

GaAs キャップ層成長温度による InAs/GaAs 量子ドットの 広帯域発光波長制御

Wide-range Control of Emission Wavelength of InAs/GaAs Quantum Dots by Growth Temperature of GaAs Capping Layer

松村 拓哉¹, °海津 利行^{1,2}, 喜多 隆¹ (1. 神戸大院工, 2. 神戸大研究基盤セ)

T. Matsumura¹, °T. Kaizu^{1,2}, and T. Kita¹ (1. Grad. Sch. of Eng., Kobe Univ., 2. CSREA, Kobe Univ.)

E-mail: kaizu@crystal.kobe-u.ac.jp

はじめに 光情報通信に利用可能な新しい光周波数帯域として 1.0~1.3 μm 帯が注目され、この広帯域で動作する自己形成 InAs/GaAs 量子ドット(QDs)を用いたデバイス技術の開発が進められている。我々はこれまで、QDs が電子的に結合した近接多重積層 InAs/GaAs QDs を用いた半導体光増幅デバイスを作製し、40 層積層構造において波長 1150 nm を中心とした約 100 nm の広帯域で偏波にほぼ依存しない光利得を達成している[1]。周波数帯域をさらに拡大し、効率的に利用するためには、QDs のエネルギー準位の制御が不可欠である。QD 埋め込み成長過程における InGaAs 歪緩和層の導入[2]、In フラッシュによる InAs QDs の発光波長(エネルギー準位)の制御手法[3]がこれまで報告されているが、本研究では、GaAs キャップ層の成長温度を変化させる簡便な手法を用いて、室温において 1.08~1.29 μm の広帯域にわたる QD 基底準位の発光波長制御を実現した。

実験 分子線エピタキシーを用いて GaAs(001)基板上にバッファ層を成長した後、基板温度 480°C で InAs QDs(2.0 分子層)を形成した。その後、60 秒の成長中断を導入して基板温度を 430~495°C に変化させて GaAs キャップ層(100 nm)を成長した。これらの試料の室温におけるフォトルミネセンス(PL)測定(励起波長 659 nm、励起強度 1 mW)を行った。

結果と考察 図 1 に、室温における InAs QDs の PL スペクトルの GaAs キャップ層成長温度依存性を示す。成長温度が高くなるにつれてピーク波長は単調に短波長シフトし、スペクトル幅が増大している。その結果、成長温度 430~495°C において 200 nm 以上の広帯域にわたる QD 基底準位の発光波長制御を実現した。この波長シフトの要因について、QD 埋め込み成長過程の反射高速電子線回折(RHEED)その場観察から考察した。図 2 の挿入図は、典型的な GaAs キャップ層成長過程における(004)回折点の強度変化である。QDs の埋め込み成長が進むにつれて回折強度は次第に弱くなり、RHEED パターンがスポットからストリークへと遷移する。この強度変化から見積もった QDs が埋め込まれるキャップ層膜厚 θ は、図 2 に示すようにキャップ層成長温度が高くなるにつれて減少しており、QD-キャップ層界面において In と Ga 原子の相互拡散が促進されて QD サイズがより減少していることが示唆される。講演では QD 形成からキャップ層成長までの成長中断過程における変化も含めて詳細に議論する。

[1] T. Kita et al., J. Appl. Phys. **115**, 233512 (2014).

[2] N. Ozaki et al., Jpn. J. Appl. Phys. **53**, 04EG10 (2014).

[3] Y. Hino et al., J. Cryst Growth **378**, 501 (2013).

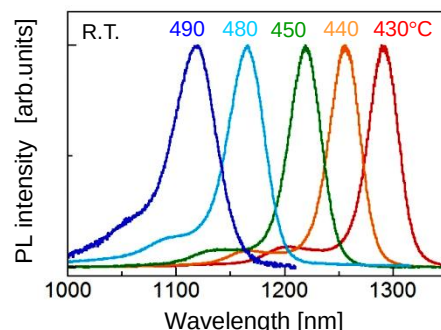


図 1 InAs QDs の PL スペクトルの GaAs キャップ層成長温度依存性

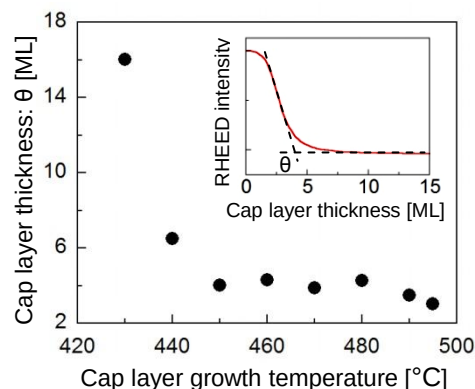


図 2 InAs QDs が埋め込まれる GaAs キャップ層膜厚の GaAs キャップ層成長温度依存性、(挿入図) GaAs キャップ層成長過程における(004)回折点の強度変化