

3次元界面構造を持つ InGaAs 薄膜からの 1 μm 帯高輝度・広帯域発光

High intensity and broadband emission at 1 μm from InGaAs thin film with a 3D interface

和歌山大シスエ¹, NEC², 物材機構³, グラスゴー大⁴

○兼平 真吾¹, 林 佑真¹, 尾崎 信彦¹, 大河内 俊介², 池田 直樹³, 杉本 喜正³, Richard A. Hogg⁴

Wakayama Univ.¹, NEC², NIMS³, Univ. Glasgow⁴

°S. Kanehira¹, Y. Hayashi¹, N. Ozaki¹, S. Ohkouchi², N. Ikeda³, Y. Sugimoto³, R. A. Hogg⁴

E-mail: ozaki@sys.wakayama-u.ac.jp

【はじめに】波長 1 μm 帯の広帯域光源は、光通信や医療イメージングなどの技術分野において新たな活用が期待されている。我々はこれまで、GaAs 基板上に自己組織的に成長した InAs 量子ドット(QD)の発光波長(1.2~1.3 μm)の短波長化により、1 μm 帯広帯域光源の実現を検討してきた[1]。しかしながら、短波長化に伴う強度低下が発生するため、高輝度、広帯域の両立が課題であった。本研究では、InAs-QD の中心波長短波長化とは異なるアプローチとして、2次元量子井戸である InGaAs 薄膜の界面構造を成長条件により3次元化し、膜厚分布を与えることで波長 1 μm 帯において広帯域な発光を得ることを目指した。GaAs 上の InGaAs 薄層は、格子不整合による格子歪を含有する系であり、格子歪の蓄積により界面にミスフィット転位が発生する臨界条件(膜厚、In 組成比)が存在する[2]。臨界条件近傍では歪由来の界面構造変調がおきるため、膜厚分布を与えることができる。臨界条件付近の様々な成長条件で InGaAs 薄膜成長を行い、その構造および光学特性を系統的に調べた結果、波長 1 μm 帯において広帯域かつ高輝度な発光が得られる成長条件が見出されたので報告する。

【実験手法】サンプルは分子線エピタキシー(MBE)法により GaAs 基板上に成長した。各サンプルには光学評価用の GaAs 層内埋込み InGaAs 薄膜と構造評価用の表面上 InGaAs 薄膜を成長し、In_xGa_{1-x}As 薄膜の膜厚(t)、In 組成比(x)、成長温度(T_G)を 3~9nm, 0.2~0.5, 420~540°C の範囲でそれぞれ変化させた。各サンプルの構造および光学特性は、原子間力顕微鏡(AFM)観察、室温フォトルミネッセンス(PL)測定によりそれぞれ評価した。

【結果と考察】作製した InGaAs 薄膜の表面構造の観察結果から、In 組成比および膜厚が臨界条件に近づくと薄膜表面は平坦な 2次元構造から 3次元構造に転移する傾向が見られた。これは蓄積された歪を緩和するための表面構造変化と考えられる。また、3次元転移の発生は In 組成比と膜厚だけではなく T_G にも依存し、 T_G が高くなるとより 3次元転移しやすい傾向が見られた[3]。これは In 原子の熱拡散の影響が関連すると思われる。例として、In_{0.3}Ga_{0.7}As($t=7\text{nm}$)の $T_G=440$, 516°C の各サンプル表面の AFM 像を Fig.1(a)に示す。低温成長では平坦(RMS = 0.105 nm)であった構造が高温成長では 3次元化(RMS = 3.35 nm)している。また、それぞれの PL スペクトル(Fig.1(b))は、狭帯域から広帯域に変化しており、界面構造の 3次元転移に伴う膜厚分布増大の結果と考えられる。ピーク波長が短波長化しているのは、 T_G 増加により In の再蒸発が起き In 組成が減少したためではないかと考えられる。結果的に中心波長約 1 μm の広帯域(半値幅約 90meV) 発光が得られており、ピーク強度は InAs-QD の中心波長制御手法を用いた場合よりも 1~2 桁程度強い発光が得られた。また、他の臨界条件付近の膜厚、組成比、成長温度において同様の広帯域かつ高輝度の発光が得られており、InGaAs 薄膜の成長条件最適化によって、波長 1 μm 帯での高輝度広帯域光源開発が期待できる。

【謝辞】本研究は科研費(25286052,16H03858)、テルモ生命科学芸術財団の支援を受けて実施されました。

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

[2] J. Matthew, A. Blakeslee, J. Cryst. Growth **27**, 118 (1974).

[3] N. Ozaki et al., J. Cryst. Growth, in press.

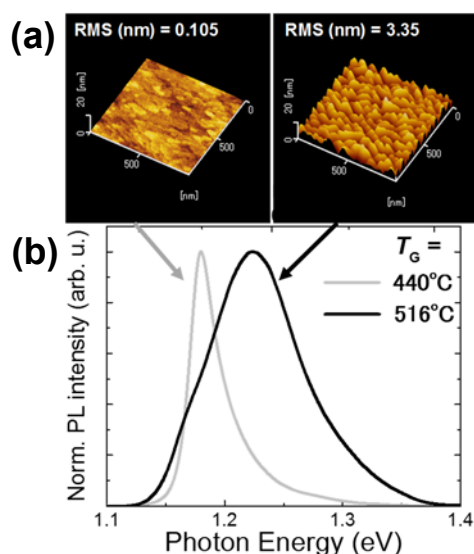


Fig. 1 AFM images (a) and PL spectra (b) obtained from In_{0.3}Ga_{0.7}As films ($t = 7\text{nm}$) grown on GaAs at $T_G = 440$ and 516°C .