °C, 5 ML, (c) 530 °C, 4 ML とし、3 サンプルを作製した。図 1 はサンプル表面の原子間力顕微鏡(AFM)像と発光スペクトルである。AFM 像から、成長量を 5 ML に固定したまま、成長温度を(a)530 °C から(b)540 °C に上昇させる事で QD 密度が(a) $1.3 \times 10^{10} / \text{cm}^2$ から(b) $8.0 \times 10^9 / \text{cm}^2$ に減少する事が分かった。さらに、成長温度を 530 °C に固定したまま、成長量を(a)5 ML から(c)4 ML に減少させる事で QD 密度が(a) $1.3 \times 10^{10} / \text{cm}^2$ から(c) $8.0 \times 10^9 / \text{cm}^2$ に減少する事が確認された。発光スペクトル測定では、全てのサンプルにおいて通信波長帯の発光が確認され、ピーク波長はそれぞれ(a)1473 nm, (b)1449 nm(c), 1440nm であった。また、(a)と(b)の発光スペクトルは共にガウス分布の形状をしており、成長温度の変化が QD の発光特性には大きな影響を与えない事が分かった。一方で、(c)のスペクトルは高エネルギー側に裾を引く様に変化しており、成長量の変化が QD の発光特性に影響を与える事が示唆された。

謝辞: 本研究の一部は、最先端・次世代研究開発支援プログラムの支援を受けて行われた。

[1] J. Ishi-Hayase, K. Akahane, N. Yamamoto, and M. Sasaki, Appl. Phys. Lett., **91**, 103111 (2007)

[2] K. Akahane, N. Yamamoto, and T. Kawanishi, phys. stat. solidi (a), **208**, 2 (2011).

[3] K. Akahane, and N. Yamamoto, J. Cryst. Growth (in press).

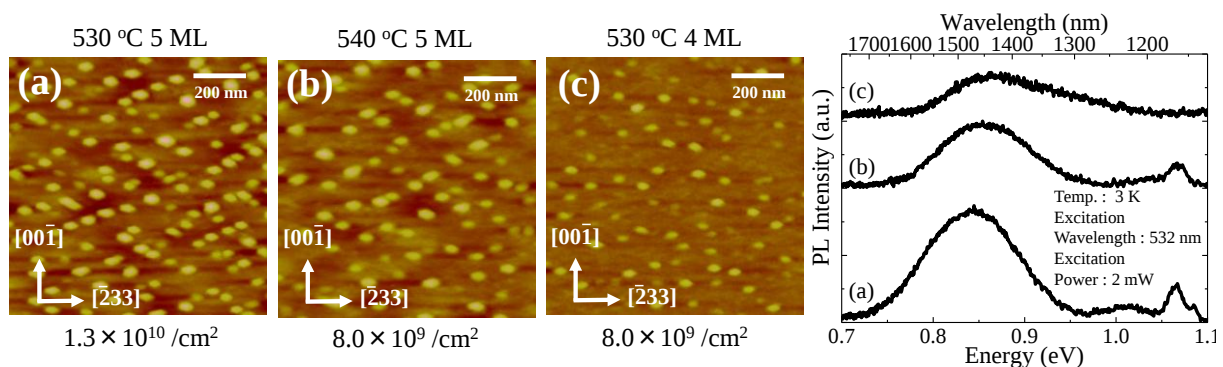


図 1 成長温度、成長量を(a)530 °C, 5 ML (b)540 °C, 5 ML (c)530 °C, 4 ML とし作製した QD サンプルの AFM 像と発光スペクトル