

高密度 InGaAs 量子ドットのメタモルフィックテンプレート上成長

Growth of high-density InGaAs Quantum Dot on Metamorphic Template

○影山健生¹、渡邊克之²、武政敬三³、菅原充³、岩本敏^{1,2}、荒川泰彦^{1,2}

(東大ナノ量子機構¹、東大生研²、QD レーザ³)

○T. Kageyama¹, K. Watanabe², K. Takemasa³, M. Sugawara³, S. Iwamoto^{1,2} and Y. Arakawa^{1,2}

(NanoQuine, Univ. of Tokyo¹, IIS, Univ. of Tokyo², QD Laser, Inc.³)

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

【はじめに】量子ドットレーザは、優れた温度特性[1]や安価な製造コストにより、波長 1300nm 帯において様々な光源として使われている。更なる応用範囲拡大のためには、レーザ特性の向上、特にモード利得の増大が必要であるが、1300nm 帯で用いられる自己形成 InAs 量子ドットの結晶成長の制限により、利得の向上を阻む要因となっている。一方 1100nm 帯で優れた特性をもつ InGaAs 量子ドットレーザ[2]は比較的容易にドット密度を高密度化・レーザの高利得化することが可能で、ドット層の歪が少ないことから積層密度を増加させることも可能であると考えられる。今回 InGaAs 量子ドットの利点を波長 1300nm 帯へ応用するため、母体材料を GaAs からメタモルフィック成長 InGaAs に変更することにより、1300nm 帯発光する高密度($1 \times 10^{11} \text{cm}^{-2}$) InGaAs 量子ドットが得られたので、報告する。

【実験】サンプルは分子線成長 (MBE) 法により成長した。InGaAs 量子ドット成長条件は報告例 [2]と同一である。n-GaAs 基板上に 1100nm 厚の $\text{In}_{0.15}(\text{Al}_{0.33}\text{Ga}_{0.67})_{0.85}\text{As}$ メタモルフィックテンプレート層を 450°C で成長後、 $\text{In}_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ 量子ドットを $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ で埋め込み、 $\text{In}_{0.15}(\text{Al}_{0.33}\text{Ga}_{0.67})_{0.85}\text{As}$ と $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ でキャップした。評価は室温フォトルミネッセンス(PL)、原子間力顕微鏡(AFM)、X 線回折(XRD)により行った。

【結果と考察】図 1 に示すようにメタモルフィック In(Al)GaAs 層においては、ミスフィットに起因すると見られる転位は 100nm 程度で導入され 250nm 程度で最大になり格子緩和が進行し、その後膜厚増大に従い転位密度が低下するが表面粗さは 1000nm 程度まで増加し、それ以上では減少する傾向が見られた。図 2 に示すように、1100nm 厚の $\text{In}_{0.15}(\text{Al}_{0.33}\text{Ga}_{0.67})_{0.85}\text{As}$ メタモルフィックテンプレート上の $\text{In}_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ 量子ドットは波長 1300nm 帯での発光が得られ、さらにドット密度は $9.6 \times 10^{10} \text{cm}^{-2}$ であった。ただし巨大ドットが $1.4 \times 10^9 \text{cm}^{-2}$ 程度存在することからドット成長時における InGaAs 供給過多であったことが分かり、供給量を調整[2]することにより PL 強度の増大や半値全幅減少が期待できる。比較的高転位密度であるテンプレート上への量子ドットにおいてもドット密度を保ったまま明瞭な室温 1300nm 帯発光が得られたことから、母体材料制御による量子ドットの発光波長制御の可能性が示された。

【謝辞】本研究は NEDO プロジェクト「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」および「高輝度・高効率次世代レーザ技術開発」により遂行された。

【参考文献】 [1] Y. Arakawa *et al.*, Appl. Phys. Lett. 40, 939 (1982), [2] 影山他, 2013 年春応物 28a-G20-9

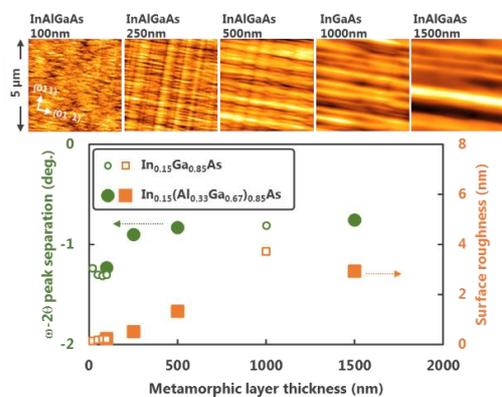


Fig. 1 AFM images, ω -2 θ peak separation between substrate and layer peak in XRD spectra, and surface roughness by AFM over $5 \mu\text{m} \times 5 \mu\text{m}$ area of metamorphic In(Al)GaAs films for various thickness.

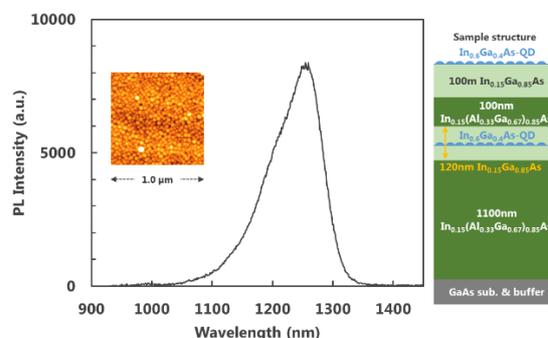


Fig. 2 Room-temperature photoluminescence (PL) spectrum and AFM images for $\text{In}_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ -QD in metamorphic $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ matrix. Right figure shows schematic epitaxial structure for PL measurement.